

ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICO PARA UNA RED DE
CÁMARAS DE SEGURIDAD MEDIANTE ENLACES INALÁMBRICOS EN
EL BARRIO SANTA CECILIA DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

Carlos Andrés Avella Moreno
Cristian Estiven Hernández Tello
Luis Eduardo Romero Jiménez
Sergio Mauricio Vásquez Ripe

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones
Bogotá D.C.
2018

ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICO PARA UNA RED DE
CÁMARAS DE SEGURIDAD MEDIANTE ENLACES INALÁMBRICOS EN
EL BARRIO SANTA CECILIA DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

Carlos Andrés Avella Moreno
Cristian Estiven Hernández Tello
Luis Eduardo Romero Jiménez
Sergio Mauricio Vásquez Ripe

Proyecto de grado con proyección social
Con el fin de lograr el título de
Ingenieros de telecomunicaciones

Tutor: Carlos Enrique Montenegro
Ingeniero Electrónico

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones
Bogotá D.C.
2018

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C. 13 de febrero del 2018

DEDICATORIA

Andrés Avella-

Este trabajo se lo dedico a mi familia por prestarme su apoyo y creer en mis capacidades durante el proceso de la carrera, por ayudarme económicamente para poder estudiar. Me han dado las bases de lo que soy por ello les debo todo.

Cristian Hernández-

Dedico este trabajo con el fin de lograr el título de ingeniero de telecomunicaciones a mi mamá quien me apoyo, aconsejo y motivo en todo el trascurso de la carrera para lograr esta meta.

Luis romero-

Dedico este proyecto a mi mamá, la persona más influyente en mi vida y el apoyo más incondicional que jamás he tenido, pero más que nada, por su amor; por quien soy quien soy. A mi tío Pato y Pequis, quienes han estado conmigo en las buenas y en las malas sin importar que. Sin su apoyo y consejos no estaría donde estoy. A Daniel Romero... mi hermanito; que me enseñó que los golpes más duros de la vida nos hacen mejores personas. A Laura Kamila, sin cuyo acompañamiento en los estudios de físicas y cálculos no hubiera sido posible mi paso invicto por ellos. A mi padre por mostrarme el mundo de las telecomunicaciones y ser mi primer profesor. A Tata por haber estado siempre cuando me sentí solo y quien me ayudo sobremana con muchos documentos que un ingeniero es incapaz de realizar.

Sergio Vásquez-

Dedico este trabajo de grado a Dios quien hizo posible desde un principio que pudiera estudiar, avanzar y terminar mi carrera. A mi mamá que con su bendición día a día me impulsa para ser el mejor en mis cosas. A mi padre que con su carácter me guiaba para tomar las mejores decisiones. A mis hermanas que con su compañía, diversión y discusiones me acompañaron durante todo este proceso. A mi abuela Leonor que desde el cielo cuida mis pasos cada día, A Yelipsa Maldonado mi mejor amiga que me enseñó que los sueños son posibles y que con su incondicional amistad me apoyo en cada momento creyendo y nunca dudando de mí, A Camilo Jaramillo quien en cualquier momento tenía algo para hacer y desestresarme de los momentos más críticos, A Daniela González que durante los últimos días de este proceso me dio un empujón para no desanimarme y salir adelante con el proyecto, y por ultimo a mi familia en general quienes estuvieron cuando los necesite y siempre confiaron en mí.

AGRADECIMIENTOS

Andrés Avella-

Agradezco a mi grupo de trabajo con el cual se realizó un trabajo en equipo durante el desarrollo del documento, también a los docentes que nos prestaron el acompañamiento necesario para poder cumplir a cabalidad la construcción del documento.

Cristian Hernández-

Agradezco el apoyo de mi familia en el proceso del desarrollo del trabajo especialmente de mi mamá Edilma, además el trabajo en equipo con mis compañeros Sergio, Luis, Andrés y profesores que nos asesóranos para la construcción de este documento.

Luis romero-

Agradezco a todos los profesores de la facultad por todo su apoyo, paciencia, y regaños que hicieron posible este gran logro. Desde el profesor Víctor con su misión: "Mi deber es dejarlos y desanimarlos, el suyo es no dejarse", pasando por los jalones de orejas de Tatiana, hasta los proyectos de vida de Fernando, todos contribuyeron en gran medida en la clase y calidad de profesional que me convertiré. Agradezco a mis compañeros Julián, Cristian, Sergio y Jonathan por haber estado ahí conmigo; nunca se imaginarán lo importante que fue para mí su amistad. Por ultimo agradecer a Cristian Hernández, sin cuya persistencia y perseverancia el proyecto de grado nunca habría estado terminado a tiempo.

Sergio Vásquez-

Agradezco primero que todo a Dios padre quien me dio vida, salud, y lo necesario para lograr el desarrollo del proyecto, así mismo agradezco a mi familia que me apoyo durante este proceso, a nuestro tutor Carlos Enrique Montenegro quien nos guio durante este largo camino, a los profesores que aportaron de su conocimiento y a la junta de acción comunal del Barrio Santa Cecilia que nos presentó una oportunidad y nos abrió sus puertas para el desarrollo del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. OBJETIVOS	17
4.1 Objetivo general.....	17
4.2 Objetivos específicos.	17
5. MARCO TEORICO.....	18
5.1 Circuito cerrado de televisión (CCTV).....	18
5.2 Ventaja de los sistemas CCTV IP frente a los sistemas CCTV analógico.....	23
5.2.1 Accesibilidad remota.....	23
5.2.2 Infraestructura de red.	23
5.2.3 Calidad de la imagen.....	24
5.3 Video Management System (VMS).....	24
5.3.1 Funciones especiales.....	24
5.3.2 Control de zoom de inclinación panorámica.....	25
5.4 Video Wall.	25
5.5 Tecnologías inalámbricas de acceso al medio.	26
5.6 Estándar de compresión h.264 y h.265.	28
5.7 Estudio de viabilidad.....	28
6. METODOLOGIA.	32
7. CRONOGRAMA.....	34
8. DISEÑO.....	35
8.1 Requerimientos técnicos:	35
8.2 Zona de estudio	35
8.3 Acceso a la red.	37
8.3.1 Equipos físicos de red.	37
8.4 Tecnología de acceso a la red.	40
8.5 Internet.	40
8.6 Transporte	42
8.7 Aplicación.....	42
8.8 Calculo del ancho de banda total de las cámaras.	43

8.9	Calculo de la capacidad del disco duro.....	45
8.10	Ubicación y alimentación energética de los dispositivos.....	47
8.11	Frecuencia de operación y canalización.....	52
9.	PRIMERA PROPUESTA.....	54
9.1	Topología.....	54
9.2	Direccionamiento.....	57
9.3	Patrón de radiación de las antenas.....	58
9.3.1	Equipo Ruckus ZONEFLEX T710.....	58
9.3.2	Equipo Ubiquiti NSM5 y AMO-5G10.....	59
9.4.	Resultados.....	60
10.	SEGUNDA PROPUESTA DE DISEÑO.....	63
10.1	Topología.....	64
10.2	Direccionamiento.....	66
10.3	Patrón de radiación de las antenas.....	68
10.3.1	Equipo Ruckus ZONEFLEX T910.....	68
10.3.2	Equipo Ubiquiti Loco M5.....	69
10.4	Resultados.....	69
11.	ESTUDIO DE MERCADO.....	73
11.1	Caracterización de la entidad.....	73
11.2.	Proveedores equipos.....	73
11.2.1	Proveedores de cámaras.....	75
11.2.3	Marcas.....	76
11.3	Proveedores NVR (Network Video Recorder).....	79
11.3.1	Cuadro comparativo NVR.....	79
11.3.2	Gráfica de costo NVR.....	79
11.3.3	Marcas NVR.....	80
11.4	Video Wall.....	82
11.5	Antenas.....	83
11.5.1	Ubiquiti.....	83
11.5.2	Ruckus.....	83
11.6	Costos y Gastos.....	84
11.6.1	Costos primera propuesta de diseño.....	84
11.6.2	Costos segunda propuesta de diseño.....	86

11.7 Costo total.	87
11.7.1 Costo de instalación.	87
11.7.2 Costo total del proyecto.	87
11.7.3 Gastos administrativos	88
12. MATRIZ DOFA	89
13. PRUEBA PILOTO.....	91
CONCLUSIONES.	101
PROXIMOS PASOS.	102
Bibliografía	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Resolución cámaras análogas y digitales. (CCTVCAMS, 2012).....	22
Tabla 2 Resolución en mega píxeles. (Martí, 2013).	22
Tabla 3 Índices de MCS del 0 al 15. (M.Gonzalez, 2014)	27
Tabla 4 BW de 802.11ac. (Mende, 2014)	28
Tabla 5 Cronograma	34
Tabla 6 Parámetros cámara IP para cálculo de BW. (proyecto, 2017).....	44
Tabla 7 Parámetros de cálculo de capacidad del disco duro (proyecto, 2017)	46
Tabla 8 Ubicación de las cámaras y antenas de la red. (proyecto i. d., 2018).....	50
Tabla 9 Frecuencia de operación y canalización de la red. (proyecto i. d., 2018)	53
Tabla 10 Dispositivos de red. (proyecto i. d., 2018).....	55
Tabla 11 Direccionamiento IP de la red. (proyecto i. d., 2018).....	57
Tabla 12 Resultados del cálculo por enlace con equipos Ruckus. (Hernandez, 2017).....	61
Tabla 13 Resultados del cálculo por enlace con equipos UBIQUITI. (Hernandez, 2017).....	62
Tabla 14 Dispositivos de red. (Romero, 2018).....	65
Tabla 15 Direccionamiento de la red. (Romero, 2018).....	67
Tabla 16 Proveedores de cámaras. (proyecto c. i., 2017)	75
Tabla 17 Características técnicas cámara de marca Hikvision (Avella, Tabla con las características técnicas cámara de marca Hikvision, 2017).....	76
Tabla 18 Características técnicas cámaras marca Pelco (Avella, Tabla con las características técnicas cámaras marca Pelco, 2017).....	77
Tabla 19 Características técnicas cámaras marca Bosch (Avella, Tabla con las características técnicas cámaras marca Bosch, 2017).....	77
Tabla 20 Características técnicas cámaras marca Honeywell. (Avella, Tabla con las características técnicas cámaras marca Honeywell., 2017).....	78
Tabla 21 Cuadro comparativo proveedores de NVR. (Avella, Cuadro comparativo proveedores de NVR, 2017).	79
Tabla 22 Características técnicas NVR marca Hikvision. (Avella, Tabla con las características técnicas NVR marca Hikvision., 2017).....	80
Tabla 23 Características técnicas NVRs marca Pelco. (Avella, Tabla con las características técnicas NVRs marca Pelco., 2017).....	80
Tabla 24 Características técnicas NVRs marca Bosch. (Avella, tabla con las características técnicas NVRs marca Bosch., 2017)	81
Tabla 25 Características técnicas NVRs marca Honeywell. (Avella, Tabla con las características técnicas NVRs marca Honeywell., 2017).....	81
Tabla 26 Características técnicas NVR Panasonic. (Avella, Tabla con las características técnicas NVR Panasonic., 2017).....	82
Tabla 27 Características técnicas VIDEO WALL marca Panasonic. (Avella, Tabla con las características técnicas VIDEO WALL marca Panasonic., 2017).....	82
Tabla 28 Características técnicas antenas marca Ubiquiti (Avella, Tabla con las características técnicas antenas marca Ubiquiti, 2017)	83
Tabla 29 Características técnicas antenas marca Ruckus. (Avella, Tabla con las características técnicas antenas marca Ruckus., 2017).....	83
Tabla 30 Costo total de equipos para el proyecto utilizando dispositivos marca Ruckus. (Avella, Tabla con el costo total de equipos para la primera propuesta de diseño utilizando dispositivos marca Ruckus., 2017)	84
Tabla 31 Costo total de equipos para el proyecto utilizando dispositivos marca Ubiquiti. (Avella, Tabla con el costo total de equipos para la primera propuesta de diseño utilizando dispositivos marca Ubiquiti, 2017)	85
Tabla 32 Costo total de equipos para el proyecto utilizando dispositivos marca Ruckus. (Avella, Tabla con el costo total de equipos para la segunda propuesta de diseño utilizando dispositivos marca Ruckus., 2017)	86
Tabla 33 Costo por punto de instalación para la primera propuesta de diseño. (Avella, Tabla con el costo por punto de instalación para la primera propuesta de diseño., 2017).....	87

<i>Tabla 34 Costo por punto para la segunda propuesta de diseño. (Avella, Tabla con el costo por punto para la segunda propuesta de diseño., 2017).</i>	87
<i>Tabla 35 Costo total para la primera propuesta de diseño utilizando equipos Ruckus. (Avella, Tabla con el costo total para la primera propuesta de diseño utilizando equipos Ruckus., 2017)</i>	87
<i>Tabla 36 Costo total para la primera propuesta de diseño utilizando equipos Ubiquiti. (Avella, Tabla con el costo total para la primera propuesta de diseño utilizando equipos Ubiquiti., 2017).</i>	88
<i>Tabla 37 Costo total para la segunda propuesta de diseño. (Avella, Tabla con el Costo total para la segunda propuesta de diseño, 2017).</i>	88
<i>Tabla 38 Comparación de niveles de señal teóricos y prácticos. (proyecto i. d., 2018)</i>	93
<i>Tabla 39 Comparación de niveles de señal teóricos y prácticos con obstáculos. (proyecto i. d., 2018).</i>	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Georreferenciación delictiva y contravencional 2016. (Nacional, 2016).	15
Figura 2 Talento humano y medios logísticos. (Nacional, 2016).	16
Figura 3 Componentes del CCTV. (Martí, 2013).	19
Figura 4 Sistema de CCTV sobre IP. (Martí, 2013).	19
Figura 5 Componentes cámara IP. (Seguirtech, 2009).	20
Figura 6 Diseño de un Video Wall para un CCTV. (Boraltec, 2016).	26
Figura 7 Aspectos esenciales en la viabilidad. (Vega, 2006).	29
Figura 8 Diagrama de Gantt cronograma.	34
Figura 9 Área de cobertura salón comunal. (Hernandez, 2017).	36
Figura 10 Área de cobertura sector comercial. (Hernandez, 2017).	36
Figura 11 Modelo TCP/IP asociado al proceso de diseños. (Hernandez, 2017).	37
Figura 12 Ruckus zone flex t710. (Ruckus, 2016).	38
Figura 13 Ubiquiti NanoStation nms5. (Ubiquiti, 2014-2016).	39
Figura 14 Ubiquiti ROCKET R5AC-lite (UBIQUITI, RocketAC-Airmax, 2014-2016).	39
Figura 15 Switch Cisco SG300-10MPP. (CISCO, 2014).	41
Figura 16 NVR Hikvision DS-7732NI-E4. (HIKVISION, 2015).	42
Figura 17 Cisco UTM ISA550. (CISCO, Dispositivos de seguridad integrada Cisco Small Business de la serie ISA500, 2012-2013).	43
Figura 18 BW de una cámara del sistema. (design, 2017).	44
Figura 19 BW del sistema. (design, 2017).	45
Figura 20: Capacidad en el disco duro para una cámara. (design, 2017).	46
Figura 21 Capacidad del disco duro en el total del sistema. (design, 2017).	47
Figura 22 Obstrucciones visuales para las cámaras. (proyecto, 2017).	49
Figura 23 Obstrucciones visuales para las cámaras. (proyecto, 2017).	49
Figura 24 Altura del salón comunal. (Hernandez, 2017).	50
Figura 25 Adaptador de conexión por medio de puerto PoE. (Martí, 2013).	51
Figura 26 Sistema PoE (Romero, 2018).	51
Figura 27 Frecuencias en banda libre en CNABF. (CNABF, 2017).	52
Figura 28 Canales en 802.11ac. (Uncorked, 2016).	53
Figura 29 Topología de red tipo estrella. (Hernandez, 2017).	55
Figura 30 Conexión física de la red. (Hernandez, 2017).	56
Figura 31 A la izquierda patrón de radiación de un sector de 120x30 grados y a la derecha patrón de radiación omnidireccional. (RUCKUS, 2016).	59
Figura 32 Patrón de radiación ala izquierda AMO-5G10 y a la derecha NSM5. (UBIQUITI, 2014-2016).	59
Figura 33 Topología de red. (Romero, 2018).	64
Figura 34 Conexión Física de la Red. (Romero, 2018).	66
Figura 35 A la izquierda patrón de radiación de un sector de 120x30 grados y a la derecha patrón de radiación omnidireccional. (referencia pendiente).	69
Figura 36 Patrón de radiación antena Loco M5 (UBIQUITI, RocketAC-Airmax, 2014-2016).	69
Figura 37 Posición de los AP's (XIRIO, 2018).	71
Figura 38 Diagrama señal de cobertura (1) (XIRIO, 2018).	71
Figura 39 Diagrama señal de cobertura (2). (XIRIO, 2018).	72
Figura 40 Precio de cámaras por referencia (Avella, Gráfica precio de cámaras, 2017).	76
Figura 41 Precio NVR según su referencia. (Avella, Gráfica precio NVRs, 2017).	79
Figura 42 Pre-prueba en la universidad Santo Tomas. (proyecto c. i., 2017).	92
Figura 43 Pruebas en el salón comunal del barrio Santa Cecilia. (proyecto c. i., 2017).	92
Figura 44 Segunda etapa de la prueba piloto en el parque central del barrio Santa Cecilia. (Romero, 2018).	93
Figura 45 Prueba de enlace entre punto de comercio local y salón comunal. (proyecto c. i., 2017).	94
Figura 46 Prueba de enlace entre punto de comercio local y salón comunal. (proyecto c. i., 2017).	94

<i>Figura 47 Prueba de enlace entre punto de comercio local y salón comunal. (proyecto c. i., 2017)</i>	95
<i>Figura 48 Segunda etapa de la prueba piloto. (Romero, 2018)</i>	95
<i>Figura 49 Prueba de enlace entre salón comunal y punto de comercio local. (proyecto c. i., 2017)</i>	96
<i>Figura 50 Prueba de enlace entre salón comunal y punto de comercio local. (proyecto c. i., 2017)</i>	96
<i>Figura 51 Prueba de enlace entre salón comunal y punto de comercio local. (proyecto c. i., 2017)</i>	97
<i>Figura 52 Tercera etapa de la prueba piloto. (Romero, 2018)</i>	98
<i>Figura 53 Prueba de enlace entre salón comunal y residencia familiar. (proyecto c. i., 2017)</i>	99
<i>Figura 54 Prueba de enlace entre salón comunal y residencia familiar. (proyecto c. i., 2017)</i>	99
<i>Figura 55 Prueba de enlace entre salón comunal y residencia familiar. (proyecto c. i., 2017)</i>	100

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la inversión en la seguridad se ha vuelto un requisito importante para toda empresa o negocio, ya sea privado o público, así mismo las empresas enfocadas en proveer y prestar servicios de seguridad han evolucionado tecnológicamente en temas como las redes, tráfico de datos, tratamiento de imágenes y medios de transmisión.

El objetivo de este proyecto es el diseño de un sistema de video vigilancia inalámbrico para la junta de acción comunal del barrio Santa Cecilia de la localidad de Suba. Este diseño va a permitir controlar de forma remota y en tiempo real las principales vías del barrio. Ya que en estas vías se encuentran la mayoría de locales comerciales y la calle 132D, la cual es la más transitada por los peatones. Esto a través de un circuito cerrado de televisión que recibe toda la información de una red de cámaras IP que se encuentran en puntos específicos del barrio.

El proyecto es una apuesta entre la tecnología y la sociedad para solucionar problemas de acción y reacción por parte de las autoridades ante situaciones de orden público, inseguridad, tráfico de estupefacientes, etc. El proyecto en sí no es una solución de primera planta, pero si es un mecanismo que puede garantizar grandes beneficios en pro de la comunidad que se aqueja tanto de los constantes delitos que acontecen en las calles de sus barrios.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La inseguridad en la localidad de Suba es uno de los principales problemas para las personas y los comerciantes. Ésta ha aumentado exponencialmente durante los últimos años con el hurto a transeúntes y locales de la zona. En el barrio Santa Cecilia de esta localidad, se ha evidenciado un alto nivel de delincuencia. De acuerdo con la información brindada por el Teniente Michael Steep Ruiz Salazar comandante del CAI Gaitana del cuadrante 30 de la Policía Nacional, en el informe de rendición de cuentas del año 2016 y comparado con el año 2015, los homicidios aumentaron en un 25%, las lesiones en 400%, el robo de automóviles en un 100%, los delitos en contra de personas un 34% y los delitos en contra de puntos residenciales en un 20%. Los operativos en contra de la marihuana bajaron un 21% y en contra de los estupefacientes un 43% con respecto a la rendición de cuentas del 2015. (Policia Nacional, 2016). En la Figura 1 se podrá observar los datos descritos anteriormente.

En el mismo informe se evidenció que el equipo de trabajo de la fuerza pública establecido para guardar la seguridad de los ciudadanos en las zonas correspondientes al CAI la Gaitana no son suficientes para la población que transcorre diariamente en los barrios ya mencionados, el informe se estima con una población residencial de 4.700 habitantes sin tener en cuenta la población visitante a los barrios y un grupo de 6 patrulleros que realizan labores de seguridad, campañas educativas, control de establecimientos públicos, planes preventivos en parques, plan acompañamiento al gremio de taxista entre otros y los implementos con los cuales cuentan no son los adecuados para lograr prestar el servicio de seguridad a los residentes, esto da oportunidad a que la delincuencia actúe y crezca en estas zonas de la localidad.

La inseguridad es el factor principal que afecta a la comunidad del barrio por falta de miembros en la fuerza pública y recursos de seguridad para hacer más eficiente este factor, lo que significa, buscar un elemento externo que auxilie a la comunidad y a la fuerza pública en la labor de seguridad como lo son uso de las TIC's.

¿Qué solución mediada por TIC permite apoyar la labor de seguridad ciudadana para salvaguardar la integridad de los habitantes del barrio Santa Cecilia de la localidad de Suba?

DELICTIVO	COMPARATIVO SEM 40					COMPARATIVO ACUMULADO 2015-2016						OPERATIVO	COMPARATIVO SEM 40					COMPARATIVO ACUMULADO 2015-2016					
	2015	2016	DIF		%	2015	2016	DIF		%			2015	2016	DIF		%	2015	2016	DIF		%	
HOMICIDIO	1	0	-1		100%	4	5	1		-25%		MERCANCIAS	0	0	0		0,0%	1	2	1		100%	
HOMICIDIO A/T	0	0	0		0%	0	0	0		0%		AUTOMOTORES	0	0	0		0,0%	0	0	0		0,0%	
LESIONES	0	0	0		0%	4	20	16		-400%		MOTOS	0	0	0		0,0%	0	0	0		0,0%	
LESIONES A/T	0	0	0		0%	0	0	0		0%		FLAGRANCIA	0	0	0		0,0%	23	21	-2		-9%	
AUTOMOTORES	0	0	0		0%	0	1	1		-100%		ORDEN JUDICIAL	0	0	0		0,0%	3	2	-1		-33%	
MOTOS	0	0	0		0%	1	0	-1		100%		DECRETO	0	0	0		0,0%	0	0	0		0,0%	
BANCOS	0	0	0		0%	0	0	0		0%		PORTE ILEGAL	0	0	0		0,0%	1	2	1		100%	
COMERCIO	0	0	0		0%	1	0	-1		100%		MARIHUANA	0	0	0		0,0%	630	500	-130		-21%	
PERSONAS	0	0	0		0%	7	8	1		-14%		BASUCO	0	0	0		0,0%	1390	450	-940		-68%	
PIRATERIA	0	0	0		0%	0	0	0		0%		COCAINA	0	0	0		0,0%	0	0	0		0,0%	
RESIDENCIAS	0	0	0		0%	5	6	1		-20%		BASE DE COCA	0	0	0		0,0%	0	200	200		200000%	
												OTROS	0	0	0		0,0%	0	0	0		0,0%	
												ESTUPEFACIENTES	0	0	0		0,0%	2020	1150	-870		-43%	

Figura 1 Georreferenciación delictiva y contravencional 2016. (Nacional, 2016).

3. JUSTIFICACIÓN

Se llevará a cabo un estudio para el diseño e implementación de un Circuito Cerrado de Cámaras sobre una Red Inalámbrica en la zona comercial del barrio Santa Cecilia, afectada en mayor medida por la delincuencia, comprendida en la vía principal que forma parte del sector de Santa Cecilia, y parte del barrio Lisboa, y que abarca 18 cuadras, con lotes de 72 metros cuadrados aproximadamente.

La policía no cuenta con el personal suficiente ni las herramientas adecuadas para garantizar una seguridad de calidad en el sector, como se evidencia en la Figura 2. Teniendo en cuenta el problema de la seguridad es necesario tomar medidas para socavar los robos y la delincuencia. A partir de esto se hace necesario el uso de herramientas que ayuden a potenciar los esfuerzos de la policía y la comunidad para minimizar la inseguridad, y aumentar la calidad de vida (Policia Nacional, 2016). Debido al tamaño de la zona afectada, se considera que es necesaria la participación de cuatro ingenieros para realizar el análisis.

N.	GR	INTEGRANTES DE PATRULLA	NOVEDAD	SECCION
1	IT	MARIN GARCIA DAIRO	DISPONIBLE	SEGUNDA
2	SI	MENDOZA DAZA WILLIAM	DISPONIBLES	PRIMERA
3	PT	GONZALEZ MARQUEZ YULYAN CESAR	DISPONIBLE	TERCERA
4	PT	JIMENEZ RAMIREZ JORGE EDUARDO	DISPONIBLE	PRIMERA
5	PT	SANCHEZ BERRIO JHONNY FARID	DISPONIBLE	TERCERA
6	PT	ZAPATA RIOS JEFERSON A.	DISPONIBLE	SEGUNDA

COMUNICACIONES	CANT.	FUNCIONAN		TOTAL	IDEAL
		SI	NO		
RADIOS PORTÁTILES	1	X		1	1
P.D.A	3	X		3	3
COMPUTADORES	0	X		1	1

MOVILIDAD	CANT.	FUNCIONAN		TOTAL	IDEAL
		SI	NO		
MOTOS	1	X		1	3
VEHICULOS	1		X	0	2
TOTAL				1	3

ARMAMENTO Y CHALECOS	CANT.	FUNCIONAN		TOTAL	IDEAL
		SI	NO		
PISTOLAS O REVOLVER	6	X		6	6
CHALECOS BALÍSTICOS	6	X		6	6

Figura 2 Talento humano y medios logísticos. (Nacional, 2016).

4. OBJETIVOS

A partir de la necesidad identificada en el planteamiento del problema se formularon los siguientes objetivos, que se llevaran a cabo durante el proceso del proyecto.

4.1 Objetivo general.

Realizar un estudio de viabilidad técnico y económico para el diseño y orientación de la implementación de una red inalámbrica de cámaras de seguridad, en el barrio Santa Cecilia de la localidad de suba con el fin de apoyar a la fuerza pública en el ámbito de seguridad, dando una amplia cobertura de visión al barrio, en procura de la mejora de la calidad de la seguridad.

4.2 Objetivos específicos.

- Realizar un estudio del terreno y espacio sobre los cuales se va desarrollar el proyecto para obtener puntos específicos para la ubicación de las cámaras de seguridad.
- Realizar cálculos teóricos de los enlaces inalámbricos con los que va contar la red de cámaras de seguridad para determinar línea de vista, pérdidas y potencia de cada enlace.
- Realizar mediciones de campo y pruebas piloto de los enlaces para la obtención de datos prácticos.
- Analizar y comparar datos teóricos y prácticos para analizar la diferencia entre estos y poder concluir valores de los enlaces.
- Establecer bases de comparación para obtener resultados por medio del estudio de mercado donde se tendrá en consideración las características técnicas de los equipos, precios y proveedores.
- Realizar y presentar a la junta de acción comunal una propuesta técnica y económica de la red de cámaras de seguridad mediante enlaces inalámbricos para el barrio Santa Cecilia, y parte de Lisboa, mediante un informe de desarrollo y una presentación del proyecto.

5. MARCO TEORICO

Las temáticas que se encuentran a continuación informan de manera conceptual el desarrollo de un proyecto de viabilidad y los aspectos técnicos que son más relevantes para tener en cuenta en el proceso del diseño de la red inalámbrica.

5.1 Circuito cerrado de televisión (CCTV)

Se habla de CCTV como un sistema de transmisión y visualización de imágenes en movimiento que solo puede ser visto por cierto grupo de personas, por la cual la industria de la seguridad la usa para tener un sistema de control en edificios, zonas públicas y privadas.

Dentro del desarrollo que ha sufrido el CCTV comprende en dos sistemas, uno de ellos es el sistema analógico, que aunque actualmente se usa en varias redes de CCTV se busca que en un futuro todas las implementaciones de estos circuitos sean migrados a IP, para esto varias empresas que desarrollan e implementan estos sistemas desarrollan un híbrido entre la red analógica existente y una red moderna basada en sistemas IP, como ya se mencionó el segundo sistema que comprende en la CCTV son los sistemas IP. En la estructura de una red de cámaras IP o un circuito cerrado de televisión con sistema IP se encuentra:

1. Cámaras IP: Captura la imagen.
2. LAN, WLAN, Fibra Óptica, UTP, Par trenzado: Medio de Transmisión.
3. NVR, Disco duro, Cámara: Almacenamiento.
4. Software, VMS, Algoritmo de control: Gestión y control de la red.
5. Video Wall, pantallas Full-HD: Visión gráfica de la captura de imagen.

En la siguiente imagen se presenta la relación en la estructura mencionando de un sistema IP con un sistema analógico.

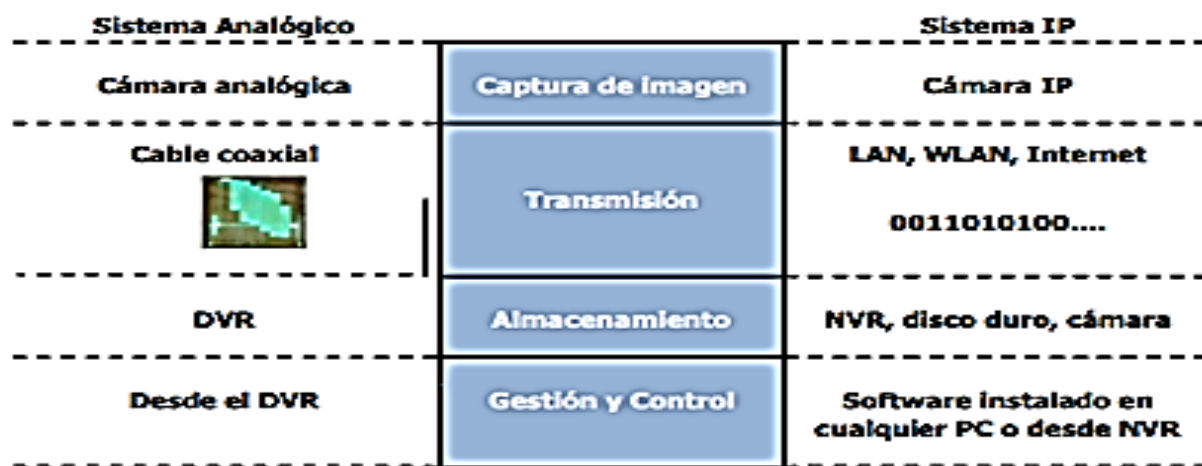


Figura 3 Componentes del CCTV. (Martí, 2013).

El sistema IP para este tipo de redes es el ideal específicamente para el área de seguridad de un espacio ya que nos garantiza mayor calidad en la imagen, buen funcionamiento de la red y rentabilidad en su uso con garantías altas de escalabilidad hacia redes futuras.

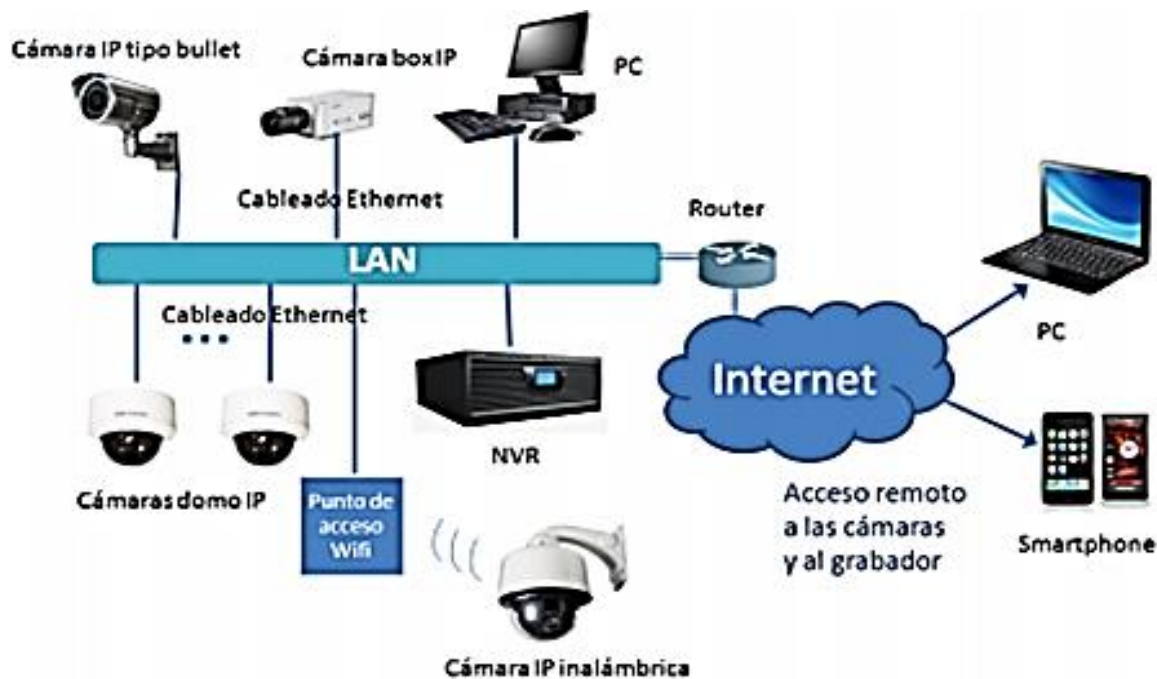


Figura 4 Sistema de CCTV sobre IP. (Martí, 2013).

Las características técnicas y las propiedades de cada uno de los componentes de la estructura del sistema IP para un CCTV, se presentan a continuación de una manera detallada.

El primer componente de la estructura del sistema IP es el capturador de imagen quienes son las Cámaras IP. Una cámara IP se puede definir como un dispositivo de red que envía señales de video/audio digital con una dirección IP dedicada para que las tomas de video puedan ser gestionadas de forma local o remota en tiempo real. Los principales componentes de una cámara IP son: Lente, Sensor de imagen, Procesador de imagen, CPU, Compresor de Video/Audio y conector Ethernet, en la siguiente imagen se presenta de forma detallada las partes del dispositivo IP.

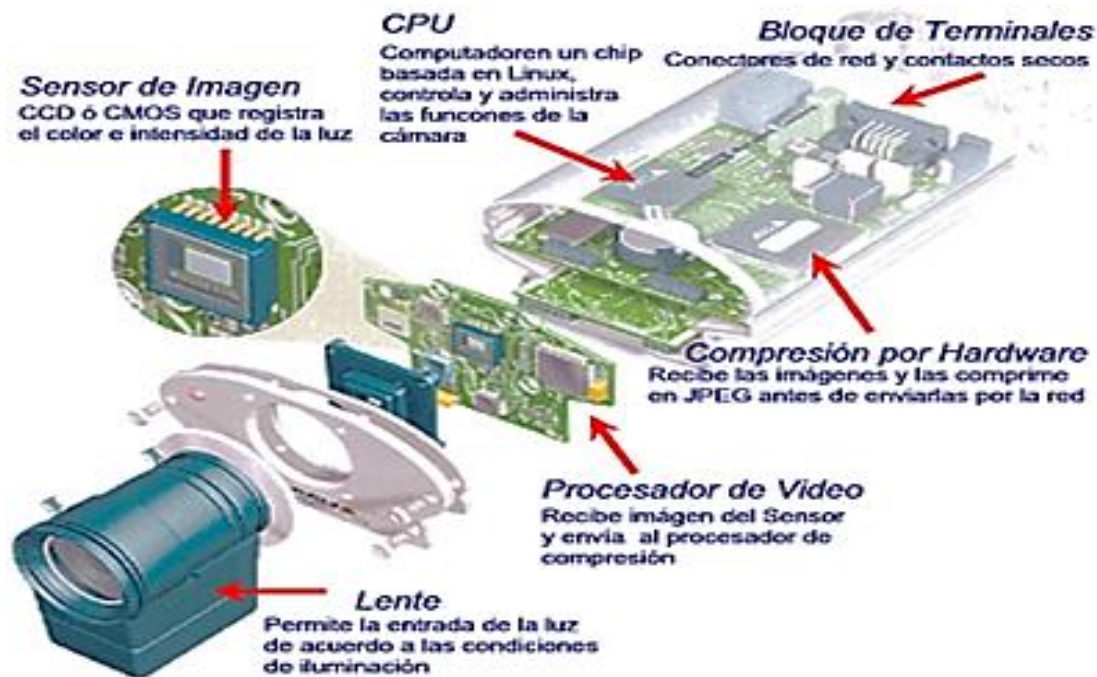


Figura 5 Componentes cámara IP. (Seguirtech, 2009).

Los lentes determinan la escena que el usuario podrá percibir en las pantallas de control o gestión de la red, donde su característica principal es dar distancia y longitud focal además tendrá que controlar la cantidad de luz que pasa por el foco, para que la cámara en la parte de lentes ofrezca dichas características tendrá un lente de cámara, un lente vari focal y un lente auto iris. Los lentes también tendrán que cumplir la función de corrección a aberración en los casos se filtra corrección de IR para que las imágenes captadas por las cámaras se encuentren en el espectro visible. En este componente cabe mencionar el sistema WDR (Wide Dynamic Range) esto permite a las cámaras mejorar definición en la imagen que presenten una variedad de iluminación, esto controla si la imagen está muy oscura o muy iluminada. (SEAT, 2016).

El sensor de imagen de una cámara IP está compuestos en esencia por semiconductores de metal-óxido, esta tecnología está en dos tipos uno de ellos es el CCD (charge coupled device) y el otro es CMOS (Complementary metal oxide semiconductor). La función del sensor es por medio de una matriz a la cual se le llaman píxeles aplicar una carga eléctrica en una de las celdas de la matriz, la cantidad de carga que se aplica a cada píxel dependerá de la intensidad de luz que cae sobre el mismo, la diferencia entre estos dos tipos de sensor es que el CMOS en cada píxel tiene un amplificador mientras el CCD tiene un amplificador externo general para toda la matriz. (Martí, 2013). El procesador de imagen de una cámara IP consiste en realizar el trabajo de recepción de la imagen capturada por los lentes y procesada por los sensores para luego ser enviada a la etapa de compresión, la imagen captada por el sensor puede ser mejorada por el procesador de imagen por medio de diferentes técnicas como control del tiempo de exposición, iris y ganancia; compensación de luz de fondo y rango dinámico; algoritmos de mosaico; reducción de ruido; procesamiento del color y mejora de la imagen. Este procesador depende en su funcionamiento en el diseño del productor, para las cámaras existen procesadores de imagen como Canon (Digic I, Digic II, Digic III), Nikon (Expeed), Olympus y Sony. (Rojas, 2009). La CPU de una cámara IP se basa en un chip basado en Linux que administra las funciones del dispositivo donde la gestión interna de la cámara como avisos, alarma y envío de imágenes.

La compresión que maneja una cámara IP cabe recalcar que es una etapa importante para una red IP y más que todo si esta es inalámbrica, los métodos usados en la compresión en una red IP son: MJPEG, MPEG-4 y H.264. MPEG es un estándar en el que cada fotograma es comprimido como una imagen JPEG. MPEG-4 es un conjunto de 27 estándares y protocolos usados para codificación y transmisión de flujos de video/audio en entornos de bajo ancho de banda (hasta 1,5 Mbit/s). (Martí, 2013). Por último, el componente final de una cámara IP es la tarjeta Ethernet es la parte encargada de conceder conexión a la red para lograr la transmisión de imágenes y audio en vivo.

Además de los componentes que tiene una cámara IP que se debe tener en cuenta para seleccionar el tipo de cámara a usar en una red las siguientes características son de mayor importancia para lograr una eficiencia en la captura de la imagen, se puede mencionar la sensibilidad, la resolución, la conmutación, la compensación de contraluz, ajustes de blancos, control automático de ganancia, shutter y demás características como el sistema de audio y seguridad de zonas anti vandálicas.

Una de las características mencionadas más importantes es la resolución de la cámara, esta es importante dependiendo el ambiente a usar si es interior o exterior, la resolución en un CCTV consiste en el número de líneas de TV que la cámara puede capturar y transmitir al video grabador DVR, cuanto menor sean el número de líneas de TV la resolución será menor. En las cámaras de CCTV la resolución inicia a las 400 líneas de TV que son la resolución de las cámaras de seguridad más baja y más deficiente en el mercado,

pero si se habla de una resolución de 1920 x 1080 esto significa que la cámara maneja estándar de full HD, en las siguientes tablas se puede visualizar los formatos de resolución que manejan las cámaras análogas y las cámaras digitales. (CCTVCAMS, 2012).

Tabla 1 Resolución cámaras análogas y digitales. (CCTVCAMS, 2012).

	Designation	H x V (Pixels)	Total Pixels
Analog	CIF	352 x 240	84,480
	2CIF	704 x 240	168,960
	4CIF	704 x 480	337,920
	D1	720 x 480	345,600
Digital	VGA (0.3 MP)	640 x 480	307,200
	720p HDTV	1280 x 720	921,600
	1.3 MP	1280 x 1024	1,310,720
	2 MP	1600 x 1200	1,920,000
	1080p HDTV	1920 x 1080	2,073,600
	3.1 MP	2048 x 1536	3,145,728
	5 MP	2592 x 1944	5,038,848

Tabla 2 Resolución en mega píxeles. (Martí, 2013).

FORMATO VISUALIZACIÓN	Nº MEGAPÍXELES	PÍXELES
SXGA	1.3 megapíxeles	1280x1024
SXGA + (EXGA)	1.4 megapíxeles	1400x1050
UXGA	1.9 megapíxeles	1600x1200
WUXGA	2.3 megapíxeles	1920x1200
QXGA	3.1 megapíxeles	2048x1536
WQXGA	4.1 megapíxeles	2560x1600
QSXGA	5.2 megapíxeles	2560x2048

Se puede encontrar en el mercado cámaras IP con las respectivas resoluciones descritas pero otra clasificación es por su instalación si es externas o internas, se encuentran cámaras como:

- Cámaras box
- Cámaras de red PTZ
- Cámara Bullet.
- Cámara mini domo.

La mayoría de estos tipos de cámaras ya viene con el sistema de gabinetes anti vandálicos, sin embargo, las cámaras box y bullet son aquellas que por su diseño no traen este sistema incorporado y es necesario implementar este sistema independientemente, esto genera un costo adicional al preparar el diseño de una red de CCTV.

5.2 Ventaja de los sistemas CCTV IP frente a los sistemas CCTV analógico.

5.2.1 Accesibilidad remota.

Todos los equipos que conforman un sistema IP, tanto las cámaras o PTZ, como los NVR se pueden gestionar y configurar de forma remota. Esto hace que se pueda revisar video en tiempo real y grabaciones a todos los usuarios autorizados desde cualquier punto del mundo siempre y cuando se encuentre en red. En los sistemas de CCTV analógicos sólo los usuarios situados en el mismo centro de control pueden ver y gestionar videos, para poder hacerlo desde fuera de este centro de control sería necesario instalar servidores de video para las cámaras o grabadores de video digital (DVR) con conexión a la red.

5.2.2 Infraestructura de red.

Un sistema de CCTV IP hace uso del cableado estructurado de red y no necesita cableado específico para su alimentación, utiliza la tecnología PoE (Alimentación a través de Ethernet). La infraestructura de red IP normalmente ya está implementada y se utiliza para otras aplicaciones dentro de una organización, por lo que una aplicación de vídeo en red puede aprovechar la infraestructura existente. Las redes IP tanto cableadas como inalámbricas constituyen además alternativas mucho menos caras que el cableado coaxial y de fibra tradicionales utilizados por un sistema analógico, que además necesita cableado adicional para controlar la telemetría y para alimentación.

5.2.3 Calidad de la imagen.

En los sistemas de CCTV es necesario una buena resolución de la imagen para ser utilizada en aplicaciones muy concretas como por ejemplo en el reconocimiento de rostros o placas vehiculares. Con las cámaras IP Megapíxel se consigue una resolución y una calidad de imagen muy superior a la de las cámaras analógicas. La calidad de una imagen digital se puede mantener más fácilmente en un sistema de video en red que en una instalación analógica, ya que va sufriendo pérdidas con la distancia de los cables. Además, las imágenes capturadas en un sistema analógico bajan su calidad cada vez que se realice una conversión entre los formatos analógico y digital.

5.3 Video Management System (VMS)

Un sistema de gestión de video, es un elemento para un sistema de seguridad de cámaras que cumple algunas funciones como:

- Grabar y almacenar el video que recoge de las cámaras.
- Aportar una interfaz para ver el video en vivo y tener la capacidad de acceder al video grabado.
- Debido al avance tecnológico, es necesario hacer uso de un VMS y las características de las cámaras de seguridad ya que están basadas en red, muchas cámaras modernas ofrecen la capacidad de poder grabar y revisar vídeo directamente a través de un navegador y sin el uso de un sistema de gestión de vídeo, sin embargo, el navegador Web por medio de la interfaz suele ser exclusivo para una sola cámara y no permite el acceso compartido a través de la red a otras cámaras.

5.3.1 Funciones especiales

Opcionalmente, un VMS también puede proporcionar funciones y capacidades adicionales. El alcance de estas capacidades se puede dividir en varios niveles de producto, con los productos VMS de menor costo que tienen menos características

5.3.2 Control de zoom de inclinación panorámica

Un VMS también puede proporcionar la capacidad de controlar de forma remota las cámaras de zoom panorámico (PTZ), que pueden ser giradas, tituladas y ampliadas de forma remota, permitiendo así que una sola cámara supervise un área muy grande al mismo tiempo que proporciona vistas detalladas de áreas específicas de interés.

Un verdadero control de movimiento analógico, la conducción de motores físicos en el dispositivo de la cámara, una traducción digital de una vista de cámara fija, para acercar la imagen y abrir la vista en primer plano alrededor de la imagen ampliada. Tanto la PTZ analógica como la digital pueden ser combinadas entre sí, potencialmente con un sistema de control combinado que es al principio analógico, pero cambia a digital una vez que se ha alcanzado el límite de zoom óptico.

5.4 Video Wall.

Consiste en varios monitores de computadora, proyectores de video o televisores ensamblados juntos contiguamente o solapados para formar una pantalla grande. Las tecnologías de visualización típicas incluyen paneles LCD, matrices LED de visión directa, pantallas de proyección combinadas, pantallas de láser de fósforo y cubos de proyección trasera.

Las pantallas diseñadas específicamente para su uso en las paredes de video suelen tener biselos estrechos para minimizar la brecha entre las áreas de visualización activa y se construyen teniendo en cuenta la capacidad de mantenimiento a largo plazo. Tales pantallas contienen a menudo el hardware necesario para apilar pantallas similares juntas, junto con conexiones a la energía en cadena, video y señales de comando entre las pantallas. Una señal de comando puede, por ejemplo, encender o apagar todas las pantallas de la pared de vídeo, o calibrar el brillo de una sola pantalla después de la sustitución de la bombilla. (Wikipedia, 2010).



Figura6 Diseño de un Video Wall para un CCTV. (Boraltec, 2016).

5.5 Tecnologías inalámbricas de acceso al medio.

5.5.1 Estándar IEEE 802.11n

El estándar IEEE 802.11 n es un estándar de tecnología inalámbrica que en sus servicios presenta mejoras de velocidad y rango de ancho de banda a comparación de los referentes 802.11 a/b/g. Tiene una velocidad de transmisión de 600 Mbps y trabaja en bandas de frecuencias de 2.5 y 5 GHz. Este estándar implementa el sistema de múltiples antenas (MIMO) el cual mejora la velocidad, cobertura y distancias. (Wni, 2012)

La modulación que maneja el estándar dependen del sistema MIMO, al llegar la codificación de bits por cada subportadora ya sea 6 si la modulación es de 64-QAM, 4 si la modulación es de 16-QAM, 2 si la modulación es QPSK y 1 si la modulación es BPSK, además maneja un sistema de modulación y codificación MCS donde la mayoría de equipos que trabajan con el estándar soportan como mínimo desde MCS0 hasta MCS15, en la siguiente tabla se demuestra las características de cada índice del sistema. (Dorins, 2012).

Tabla 3 Índices de MCS del 0 al 15. (M.Gonzalez, 2014)

MCS index	Spatial streams	Modulation type	Coding rate	Data rate (Mbit/s)			
				20 MHz channel		40 MHz channel	
				800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI
0	1	BPSK	1/2	6.50	7.20	13.50	15.00
1	1	QPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
2	1	QPSK	3/4	19.50	21.70	40.50	45.00
3	1	16-QAM	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
4	1	16-QAM	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
5	1	64-QAM	2/3	52.00	57.80	108.00	120.00
6	1	64-QAM	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
7	1	64-QAM	5/6	65.00	72.20	135.00	150.00
8	2	BPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
9	2	QPSK	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
10	2	QPSK	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
11	2	16-QAM	1/2	52.00	57.80	108.00	120.00
12	2	16-QAM	3/4	78.00	86.70	162.00	180.00
13	2	64-QAM	2/3	104.00	115.60	216.00	240.00
14	2	64-QAM	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
15	2	64-QAM	5/6	130.00	144.40	270.00	300.00

5.5.2 Estándar IEEE 802.11ac

El estándar IEEE 802.11ac es un estándar de tecnología inalámbrica que trabajar en el rango de los Gigabit por segundo, siendo el primer estándar en alcanzar esta velocidad. Dentro de sus características principales se encuentra el uso del ancho de banda que se encuentra en 80 MHz y 160 MHz, en modulaciones como 64 QAM con coding rate de 5/6 alcanza velocidades de 293 Mbps, pero en promedio el estándar maneja una velocidad máxima teórica de 1300 Mbps y una velocidad máxima real de 867 Mbps. Logra una cobertura de 90 a 100 metros con tres antenas internas del equipo transmisor, en ambientes interiores. Además de trabajar en bandas de frecuencia de los 5 GHz trabaja con modulación de alta densidad como lo es 256 QAM y posee uso de beamforming, como el estándar 802.11ac es una actualización de 802.11n también maneja el sistema MIMO pero logra hasta 8 flujos lo que duplica el número de flujos que podía manejar en estándar antecesor e incluye en el sistema MU-MIMO (multiusuario). (sergio.L, 2012).

En la siguiente tabla se presenta la tasa de bits que transita por el ancho de banda que maneja el estándar.

Tabla 4 BW de 802.11ac. (Mende, 2014)

Tasa de Datos Mbps	Ancho de Banda MHz
87.6	20
200	40
433.3	80
866.7	160

5.6 Estándar de compresión h.264 y h.265.

5.6.1 Estándar H.264

Denominado también como MPEG-4, H.264 es un estándar abierto con licencia compatible con más técnicas de compresión eficientes para video sin comprometer la calidad de la imagen, una característica principal del estándar es reducir un archivo de video digital en más de 80% con Motion JPEG y un 50% comparado con MPEG-2, a pesar de la compresión que maneja el estándar logra una mayor calidad de la imagen de video para una frecuencia determinada. (AXIS, 2008).

5.6.2 Estándar H.265

Versión actualizada y mejorada de H.264, reduce a la mitad el uso del ancho de banda necesario para transmitir video sin tener pérdidas en la calidad de la imagen, siendo aprobado por MPEG y nombrado como MPEG-H, aplicable en HD, Full HD, 4K y 8K. (UIT, 2016)

5.7 Estudio de viabilidad

Uno de los pilares más importante que se acogen al proyecto es el proceso que se lleva a cabo en un estudio de viabilidad técnico-económico que se desarrolla para evaluar la oportunidad de ejecutar el proyecto, se debe tener en cuenta que estos estudios pueden ser nombrados como perfil de proyecto,

estudio de factibilidad o evaluación de pre inversión que a través de información procesada y ciertos indicadores es posible determinar si el proyecto es viable o no, dado el caso que este sea viable se tendrán que evaluar las fortalezas y las amenazas complementando a esto se podrá evaluar las oportunidades y debilidades que se habla de la construcción de la matriz DOFA.

Es importante al momento de realizar estudios de viabilidad contar con equipos de trabajo multidisciplinario y dependiendo del enfoque, complejidad y tamaño del proyecto se tiene que contar con una visión especialista, principalmente el análisis que se realiza en un estudio de viabilidad es en el sector económico y técnico las cuales se considera como parte del recurso para lograr que un proyecto tenga una viabilidad material junto a estos aspectos se analiza paralelamente el sector ecológico, social, legal y político para lograr tener un estudio viable en todo contexto. (Landaure , 2017).

La importancia de comprender el propósito de un estudio de viabilidad tanto para un proyecto empresarial con enfoque social o enfoque evolutivo y proyectos académicos, se debe tener claro demostrar la viabilidad financiera, estimar los posibles rendimientos y la ganancia en los resultados. Para lograr el propósito de estos estudios se manejan 4 aspectos esenciales que determinan el proceso de la viabilidad. (Vega, 2006).

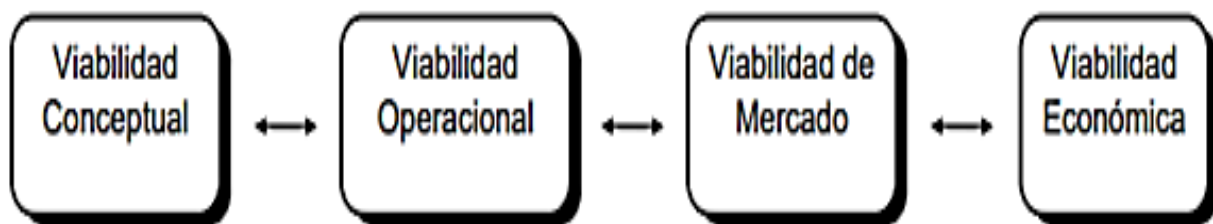


Figura 7 Aspectos esenciales en la viabilidad. (Vega, 2006).

En el primer aspecto como lo es la viabilidad conceptual es importante tener en cuenta:

- A.** Suplir una necesidad.
- B.** Presupuesto inicial respecto al objetivo del proyecto.
- C.** Presentar una propuesta superlativa a la comercial competitiva.

D. Tiempo de desarrollo y operación del proyecto.

En este aspecto se puede aplicar principalmente el análisis de las fortalezas y debilidades de la idea de proyecto que hace parte de la matriz DOFA ya mencionada. (Vega, 2006).

En el segundo aspecto que es la viabilidad operacional se debe tener en cuenta los siguientes ítems:

- A.** Requerimientos legales para la puesta en marcha del proyecto.
- B.** Tecnología a manejar.
- C.** Infraestructura disponible.
- D.** Disponibilidad de tiempo y estado de salud para realizar el proyecto.
- E.** Recursos humanos.

En el tercer aspecto el cual es la viabilidad de mercado se tiene en cuenta:

- A.** Aceptación por parte del usuario o consumidor del producto del proyecto.
- B.** Estimación de mercado potencial.
- C.** Proyecciones de escalabilidad y ventas.

En el último aspecto la viabilidad económica se tiene en cuenta:

- A.** Fuentes y fondos.
- B.** Estimación de gastos.
- C.** Estimación del rendimiento del proyecto frente a la inversión (ROI).

Ya vistos los aspectos importantes dentro de un estudio de viabilidad otro de los factores que influyen en estos proyectos es su estructura, como se debe manejar para que logren ser efectivos en un resultado final, para ello se plantean seis partes estableciendo un orden a la estructura de un estudio de viabilidad como son.

1. Alcance del proyecto
2. Análisis de situación

3. Definición de requisitos
4. Determinación del enfoque
5. Evaluación de la viabilidad del proyecto
6. Revisión del estudio de viabilidad del proyecto

La información que se recolecta para la fase de inicio de un estudio de viabilidad comprende identificar las limitaciones, restricciones y supuestos además detectar las oportunidades y debilidades donde en este punto completamos la matriz DOFA planteada, se debe analizar la organización a la cual se realiza el estudio, definir los requisitos del proyecto, evaluar varias alternativas y evaluar los acuerdos para ser establecidos a que se quiere llegar al realizar el estudio de viabilidad. (Barcelona, 2015).

Un segundo pilar es la parte técnica que engloba el proyecto donde se puede mostrar la estructura de un circuito cerrado de televisión, los tipos de cámaras y las características, el medio de transmisión de la información, la tecnología o protocolos a manejar en el medio de transmisión y el control o manejo del sistema técnico en su totalidad.

6. METODOLOGIA.

En el presente proyecto se adoptó el método experimental para el desarrollo de investigación en redes inalámbricas aplicables en CCTV para ambientes outdoor, que contiene prueba de hipótesis, de alimentación de modelos teóricos o de simple obtención de datos específicos para responder preguntas concretas. Su gran característica es que actúa sobre el terreno en donde se dan los hechos utilizando técnicas distintas al trabajo en gabinete o laboratorio. También se definirán procesos de trabajo como trabajo en campo y observación, que serán la base para llevar a fin el desarrollo del proyecto. Se realizarán, durante el desarrollo del proyecto, varias visitas como trabajo de campo a la zona de estudio e implementación, para realizar actividades de observación. Junto a ello se tendrá en cuenta el ámbito social en el que se encuentra el barrio Santa Cecilia de la localidad de suba y su necesidad por la cual se debe realizar el proyecto, teniendo ya en concepto las características del área de trabajo se plantea el problema, los objetivos y el cronograma por el cual se regirá para la evolución del proyecto.

En el estudio técnico y económico que engloba como el eje principal del proyecto se analizará la topología de red conveniente para el circuito cerrado de televisión para la seguridad del barrio, la posibilidad de realizar enlaces inalámbricos punto a punto y hacer el estudio de la línea de vista para lograr que el primer elipsoide de fresnel esté libre para la transmisión de datos, de no ser así se tendrá que calcular cada cuánto y qué cantidad de antenas repetidoras se deberán implementar, con base a ello se tendrá que considerar el tráfico de información diario que tendrá la red y si el ancho de banda es suficiente para este flujo teniendo en cuenta que se usarán parte del espectro en banda libre y que cada dispositivo de la red (cámaras ultra HD 4K o full HD 1080P) se comunicarán con el nodo central y entre sí para realizar un seguimiento inteligente; para esta parte del proyecto se tiene que asumir que el software realice la función de comunicar los nodos principales y los dispositivos de la red para que en el control de la red por parte del personal de gestión de vigilancia sea lo más eficiente y eficaz posible, sea diseñado o sea adquirido y licenciado por externos al desarrollo del proyecto. También es importante afianzar el posible comportamiento de la red que se tiene que diseñar como una red móvil donde el concepto de handover pueda ser posible de manejar para el cambio de nodos principales.

En el estudio económico, al haber aclarado los componentes del estudio técnico se consultaron los equipos y dispositivos que se deben manejar para la implementación del proyecto buscando que sean de alta calidad y bajo costo.

Finalmente se realizará una prueba piloto de la parte principal del sistema diseñado y del funcionamiento de la red que involucra al salón comunal y alrededores para observar el comportamiento en el momento de entrar en operación, teniendo en cuenta que dicha prueba se realizará de acuerdo a los equipos proporcionados por la junta de acción comunal del barrio Santa Cecilia, dado esto en el proyecto se dará como concluido en su totalidad obteniendo datos y resultados que demuestran el estado del proyecto.

7. CRONOGRAMA

En la siguiente tabla se presentan las actividades que se tienen planteadas a realizar en el proyecto y un tiempo relativo para llevar a cabo cada una de ellas.

Tabla 5 Cronograma

ID DE ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	NUMERO DE SEMANAS	ACTIVIDAD PRESEDENTE	NUMERO DE DIAS	FECHA INICIO	FECHA FIN
A	Estructuración de anteproyecto	8	---	56	9/06/2017	4/08/2017
B	Visitas	1	---	1	8/02/2017	8/02/2017
B	Visitas	1	---	1	28/08/2017	28/08/2017
B	Visitas	1	---	1	11/11/2017	11/11/2017
B	Visitas	1	---	1	11/12/2017	11/12/2017
C	Consulta de planos de la Zona de trabajo	2	B	14	28/08/2017	11/09/2017
D	Diseño de red de cámaras inalámbricas	11	A,C	77	7/08/2017	23/10/2017
E	Consulta de dispositivos	2	A,C	14	12/09/2017	26/09/2017
F	Análisis para el funcionamiento de la red	2	A,C,D	14	23/10/2017	6/11/2017
G	Manipulación de software de gestión de video	1	A,C	7	12/09/2017	19/09/2017
H	Análisis económico de toda la red	5	A,C,D,E,F,G	35	7/11/2017	12/12/2017
I	Prueba piloto	2	A,C,D,E,F,G	14	27/11/2017	11/12/2017
TOTAL DE SEMANAS		27	TOTAL DE DIAS	235		
TOTAL DE MESES		7				

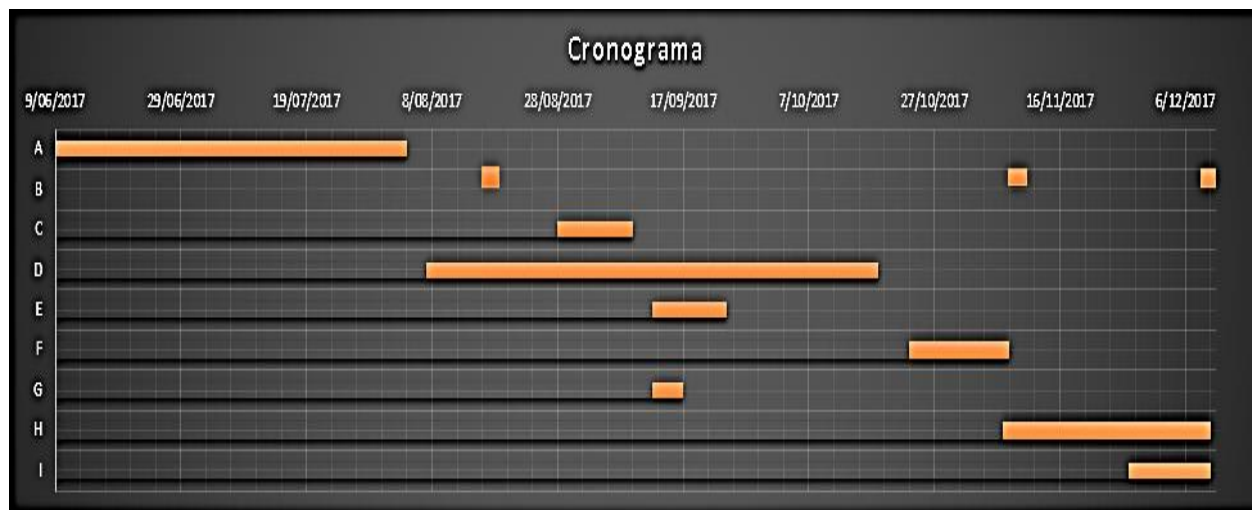


Figura 8 Diagrama de Gantt cronograma.

En el cronograma se tiene en cuenta que varias actividades se realizarán en conjunto, como se puede observar en la Figura 8, para ser más eficiente la entrega del proyecto y efectuando la

labor de los 4 integrantes del proyecto, con un tiempo total de la elaboración del proyecto de 7 meses.

8. DISEÑO.

A partir de los requerimientos técnicos, la zona de estudio y el presupuesto económico propuesto por la junta de acción comunal del barrio Santa Cecilia de la localidad de Suba, se plantearon dos diseños de red inalámbrica para el CCTV solicitado por la comunidad.

Estos diseños cuentan principalmente con un estudio técnico que garantiza un funcionamiento de alta fidelidad, eficiencia y confianza al prestar el servicio 7x24x365 activo para que el CCTV este en constante toma de datos por medio de la video vigilancia en la zona predeterminada por ellos. Cada diseño se planifico con los aspectos técnicos óptimos que debe tener una red inalámbrica para el transporte de información como es el streaming en vivo, a partir de este análisis, en el estudio económico se realizara el ajuste de acuerdo al presupuesto planteado.

8.1 Requerimientos técnicos:

- Red inalámbrica
- Cámaras PTZ para exteriores
- Sistema IP
- Resolución full HD (1920 x 1080) o (2 – 2.5 Mpx)
- Alcance de 150 m de cobertura de imagen (20x – 30x)
- 30 – 60 fps
- Almacenamiento
- Ancho de Banda

Los requerimientos técnicos mencionados fueron sugeridos por el presidente de la junta de acción comunal del barrio Santa Cecilia de la localidad 11, el ingeniero Edwin Sarmiento.

8.2 Zona de estudio

La zona de estudio comprende el área del salón comunal, en el cual se deben cubrir todas las entradas, ver Figura 9, a partir de ese punto se requiere cubrir el sector comercial, siendo la zona principal del barrio Santa Cecilia, comprendida desde la carrera 159 a la carrera 154 por la calle 132 d, ver Figura 10.



Figura 9 Área de cobertura salón comunal. (Hernandez, 2017)

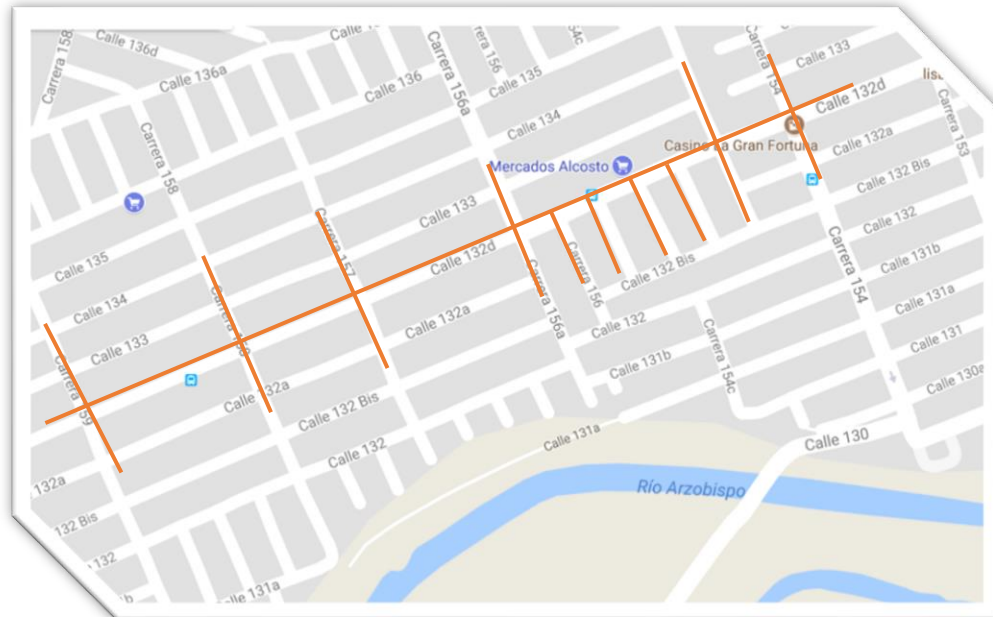


Figura 10 Área de cobertura sector comercial. (Hernandez, 2017)

Teniendo en cuenta los requerimientos técnicos de la red, y la zona donde se plantea el diseño, se proponen dos soluciones que cumplen con todos los requisitos mencionados para el funcionamiento del

El proceso de análisis de cada diseño se fundamenta en el uso de las diferentes tecnologías disponibles, lo que los diferencia el uno con el otro es la topología de red y los equipos inalámbricos que manejan. Teniendo en cuenta los parámetros mencionados y el planteamiento base de cada diseño propuesto se trabajó a partir del modelo TCP/IP para el desarrollo del estudio técnico.

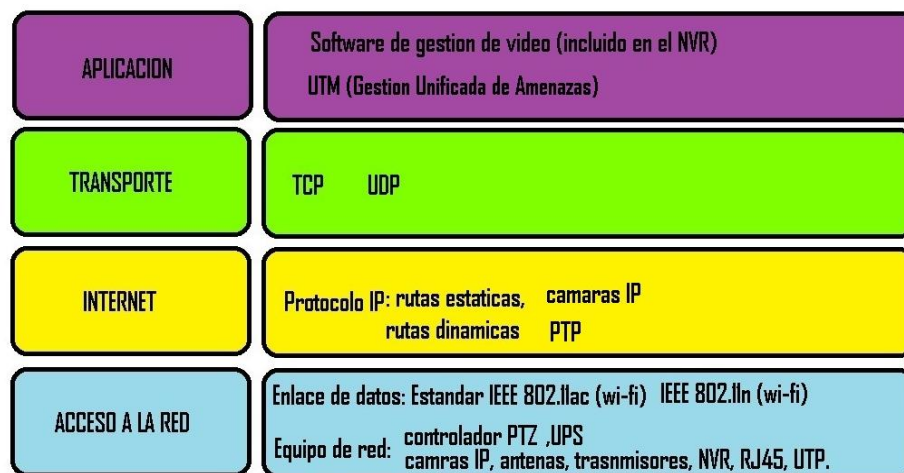


Figura 11 Modelo TCP/IP asociado al proceso de diseños. (Hernandez, 2017)

8.3 Acceso a la red.

8.3.1 Equipos físicos de red.

Los equipos se eligieron a partir de las siguiente características técnicas: estándar IEEE 802.11ac ó IEEE 802.11n, potencia pico de 30dbm para cumplir con la normativa mencionada en la resolución 711 del 2016, frecuencia de operación en el orden de los 5 GHz para trabajar en banda libre, antenas inteligentes para hacer buen uso de los estándares de WI-FI mencionados, patrón de radiación omnidireccional y

directiva tanto en campo H como en B. bajo estos criterio se buscaron varias empresas del sector donde sus productos cumplieron con lo requerido. (711, 2016).

Las empresas consultadas fueron: D-LINK, RADWIN, RUCKUS, UBIQUITI, MIKTROTIK, CISCO y RYMSA.

Ruckus y Ubiquiti son las empresas más representativas bajo los criterios técnicos mencionados anteriormente y costos en los equipos que ofrecen, además son marcas comúnmente usadas para redes de tráfico de streaming en vivo. Los equipos a tener en cuenta para los diseños de red son RUCKUS ZONE FLEX T710, especial para ambientes en exteriores, con patrón de radiación omnidireccional que cuenta con diversidad de polaridad adaptable y cambia su dirección dependiendo de la necesidad en la que se encuentren los dispositivos de la red. Es una antena inteligente que favorece en aspectos como velocidad de transmisión de datos y optimización en el uso del ancho de banda del sistema.

UBIQUITI NanoStation NMS5, UBIQUITI Rocket R5AC-lite y UBIQUITI AMO-5G10 son dispositivos adaptables para ambientes exteriores que garantizan alta velocidad de transmisión de datos. Las antenas que laboran como usuarios poseen un patrón de radiación directivo; son equipos usados constantemente para soluciones de CCTV inalámbricos. Como fue mencionado los diseños propuestos se trabajan con equipos diferentes, por ende, hay varios equipos elegidos para el desarrollo del análisis de la red.



Figura 12 Ruckus zone flex t710. (Ruckus, 2016)

Alimentación: Entrada CA: 100-250 Vca 50/60 Hz, PoE: 802.3at

Máxima Potencia de Tx: 28dBm en 5GHz

Ganancia antena física: 3dbi

Sensibilidad: -104 dBm

Estándares: IEEE 802.11^a/b/g/n/ac

Banda de frecuencia: IEEE 802.11ac: 5,15 – 5,85 GHz

Vel. Datos admitidos: 802.11ac: 29,3 Mbps a 1733 Mbps (80 MHz)

Patrón de radiación: omnidireccional (tipo dona).:



Alimentación: Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)

Frecuencia de Operación: 5170-5875 MHz

Máxima potencia de Tx: 27 dBm +- 2db

Sensibilidad: -75 dBm +- 2db

Ganancia: 14.6 -16.1 db

Vel. Datos admitidos: IEEE 802.11n MCS 15

Patrón de radiación: Directiva

Figura 13 Ubiquiti NanoStation nms5. (Ubiquiti, 2014-2016).



Alimentación: 24V, 0.5A Gigabit PoE Adapter, Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return).

Frecuencia en Operación: 5150 – 5875 MHz

Máxima potencia de Tx: 27dBm

Sensibilidad: -65 dBm

Ganancia: 10dbi

Vel. Datos admitidos: IEEE 802.11ac: 150 Mbps (40MHz)

Patrón de radiación: Omnidireccional (tipo dona).

Figura 14 Ubiquiti ROCKET R5AC-lite (UBIQUITI, RocketAC-Airmax, 2014-2016).

Para el diseño de red por Access Points se eligió el equipo RUCKUS 901-T301-XX51, especial para ambientes en exteriores, con patrón de radiación omnidireccional que cuenta con diversidad de polaridad adaptable y cambia su dirección dependiendo de la necesidad en la que se encuentren los dispositivos de la red. Es una antena inteligente que favorece en aspectos como velocidad de transmisión de datos y optimo uso del ancho de banda del sistema.

UBIQUITI Loco M5 es un dispositivo adaptable para ambientes exteriores que garantiza alta velocidad de transmisión de datos. Las antenas que laboran como usuarios poseen un patrón de radiación directivo; es un equipo usado constantemente para soluciones de CCTV inalámbricos.

8.4 Tecnología de acceso a la red.

Al haber seleccionado la banda de frecuencia de 5GHz en la cual la red va a trabajar, para la elección óptima de la tecnología inalámbrica para el acceso al medio, y hacer buen uso del espectro se consultó en la recomendación UIT-R F.1401 “BANDAS DE FRECUENCIA PARA LOS SISTEMAS DE ACCESO INALAMBRICO FIJO Y METODOLOGIA DE IDENTIFICACION “dadas las características del espectro para el acceso inalámbrico que propone la UIT en la recomendación mencionada se consultaron las siguientes tecnologías inalámbricas: ZIGBEE, RFID, UWB, WI-FI y WIMAX. (F.1401, 1999)

La tecnología inalámbrica elegida para el funcionamiento óptimo de la red fue WI-FI en el estándar IEEE 802.11ac e IEEE 802.11n ya que cumple con la necesidad del ancho de banda para el tráfico de video en vivo y trabaja en la frecuencia elegida, además los equipos inalámbricos de las empresas consultadas trabajan con este tipo de tecnología inalámbrica.

8.5 Internet.

Los dispositivos de la red como las cámaras IP y los componentes del CCTV, usan como protocolo de comunicación con los demás miembros de la red P2P para establecer la conexión, y basan su funcionamiento en el modelo TCP/IP para que los dispositivos este conectados entre sí.

El direccionamiento que la red presenta a partir del manejo del protocolo IPv4 y el uso de direcciones privadas, para ello la IANA (Internet Assigned Numbers Authority) ha reservado tres bloques para IP privadas que son:

Clase A: 10.0.0.0 a 10.255.255.255 - Prefijo /8

Clase B: 172.16.0.0 a 172.31.255.255 – Prefijo /12

Clase C: 192.168.0.0 a 192.168.255.255 – Prefijo /16

Y se encuentra documentado en la RFC1918 (Address Allocation for Private Internets), a partir del documento mencionado en el diseño de la red se manejan direcciones privadas clase B, con el fin de que todos los dispositivos tengan la dirección correspondiente y la red tenga suficientes direcciones para un futuro escalamiento. Se asignaron las direcciones IP de la siguiente manera, donde se tiene 126 direcciones para los dispositivos respectivos a cada una. (Rekhter, 1996)

RED: 172.20.1.128 /25

Host1: 172.20.14.129 /25

Host ultimo: 172.20.14.254 /25

Broadcast: 172.20.14.255 /25

Como se va establecer una red privada es necesario incluir dentro del diseño un dispositivo de capa de red para que se establezca la conexión entre en dispositivo de control y cada miembro perteneciente al diseño, en este caso las cámaras IP. El Switch SG300-10MPP de Cisco cuenta con las características técnicas para la función que debe desempeñar en la red y cuenta con los puertos suficientes para el uso principal en el diseño y en el escalamiento que puede sufrir la misma, se eligió el equipo de la marca Cisco por la popularidad que esta compañía tiene en el mercado de dispositivos de telecomunicaciones los cuales son confiables y óptimos al momento de su uso.



Puertos de red: 10 Gigabit Ethernet

Soporta: IPv4, IPv6 y QoS

Memoria Flash: 16MB

RAM: 128 MB

Protocolos: LACP, IGMP v1, 2, SNMP 1, 2c, 3
TCP/IP, IPv4/v6, HTTP/HTTPS, UDP, SSH, BPDU,

Figura 15 Switch Cisco SG300-10MPP. (CISCO, 2014).

IPSG, SNTP, TFTP, Bonjour, GVRP, GARP, DHCP

8.6 Transporte

Las cámaras IP, al igual que los dispositivos inalámbricos, soportan tanto el protocolo UDP como el protocolo TCP para establecer conexión, siendo estas adaptables para todo tipo de transmisión y necesidad que se ponga a prueba en la red, teniendo en cuenta que se busca que la transmisión de video sea en vivo el protocolo más adecuado para tener streaming, que en tiempo real es UDP puesto que es un protocolo no orientado a la conexión; pero cuenta con la desventaja que para conexiones por internet (no recomendada) se tienen que abrir varios puertos, lo cual lo hace vulnerable a ataques externos. Además, los paquetes UDP pueden ser bloqueados por el Firewall. Se debe tener en cuenta que es necesario tener conexión a internet para observar el CCTV vía remota, en este caso el protocolo TCP que es orientado a la conexión y garantiza el envío de todos los paquetes de información, aunque no se tendrá un streaming en tiempo real. Por ello los dispositivos mencionados son versátiles en el uso de los protocolos de transporte TCP y UDP.

8.7 Aplicación

En esta capa se presenta el sistema de gestión y control de video, el cual está predeterminado por el equipo NVR que es aquel donde llega la información que emiten todas las cámaras pertenecientes a la red para que el video sea procesado y administrado, el NVR además de mostrar lo que cada cámara capta en la red tiene la función de almacenar 24 horas al día, 7 días a la semana, los 12 meses de año de manera continua. El DS-7732NI-E4 de Hikvision se eligió como el gestor de video del CCTV ya que la capacidad de canales que tiene son suficientes para la cantidad de cámaras que se manejan en el diseño y el almacenamiento que maneja es el adecuado, además de expandible. La resolución que usa es compatible con el de las cámaras IP elegidas y mencionadas en la capa de acceso a la red, además el ancho de banda que maneja es suficiente para el manejo de todo el sistema de red.



Canales de video: 32-ch

BW entrante: 160 Mbps

BW saliente: 80 Mbps

Resolución: 6MP/5MP/3MP/1080P/UXGA/720P

Disco duro: 6TB por cada HDD

Figura 16 NVR Hikvision DS-7732NI-E4. (HIKVISION, 2015).

Interfaces de red: 2 RJ-45 10 /100 /1000 Mbps.

Como objetivo de prevención de actividades sospechosas en la red de forma eficaz y contundente, en materia de brindar seguridad y exclusividad de la información a la red inalámbrica para el funcionamiento del CCTV, se propone implementar un equipo UTM (Gestión unificada de amenazas) ya que el objetivo de este sistema es proteger segmentos enteros de la red o zonas a las que tienen acceso, capturan paquetes del tráfico de red (sniffers) y analizan en busca de patrones que puedan suponer algún tipo de ataque. Un sistema UTM de red se puede ubicar en los segmentos de red expuestos al mundo externo (WAN e Internet), en la parte donde residen los servicios y servidores públicos, o se puede limitar a inspeccionar el tráfico de la red interna. Lo ideal del sistema UTM es que resida junto con el Firewall un IPS en el mismo dispositivo. Bajo estas características Cisco, Panda y Juniper presentan soluciones con sistemas UTM en hardware, el sistema UTM a usar en la red es: serie ISA550 de cisco, que evaluando sus características de funcionamiento es una solución factible para el propósito de uso en la red.



filtro de reputación de la red.

Interfaces de monitoreo: Puertos LAN hasta 6, Puertos WAN hasta 2

Desempeño: firewall 200Mbps, IPS 60 Mbps, UTM 45 Mbps.

Detección de fallas: Incluye firewall, IPS, antivirus, filtro contra Spam, filtro URL WEB,

Figura 17 Cisco UTM ISA550. (CISCO, Dispositivos de seguridad integrada Cisco Small Business de la serie ISA500,

8.8 Calculo del ancho de banda total de las cámaras.

Para realizar el cálculo del ancho de banda de todas las cámaras que pertenecen a la red se debe tener en cuenta factores característicos de los dispositivos que son:

- Número de canales de instalación (cámaras)
- Resolución de las cámaras (píxeles)
- Numero de frames por segundo (fps)
- Método de compresión – factor de compresión. (Martí, UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, 2013)

A partir de la siguiente expresión matemática se puede hallar el ancho de banda de una cámara:

$$BW = velocidad * tamaño de imagen promedio * \% de actividad * 8$$

Ecuacion1: Ancho de Banda. (Cortes, 2014).

Donde el resultado se expresa en bps, la variable velocidad representa fps, la variable tamaño de imagen promedio representa la resolución y el método de compresión, la variable % de actividad representa el tiempo en que las cámaras van a estar activas en cambios de imagen y la variable 8 es la cantidad de bits que equivalen a un Byte, haciendo uso del software IP Video System Desing Tool 9 versión de prueba de manera más efectiva se calculó el ancho de banda de una cámara y se realizó el cálculo del ancho de banda de todo el sistema de cámaras, por lo cual se ingresaron los siguientes datos los cuales son tomados de las características técnicas de la cámara PTZ a usar en el diseño de la red.

Tabla 6 Parámetros cámara IP para cálculo de BW. (proyecto, 2017)

Parametros BW	
FPS	30
RESOLUCION	1920 x 1080
COMPRESIÓN	H.264 - 10
# CANALES	14

Como resultado del cálculo, el ancho de banda que maneja una cámara es de 5.65 Mbps con las características mencionadas en la tabla 7 y un porcentaje de actividad del 100% como lo muestra en la Figura 18.

Proyecto1.jsvsgz - IP Video System Design Tool (Trial version)

Archivo Configuración ?

Campo de Visión (CDV) y Longitud Focal del Objetivo Ancho de banda y Espacio del Disco

+ Añadir nuevo tipo - Eliminar Columns

Resolución	Compresión	FPS	Días	Cámaras	Grabación %	Ancho de banda, Mbit/s	Espacio del disco, GB	Bitrate,...
1920x1080 (Full HD)	H.264-10 (Calidad Alta)	30	30	1	100	5,65	1831,4	5652

Figura 18 BW de una cámara del sistema. (design, 2017)

Ya teniendo el valor del ancho de banda que maneja una cámara IP, se demuestra el ancho de banda que maneja el sistema total donde la cantidad de cámaras o canales para el análisis es de 14 dispositivos, por lo que el resultado da 79,13 Mbps como se muestra en la Figura 19.

Proyecto1.jvsgz - IP Video System Design Tool (Trial version)

Archivo Configuración ?

Campo de Visión (CDV) y Longitud Focal del Objetivo Ancho de banda y Espacio del Disco

+ Añadir nuevo tipo - Eliminar Columns

Resolución	Compresión	FPS	Días	Cámaras	Grabación %	Ancho de banda, Mbit/s	Espacio del disco, GB	Bitrate,...
1920x1080 (Full HD)	H.264-10 (Calidad Alta)	30	30	14	100	79,13	25639,6	5652

Figura 19 BW del sistema. (design, 2017)

En conclusión, analizando los resultados obtenidos y teniendo en cuenta que ya se tenían los parámetros como requerimientos que el CCTV debe tener, y los dispositivos de la red en su totalidad tienen las mismas características, el ancho de banda total se encuentra en el rango adecuado para que la red no tenga inconvenientes, por este parámetro, y que los estándares IEEE802.11ac y IEEE802.11n soporten con facilidad la información que transita por la red y no se vea afectada por falta de este recurso.

$$BW_{x\text{ CAMARA}} = 5,65 \text{ Mbps.}$$

$$BW_{\text{Sistema-total}} = 79,13 \text{ Mbps.}$$

8.9 Calculo de la capacidad del disco duro.

Para conocer el número de discos de 6TB que deberá tener el NVR para el almacenamiento de la grabación del CCTV se realiza el cálculo por capacidad de disco duro, por lo cual es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros.

- Número de canales de instalación (Cámaras IP)
- Resolución de las cámaras (Píxeles)
- Numero de frames por segundo (fps)
- Método de compresión – factor de compresión
- Tiempo total de grabación (días)
- Porcentaje de actividad (%). (Martí, UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, 2013)

A partir de la siguiente expresión matemática se puede hallar el valor del almacenamiento de una cámara por un segundo de grabación.

$$\text{Disco duro} \times 1 \text{ segundo} = \text{tamaño promedio de 1 frame} * FPS * \% \text{ actividad}$$

Ecuacion2: Capacidad de almacenamiento disco duro. (Cortes, 2014).

Donde la variable tamaño promedio de 1 Frame equivale a un valor que entrega el fabricante del NVR que se eligió, la variable FPS equivale a la velocidad de grabación y la variable % actividad equivale al estado de la imagen que tan cambiante o tan estática se encuentra. Si se necesita saber cuánto es el almacenamiento durante un tiempo de un año en adelante se multiplica el resultado de la ecuación por la cantidad de segundos que se desea almacenar, es decir, si es preciso calcular el almacenamiento durante un periodo de un año el resultante de la ecuación de multiplica por 3600 segundos x 24 horas x 7 días x 4 semanas x 12 meses. Haciendo uso del software IP Video System Design Tool 9 versión de prueba se precisó el cálculo de capacidad del disco duro que se necesita para almacenar la información de toda la red, por lo cual se ingresaron los siguientes datos.

Tabla 7 Parámetros de cálculo de capacidad del disco duro (proyecto, 2017)

Capacidad de disco duro	
# de canales	14
Resolucion	1920 x 1080
FPS	30
% Actividad	100%
Tiempo de grabacion	30 dias
compresión	H.264-10

Como resultado del cálculo de la capacidad del disco duro realizado por medio del software para el almacenamiento de una cámara es necesario que el disco duro tenga una capacidad de 1831,4 GB o 1,831 TB como se ilustra en la Figura 20.

Proyecto1.jvsgz - IP Video System Design Tool (Trial version)

Archivo Configuración ?

Campo de Visión (CDV) y Longitud Focal del Objetivo Ancho de banda y Espacio del Disco

+ Añadir nuevo tipo - Eliminar Columnas

Resolución	Compresión	FPS	Días	Cámaras	Grabación %	Ancho de banda, Mbit/s	Espacio del disco, GB	Bitrate,kbit/s
1920x1080 (Full HD)	H.264-10 (Calidad Alta)	30	30	1	100	5,65	1831,4	5652

Figura 20: Capacidad en el disco duro para una cámara. (design, 2017)

Teniendo el resultado de la capacidad por una cámara se puede hallar el valor del total del sistema que contempla 14 cámaras IP, como soporte se usa el software para el cálculo de todo el sistema que nos entrega un resultado de una capacidad de disco duro total de 25639 GB o 25,639 TB como se ilustra en la Figura 21.

Proyecto1.jvsgz - IP Video System Design Tool (Trial version)

Archivo Configuración ?

Campo de Visión (CDV) y Longitud Focal del Objetivo Ancho de banda y Espacio del Disco

+ Añadir nuevo tipo Eliminar Columnas

Resolución	Compresión	FPS	Días	Cámaras	Grabación %	Ancho de banda, Mbit/s	Espacio del disco, GB	Bitrate,kbit/s
1920x1080 (Full HD)	H.264-10 (Calidad Alta)	30	30	14	100	79,13	25639,6	5652

Figura 21 Capacidad del disco duro en el total del sistema. (design, 2017)

En conclusión, con los resultados obtenidos, teniendo en cuenta que las cámaras manejan una resolución alta, el flujo de datos es masivo en la red, por lo cual el almacenamiento tendrá que ser suficiente para grabar de manera constante toda la información para que esta quede registrada y almacenada sin ningún inconveniente que presente por falta de capacidad del disco duro. Para la red es necesario tener 5 unidades de disco duro de 6 TB cada uno. Es importante tener en cuenta que en el cálculo por capacidad de disco duro es por 30 días, por lo cual se debe vaciar el almacenamiento y dejar la información más importante almacenada, para evitar problemas de capacidad en la grabación de las cámaras.

Capacidad máxima para una cámara = 1.831 TB

Capacidad máxima para el sistema = 25,639 TB

8.10 Ubicación y alimentación energética de los dispositivos.

Los puntos se determinaron en la visita número 2, documentada en la bitácora de visitas. Los puntos fueron presentados al ingeniero Edwin Sarmiento quien es el presidente de la junta de acción comunal del barrio Santa Cecilia. El cual dio la respectiva aprobación.

Las ubicaciones para poner las cámaras y las antenas se encuentren entre la carrera 159 hasta la carrera 154a sobre la calle 132d, también estarán en la edificación de la junta de acción comunal del barrio Santa Cecilia y dos puntos más, uno en la carrera 158c con calle 131a y el otro en la carrera 158b con calle 131^a.

Respecto a la altura en que las cámaras estarán ubicadas para tener un buen rango de visión con la menor obstrucción posible y la altura en la cual estarán las antenas ubicadas para tener línea de vista con la antena central y que la primera zona de fresnel este libre u ocupada máximo al 40% de su totalidad, certifica que tanto en receptor como el transmisor tengan conexión y el flujo de información sea transmitido correctamente. Las edificaciones de la zona en altura promedio son casa de 3 a 4 pisos donde el ideal para la ubicación de los equipos sea en una de las residencias de los puntos específicos que se mencionan en la tabla 9, dado el caso que no sea posible instalar el equipo en una residencia se buscara el poste de energía más cercano para la ubicación del equipo y se dejará a cargo de la junta de acción comunal la petición del permiso a la agencia encargada del poste seleccionado, dentro de los inconvenientes que se presentaron para la toma de datos de alturas y la visión limpia de las cámaras estuvo tener la medida exacta de las distancias de la altura máxima de las edificaciones y la longitud exacta a la cual se debe adaptar la base de la cámara.

Como solución se tomó en cuenta la medida de las alturas estándar de los postes haciendo un acercamiento a la altura real de las edificaciones y realizar el estudio técnico con rangos de alturas permitiendo ubicar los equipos en un rango entre 16 a 20 metros, ya que al realizar las visitas las residencias sobrepasaban la altura máxima que tiene un poste que es de 16 metros y para la medida de la longitud de la base de la cámara se buscó la obstrucción más cercana al punto donde se ubicara la misma, a partir de la base de una de las residencia hacia donde se encuentra la obstrucción se toma la medida, la ventaja en este caso es que las obstrucciones más significativas se encuentran en los postes que llevan los transformadores de energía y los cables de tensión que hay por toda la calle, en la Figura 22 y en la Figura 23 se demuestran estos casos, por lo cual estos transformadores están cerca de las residencias y la medida tomada se encuentra en un rango de 1 metro a 1.5 metros.



Figura 22 Obstrucciones visuales para las cámaras. (proyecto, 2017)



Figura 23 Obstrucciones visuales para las cámaras. (proyecto, 2017)

En la tabla 9 se registran los puntos exactos donde se van a encontrar las cámaras, las respectivas alturas y las longitudes de base de las cámaras, las medidas aparecen en el salón comunal son exactas ya que se pudieron medir con un medidor laser de distancias. En la Figura 24 se observa el costado del salón comunal con sus respectivas medidas.

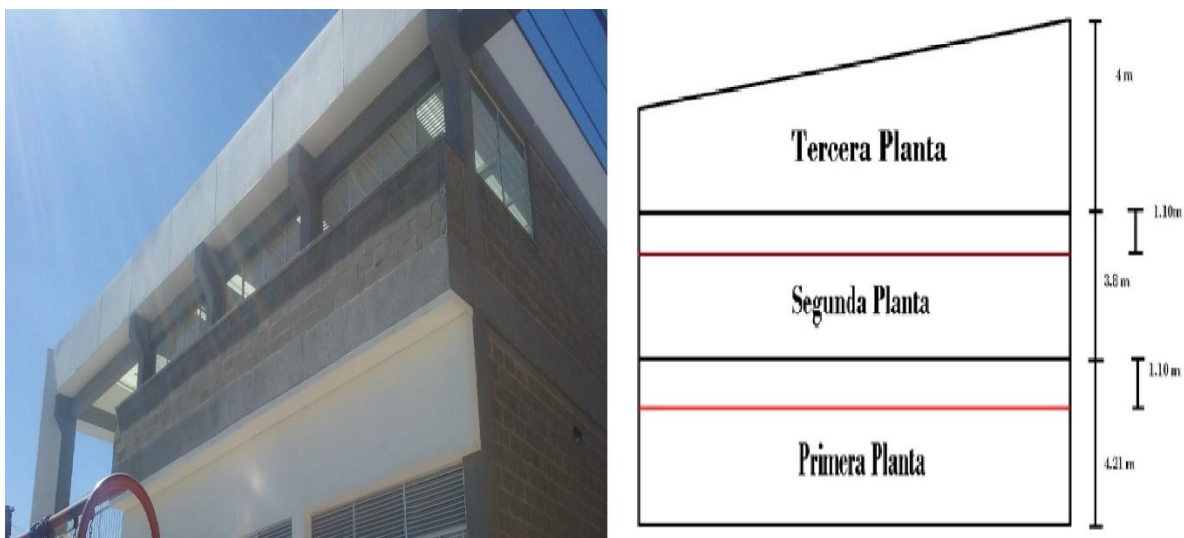


Figura 24 Altura del salón comunal. (Hernandez, 2017)

Tabla 8 Ubicación de las cámaras y antenas de la red. (proyecto i. d., 2018)

PUNTOS DE INSTALACION				
ANTENA	CÁMARA	UBICACIÓN	RANGO DE ALTURA	RANGO DE LONGITUD DE LA BASE
	1	Salón Comunal	9,31 m - 10 m	1 m - 1,5 m
	2	Salón Comunal	9,31 m - 10 m	1 m - 1,5 m
1	3	Carrera 158c calle 131a (poste)	9,31 m - 10 m	1 m - 1,5 m
2	4	Carrera 158b calle 131a (poste)	9,31 m - 10 m	1 m - 1,5 m
3	5	Carrera 159 # 132 A -24 (residencia)	16m - 20m	1 m - 1,5 m
4	6	Carrera 158 # 132 D (residencia)	16m - 20m	1 m - 1,5 m
5	7	Carrera 157 #156 A – 80 (residencias)	16m - 20m	1 m - 1,5 m
6	8	Surtimax (residencia)	16m - 20m	1 m - 1,5 m
7	9	Mercados alcosto (residencia)	16m - 20m	1 m - 1,5 m
8	10	Carrera 154 A -75 (residencia)	16m - 20m	1 m - 1,5 m
9	11	carrera 154 A bis - calle 132A (residencia)	16m - 20m	1 m - 1,5 m
10	12	Panadería Taxi pan (poste)	16m - 20m	1 m - 1,5 m
11	13	Carrera 154 A # 132ª -22 (poste)	16m - 20m	1 m - 1,5 m

12	14	Carrera 153 # 132D (residencia)	16m - 20m	1 m - 1,5 m
----	----	---------------------------------	-----------	-------------

La alimentación de energía de los equipos será por medio de puertos PoE (Power over Ethernet) a través del mismo cableado Ethernet, donde la conexión se realizará de la siguiente manera, desde la cámara hacia la antena se conectan por medio de UTP, y desde la antena hacia el adaptador PoE se usará cableado UTP, el adaptador PoE estará conectado a la toma corriente. Esta tecnología permite transportar la corriente eléctrica necesaria para el funcionamiento de cada dispositivo a través de los cables de datos (UTP) en lugar de utilizar cables de alimentación. Esto reduce al mínimo el número de cables que deben ser usados en la instalación de la red, lo cual reduce costes y facilita la instalación de dispositivos. La norma que define el estándar PoE es la IEEE 802.3af. (Martí, universidad politecnica de valencia, 2013).



Figura 25 Adaptador de conexión por medio de puerto PoE. (Martí, 2013).

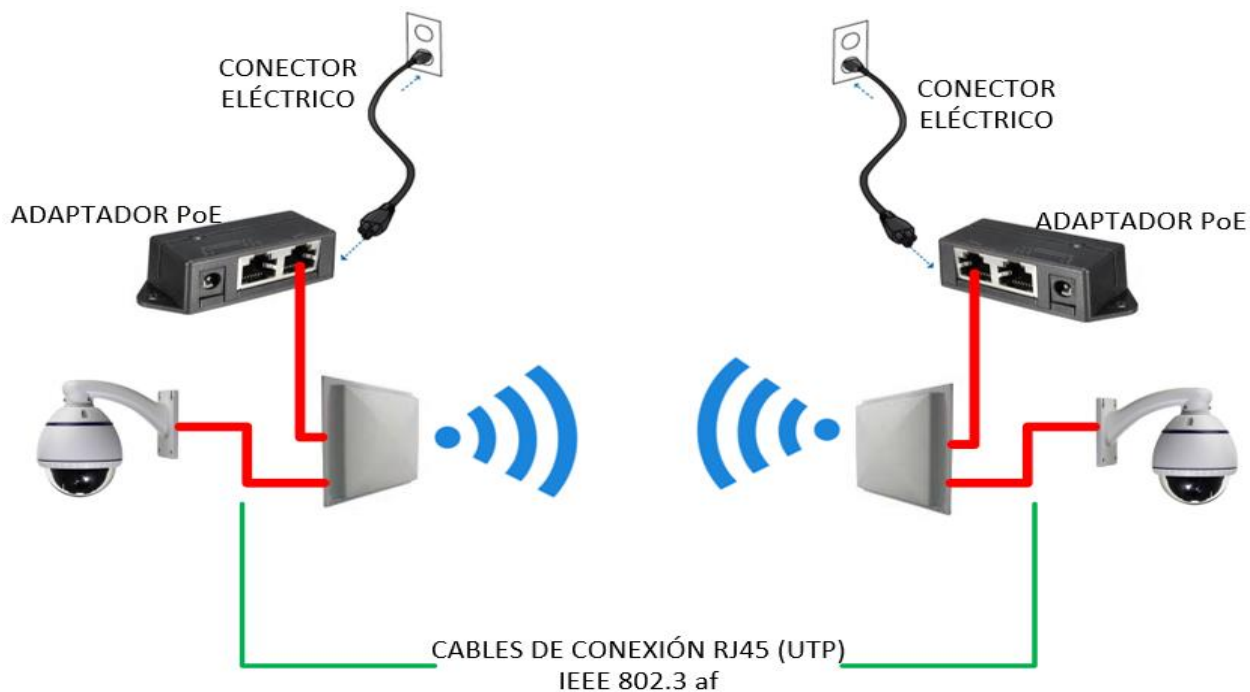


Figura 26 Sistema PoE (Romero, 2018).

8.11 Frecuencia de operación y canalización.

La frecuencia de operación elegida se encuentra en el orden de los 5 GHz ya que como tecnología de acceso se usará WI-FI las frecuencias que se encuentran en el orden de los 2,4 GHz presentarían una alta interferencia por el uso doméstico de esta frecuencia, tanto que la velocidad y la calidad del video seria afectada en gran medida. Consultando el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencia (CNABF) y ya establecido que la red trabajara en banda libre el rango de frecuencias a usar en la red es del orden de los 5,725 GHz a 5,85 GHz.

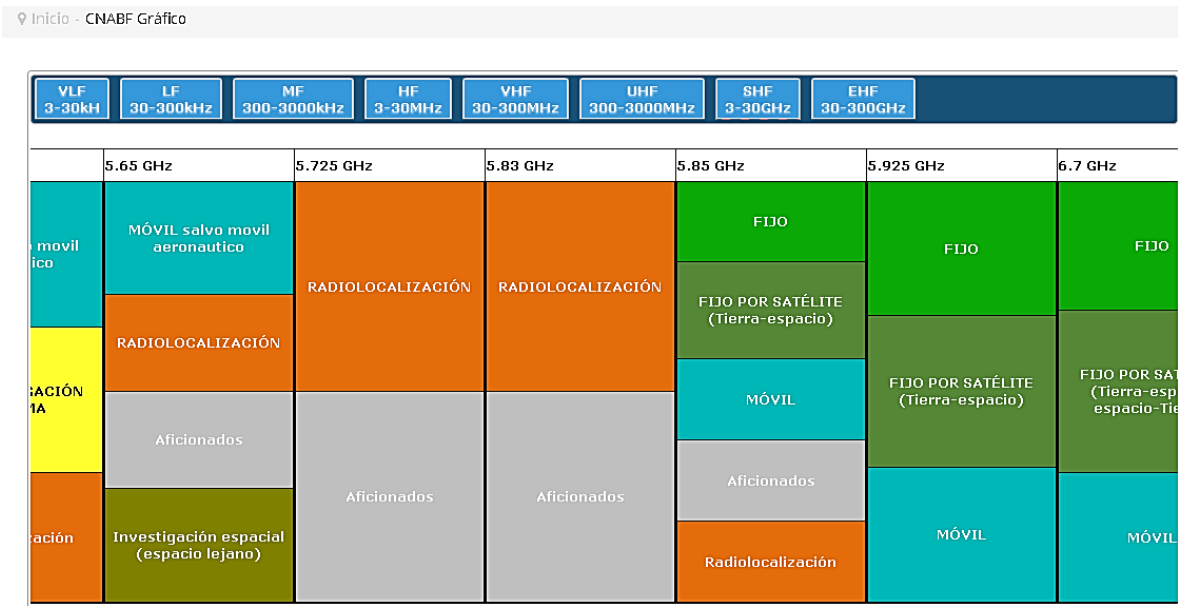


Figura 27 Frecuencias en banda libre en CNABF. (CNABF, 2017).

Para las frecuencias de uplink y downlink dentro del rango mencionado y la canalización que se presenta en la red teniendo en cuenta que en 5 GHz se tiene hasta 25 canales sin solapamiento entre ellos evitando el problema de interferencias, pero estos canales son de 20 MHz los canales de 40 MHz son 12, los de 80MHz son de 6 canales y los de 160 MHz son dos canales por lo cual en la red tenemos 12 dispositivos que se conectaran inalámbricamente. Inicialmente se podrán usar los canales de 40 MHz para mayor rendimiento en la red, dada una escalabilidad futura se podrá pasar a los canales de 20 MHz ya que se tendrán más usuarios o dispositivos en la red. Se debe tener en cuenta que los canales en 802.11ac están desde canal 36 al canal 165 y están separados de canales continuos, en la tabla 3 se define el uso de frecuencias y de canales para cada dispositivo inalámbrico de la red. (Uncorked, 2016).

802.11ac Channel Allocation (N America)

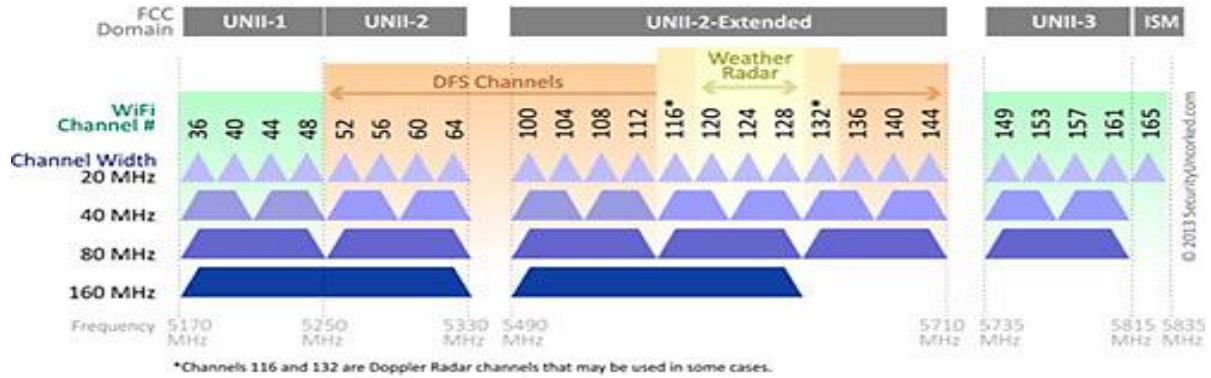


Figura 28 Canales en 802.11ac. (Uncorked, 2016).

Tabla 9 Frecuencia de operación y canalización de la red. (proyecto i. d., 2018)

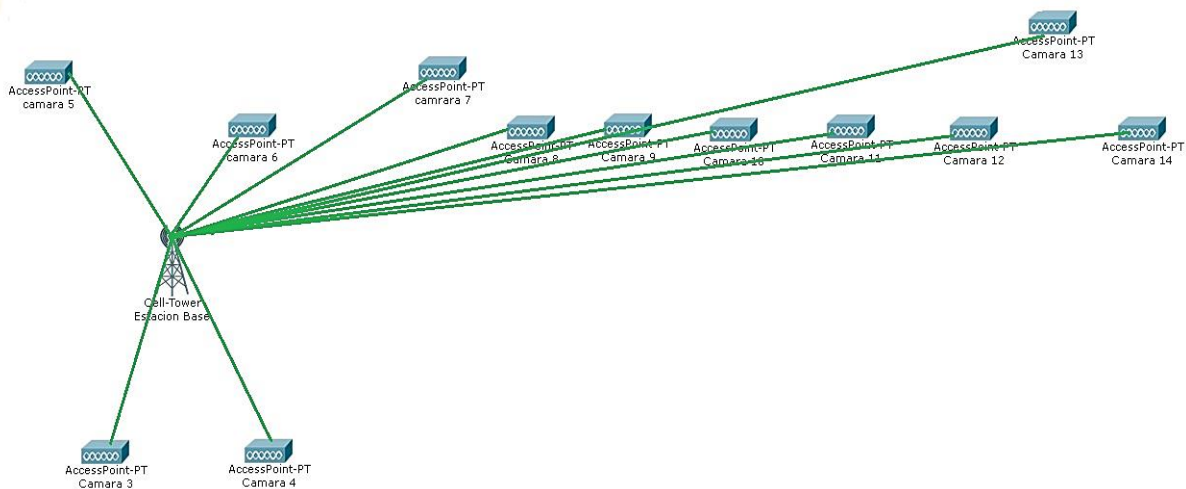
FRECUENCIA Y CANALIZACION			
Frecuencia	ANTENAS	ANCHO DE CANAL	NUMERO DE CANAL
5,725 GHz	1	40 MHz / 20 MHz	36
	2		44
	3		52
	4		60
	5		100
	6		108
	7		116
	8		124
	9		132
	10		140
	11		149
	12		157

9. PRIMERA PROPUESTA.

Con base a lo mencionado anteriormente, los aspectos técnicos, los cálculos de ancho de banda y los cálculos por capacidad de disco duro que la red debe tener, y soportar, se verán aplicados estos conceptos a la siguiente propuesta de diseño de la red inalámbrica para el CCTV en el barrio de Santa Cecilia de la localidad de Suba. Para comprender el proceso del diseño se manejarán los siguientes aspectos: Topología, Frecuencia de operación en downlink y uplink, canalización, ubicación, direccionamiento de la red, patrones de radiación de los equipos inalámbricos y resultados.

9.1 Topología.

La topología que se usara en el diseño de la red inalámbrica es tipo estrella, donde todos los usuarios o dispositivos que pertenezcan a la red se conectan directamente a un único nodo como se demuestra en la Figura 28.



Como se puede observar se tiene un nodo central el cual realiza la labor de transmitir las órdenes que se envíen desde el centro de gestión de las cámaras y recibir el flujo de datos que las cámaras envíen, por lo cual es importante saber el ancho de banda que se usa en el sistema, el cual fue determinado anteriormente. La red tendrá 12 dispositivos inalámbricos como puntos de acceso de cada cámara para que puedan comunicarse y enviar la información a la estación base, también tendrá 1 estación base que se comunicara con todos los dispositivos de la red y constara con un total de 14 cámaras. La razón por la cual solo se usarán 12 antenas siendo la cantidad de cámaras diferentes, es que dos de ellas van estar en la edificación donde se va montar el centro de monitoreo y estarán conectadas directamente, por medio de cableado, esto para reducir gastos y evitar el uso de equipos que no son necesario en la red, en la tabla 11 se registran los equipos que componen la red.

[illegible]

UTM	x													
-----	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Luego de haber descrito la topología de red que se va a usar y los equipos que la componen, a continuación, se especificará la conexión física. La conexión física se compone por: las cámaras, las antenas, el switch, el NVR, el controlador y el UTM; las cámaras IP estarán conectadas por cable UTP hacia las antenas y estas estarán conectadas a la alimentación energética para el funcionamiento de ambos dispositivos, estas conexiones se harán por medio de puertos PoE. Cada antena se conectará con el nodo principal por medio inalámbrico haciendo uso del espectro radioeléctrico, la antena principal se conectará directamente con el switch por medio de cable UTP y usando el sistema de puerto PoE.

Se tienen dos cámaras que no usarán antenas para la conexión a la red, estas estarán directamente conectadas al switch por medio de cable UTP, al switch de forma alámbrica se conecta el NVR y de este se hace conexión con el controlador y el video Wall. El UTM hará conexión a internet si se requiere y estará conectado al switch para ser parte de la red. Gráficamente se puede observar en la Figura 29.

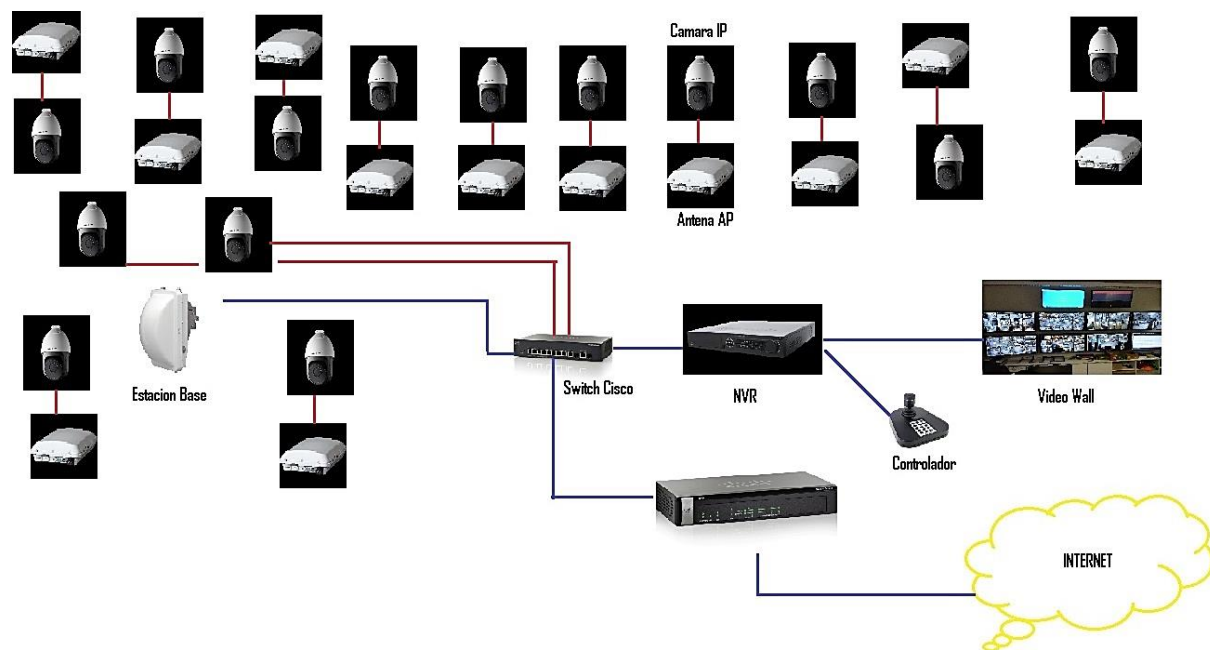


Figura 30 Conexión física de la red. (Hernandez, 2017)

9.2 Direccionamiento.

El direccionamiento de la red se basa en una red privada como ha sido mencionado, el pool de direcciones que se usaran es 172.20.14.128/25 el cual da posibilidad de conectar 126 hosts a la red. Específicamente se realiza un direccionamiento estático por la cantidad de host que tiene la red si llegase a presentar un tipo de escalabilidad y aumenta el número de host en la red es mejor aplicar direcciones dinámicas. En la tabla 11 se presenta el direccionamiento aplicado a la red por equipo.

Tabla 11 Direccionamiento IP de la red. (proyecto i. d., 2018)

DIRECCIONAMIENTO			
	DIRECCION	MASCARA	NUMERO DE HOST
RED	172.20.14.128	/25	
BROADCAST	172.20.14.255	/25	
Puerta de enlace	172.20.14.254	/25	
UTM	172.20.14.129	/25	1
Switch -UTM	172.20.14.130	/25	2
NVR	172.20.14.131	/25	3
Cámara 1	172.20.14.132	/25	4
Cámara 2	172.20.14.133	/25	5
Cámara 3	172.20.14.134	/25	6
Antena 1	172.20.14.135	/25	7
Cámara 4	172.20.14.136	/25	8
Antena 2	172.20.14.137	/25	9
Cámara 5	172.20.14.138	/25	10
Antena 3	172.20.14.139	/25	11
Cámara 6	172.20.14.140	/25	12
Antena 4	172.20.14.141	/25	13
Cámara 7	172.20.14.142	/25	14
Antena 5	172.20.14.143	/25	15
Cámara 8	172.20.14.144	/25	16
Antena 6	172.20.14.145	/25	17

Cámara 9	172.20.14.146	/25	18
Antena 7	172.20.14.147	/25	19
Cámara 10	172.20.14.148	/25	20
Antena 8	172.20.14.149	/25	21
Cámara 11	172.20.14.150	/25	22
Antena 9	172.20.14.151	/25	23
Cámara 12	172.20.14.152	/25	24
Antena 10	172.20.14.153	/25	25
Cámara 13	172.20.14.154	/25	26
Antena 11	172.20.14.155	/25	27
Cámara 14	172.20.14.156	/25	28
Antena 12	172.20.14.157	/25	29

9.3 Patrón de radiación de las antenas.

9.3.1 Equipo Ruckus ZONEFLEX T710.

El patrón de radiación que presenta este equipo puede ser omnidireccional y sector de 120x30 grados, pero, para el desarrollo del diseño la antena que trabajara como estación base es 901-T710-XX01. Qué tiene un patrón de radiación omnidireccional para que pueda tener vista con todas las antenas de la red, y para las antenas que actúan como Access point de las cámaras se establece con la antena 901-T710-XX51 donde su patrón de radiación es un sector de 120x30 grados siendo más directiva.

Ruckus en las hojas de datos de los equipos no entrega un diagrama de los patrones de radiación, pero explica como son, en la Figura 30 se representan los patrones de radiación de los equipos según lo descrito en las hojas de datos de los equipos Ruckus.

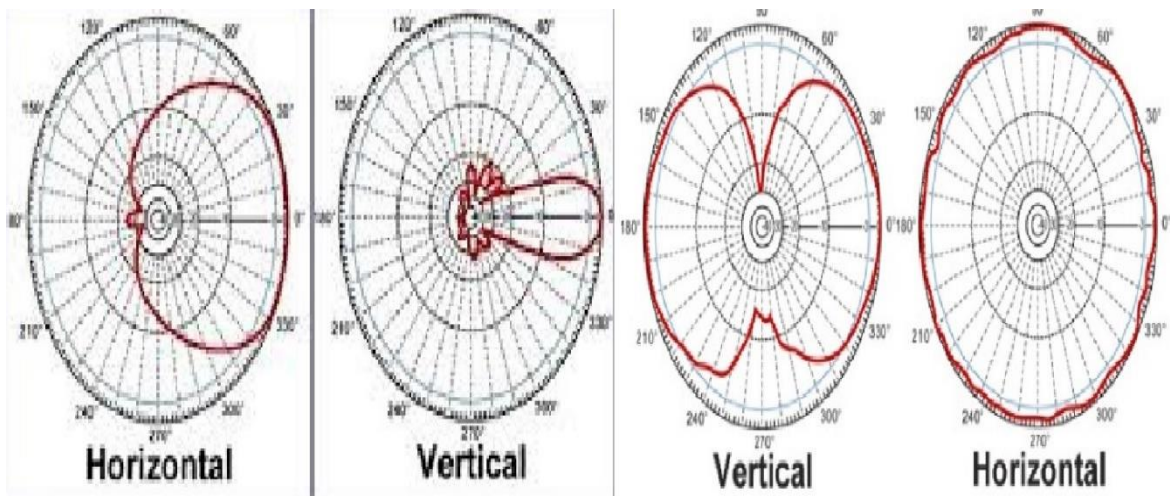


Figura 31 A la izquierda patrón de radiación de un sector de 120x30 grados y a la derecha patrón de radiación omnidireccional. (RUCKUS, 2016)

9.3.2 Equipo Ubiquiti NSM5 y AMO-5G10.

El patrón de radiación que presenta cada uno de los equipos es omnidireccional y directivo, donde la antena omnidireccional es aquella que realiza la función de estación base (AMO-5G10) y la directiva es la que cumple la función de Access Point para cada cámara (NSM5).

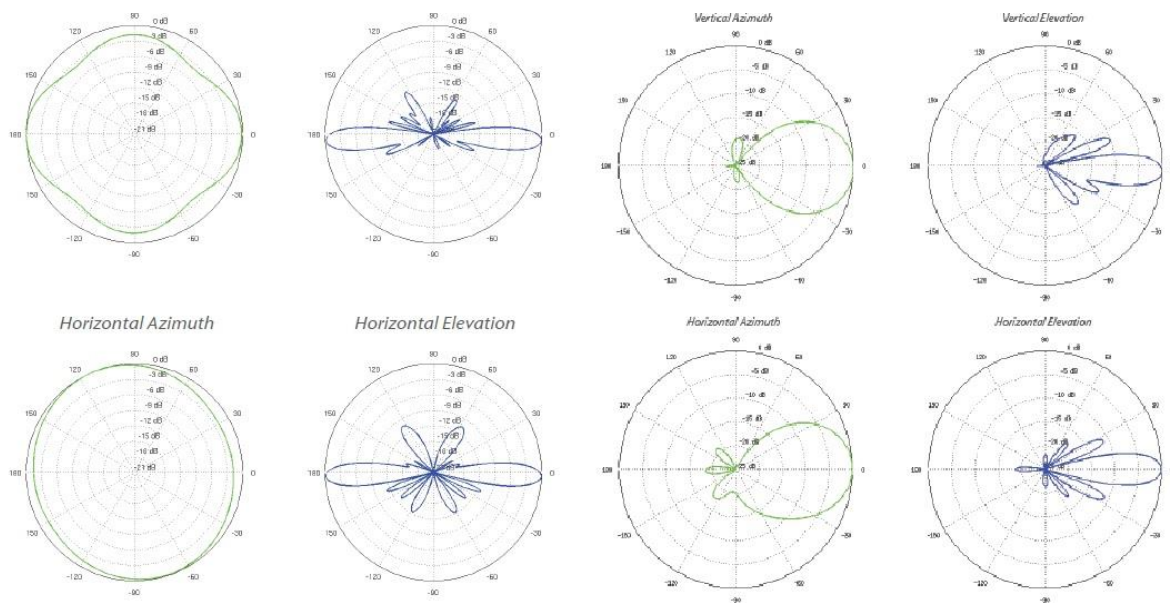


Figura 32 Patrón de radiación ala izquierda AMO-5G10 y a la derecha NSM5. (UBIQUITI, 2014-2016).

9.4. Resultados.

El análisis que se realizó para que la red tuviera conexión total depende de la topología de red, al ser una topología tipo estrella el estudio de enlaces fue el que se llevó a cabo, se tienen en total 12 enlaces que se calcularon por conceptos matemáticos y teóricos.

Para el cálculo de enlaces se debe tener en cuenta la frecuencia de operación, distancia del vano, potencia del transmisor, ganancia de la antena transmisora y receptora, pérdidas de espacio libre, patrón de radiación de la antena y sensibilidad de la antena. A partir de las siguientes fórmulas se calculan los enlaces.

$$LoS = 32.5 + 20 \log(MHz) + 20 \log(km)$$

Ecuación 3: Pérdidas de espacio libre

$$PRx = PTx + GTX - LoS + GRx - L$$

Ecuación 4: Ecuación de transmisión

Los cálculos se realizaron por medio de la plataforma XIRIO ONLINE para el análisis con equipos Ruckus, la cual nos permite observar la simulación de la red con el cálculo de enlaces; presenta varias opciones para hacer el cálculo de pérdidas por espacio libre, entre las opciones se tomó el cálculo por línea de vista ya que la frecuencia de operación se encontraba dentro del rango de estudio del método de propagación. La finalidad del método de propagación línea de vista es tener un camino sin obstrucciones entre la antena transmisora y receptora teniendo una mejor propagación de señales RF. Cabe recalcar que al usar línea de vista en la plataforma de XIRIO se dejó una pérdida constante en todos los enlaces dado el caso que presente una obstrucción por lluvia, gases y estados naturales que no se pueden prevenir.

Los resultados del cálculo de los 12 enlaces se presentan en la tabla 5 donde registra el análisis tanto en uplink como en downlink verificando que el estado del enlace y la conexión inalámbrica no tenga ningún tipo de problema en el momento de enviar y recibir la información, en el anexo 1 se encuentran las imágenes del uso y la entrega de resultados del simulador XIRIO ONLINE.

Tabla 12 Resultados del cálculo por enlace con equipos Ruckus. (Hernandez, 2017)

Resultados Enlaces con equipos Ruckus ZoneFlex T710									
Modulación	Estándar IEEE	Número de Enlace	Distancia del vano	Potencia Tx		Sensibilidad Rx		Nivel de señal Rx	
				Estación base	Antena AP	Estación base	Antena AP	UPLINK	DOWNLINK
256-QAM	802.11ac	1	51.1 m	28 dBm	28 dBm	-103 dBm	-103 dBm	-24,78 dBm	-25,65 dBm
	802.11ac	2	51.9 m					-25,59 dBm	-26,2 dBm
	802.11ac	3	117 m					-33,22 dBm	-33,09 dBm
	802.11ac	4	131 m					-34,07 dBm	-34,05 dBm
	802.11ac	5	198 m					-38,09 dBm	-37,98 dBm
	802.11ac	6	308 m					-41,52 dBm	-41,47 dBm
	802.11ac	7	335 m					-42,23 dBm	-42,21 dBm
	802.11ac	8	368 m					-42,9 dBm	-42,96 dBm
	802.11ac	9	396 m					-43,67 dBm	-43,66 dBm
	802.11ac	10	427 m					-44,36 dBm	-44,3 dBm
	802.11ac	11	458 m					-44,99 dBm	-44,93 dBm
	802.11ac	12	508 m					-45,71 dBm	-44,92 dBm

Los resultados obtenidos del cálculo por enlace satisfacen al resultado esperado del análisis, ya que el rango de nivel de señal Rx de todos los enlaces de la red se encuentran dentro de la sensibilidad de receptor, por ende certifica que no se tendrán pérdidas de información y no se tendrá una baja conexión inalámbrica entre el transmisor y el receptor tanto en uplink como downlink, además se certifica con este resultado que ninguno de los equipos sobrepase los límites de potencia de recepción para que, en un caso extremo, no sean afectados físicamente en sus componentes por dicha potencia.

Para el análisis por enlace con equipos Ubiquiti se hizo uso del software propietario de los equipos, OUTDOORS WIRELESS LINK CALCULATOR (airlink.ubnt.com), de igual manera que el análisis con los equipos Ruckus esta plataforma realiza el análisis específicamente con los equipos de la marca Ubiquiti donde se selecciona la frecuencia de operación, el tipo de equipo a usar, potencia de transmisión, área de cobertura, ganancia de la antena, altura, el PIRE y la ubicación del dispositivo. Todo el proceso

del manejo del software y el registró de imágenes del resultado que entrega la plataforma se encuentra en el anexo 2, el registro del resultado total de todos los enlaces para el análisis del funcionamiento de la red inalámbrica se encuentra en la tabla 13.

Tabla 13 Resultados del cálculo por enlace con equipos UBIQUITI. (Hernandez, 2017)

Resultados Enlaces con equipos UBIQUITI NSM5, AMO-5G10, ROCKET 5AC									
Modulación	Estándar IEEE	Numero de Enlace	Distancia del vano	Potencia Tx		Sensibilidad Rx		Nivel de señal Rx	
				Estación base	Antena AP	Estación base	Antena AP	UPLINK	DOWLINK
64-QAM / 256-QAM	802.11ac /n	1	51.1 m	23 dBm (+-2dB)	21 dBm (+-2dB)	-69 dBm (+-2dB)	-75 dBm (+-2dB)	-49,14 dBm	-41,14 dBm
	802.11ac /n	2	51.9 m					-49,55 dBm	-41,55 dBm
	802.11ac /n	3	117 m					-57,20 dBm	-49,20 dBm
	802.11ac /n	4	131 m					-57,99 dBm	-49,99 dBm

802.11ac /n	5	198 m					-61,92 dBm	-53,92 dBm
802.11ac /n	6	308 m					-65,44 dBm	-57,44 dBm
802.11ac /n	7	335 m					-66,19 dBm	-58,19 dBm
802.11ac /n	8	368 m					-66,92 dBm	-58,92 dBm
802.11ac /n	9	396 m					-67,59 dBm	-59,59 dBm
802.11ac /n	10	427 m					-68,23 dBm	-60,23 dBm
802.11ac /n	11	458 m					-68,87 dBm	-60,87 dBm
802.11ac /n	12	508 m					-69,77 dBm	-61,77 dBm

Los resultados que se obtuvieron por el análisis del cálculo de los enlaces de la red inalámbrica con los equipos UBIQUITI satisfacen al funcionamiento de la red, a pesar que alguno de los resultados se encuentra al límite del valor de la sensibilidad de receptor para captar la información enviada desde la antena AP a la estación base se puede contar que estos dispositivos manejan una tolerancia de 2 dB para ser aplicados a casos como el que se presentó en el análisis, además se puede confirmar que los dispositivos no tendrán ningún riesgo de tener afectación físicas en sus componentes por potencias que no puede soportar, como en la plataforma de XIRIO que se tuvo en cuenta perdidas por actividades externas que se puede presentar en instalaciones de redes inalámbricas en outdoor la plataforma propietaria de Ubiquiti al tener solo dos opciones de estudio PTP y PTMP considera perdidas de espacio libre y perdidas externas que se presente en la red, para que la mayor parte de la zona de fresnel se encuentre libre y no existan obstrucciones que debiliten el enlace y la comunicación sea efectiva.

10. SEGUNDA PROPUESTA DE DISEÑO.

Este diseño se basa en una red de puntos de acceso distribuidos a lo largo del barrio, que permiten la conexión de las antenas de las cámaras con el nodo central, el cual se encuentra en el salón comunal del barrio Santa Cecilia, Suba. Para el diseño se pensó en utilizar extensores de red, los cuales son muy útiles para entornos de pocos usuarios. La red de puntos de acceso solo estará disponible para las cámaras, por lo cual sería una buena opción utilizar los extensores; pero los extensores no son lo suficientemente eficientes para los requerimientos de la red. Debido a la gran cantidad de tráfico que se manejará, la mejor opción es usar Access Points.

Para este diseño se implementó un sistema de puntos de acceso (Access Points, AP), los cuales se distribuyen a lo largo del barrio, con separaciones de 100 metros. Los puntos se tomaron estratégicamente para cubrir todos los posibles puntos en donde se encontrarán las antenas de las cámaras. Los puntos de las cámaras fueron escogidos por el grupo de trabajo, siendo lugares estratégicos, que cubren los requerimientos del proyecto; como visión a lo largo de la vía principal y las vías perpendiculares, por lo que las cámaras deberán ser posicionadas en esquinas. De acuerdo a lo estipulado, debe haber cámaras con cobertura del cien por ciento del perímetro del salón comunal, y cámaras a lo largo de la vía principal, calle 132d, comprendida entre la carrera 154 y la carrera 159.

10.1 Topología.

La topología que se usara en el diseño de la red inalámbrica es tipo línea, para la fase de trabajo ordinario, donde todos los usuarios o dispositivos que pertenecen a la red se conectan directamente al Access Point más cercano. Para la red, en caso de presentar algún tipo de fallo en los AP's distintos del AP 1234, se conectarán en forma de malla completa para continuar con el servicio con el menor número de fallos posibles.

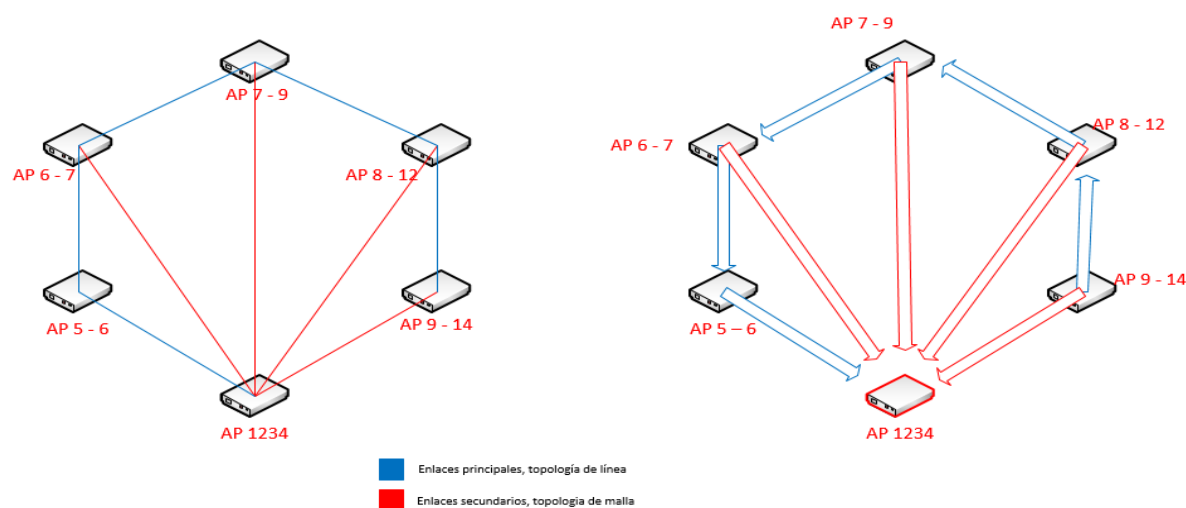


Figura 33 Topología de red. (Romero, 2018)

Como se puede observar en la Figura1, se tiene un nodo central que realiza la labor de transmitir las órdenes que se envíen desde el centro de gestión de las cámaras y recibir el flujo de del resto de los AP's, por lo cual es importante saber el ancho de banda que se usa en el sistema, el cual fue determinado anteriormente. La red tendrá 6 dispositivos inalámbricos como puntos de acceso para las diferentes

cámaras, para facilitar la comunicación y el envío de la información a la estación base. Se contará con un Access Point principal, el cual se comunicará con todos los dispositivos de la red. La tabla1 muestra los equipos que componen la red.

Tabla 14 Dispositivos de red. (Romero, 2018)

Componentes de la red														
Dispositivos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Access Points	x	x	x	x	x	X								
Antenas (AP)	x	x	X	x	x	X	x	x	x	x	x	x		
Cámaras	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Switch	x													
NVR	x													
UTM	x													

Las cámaras IP se conectan por cable UTP a las antenas y estas estarán conectadas a la alimentación energética para el funcionamiento de ambos dispositivos, estas conexiones se harán por medio de puertos PoE, cada antena se conecta con el nodo principal por medio inalámbrico haciendo uso del espectro radioeléctrico, el AP principal se conecta directamente con el switch por medio de cable UTP y usando el sistema de puerto PoE. Se tienen dos cámaras que no usaran antenas para la conexión a la red sino que estarán directamente conectadas al switch por medio de cable UTP. El NVR se conecta al switch de forma alámbrica y el UTM que se conectara al ISP (Internet Service Provider) dado el caso que se requiera conexión a internet. Al NVR se conecta el controlador y el tv Wall.

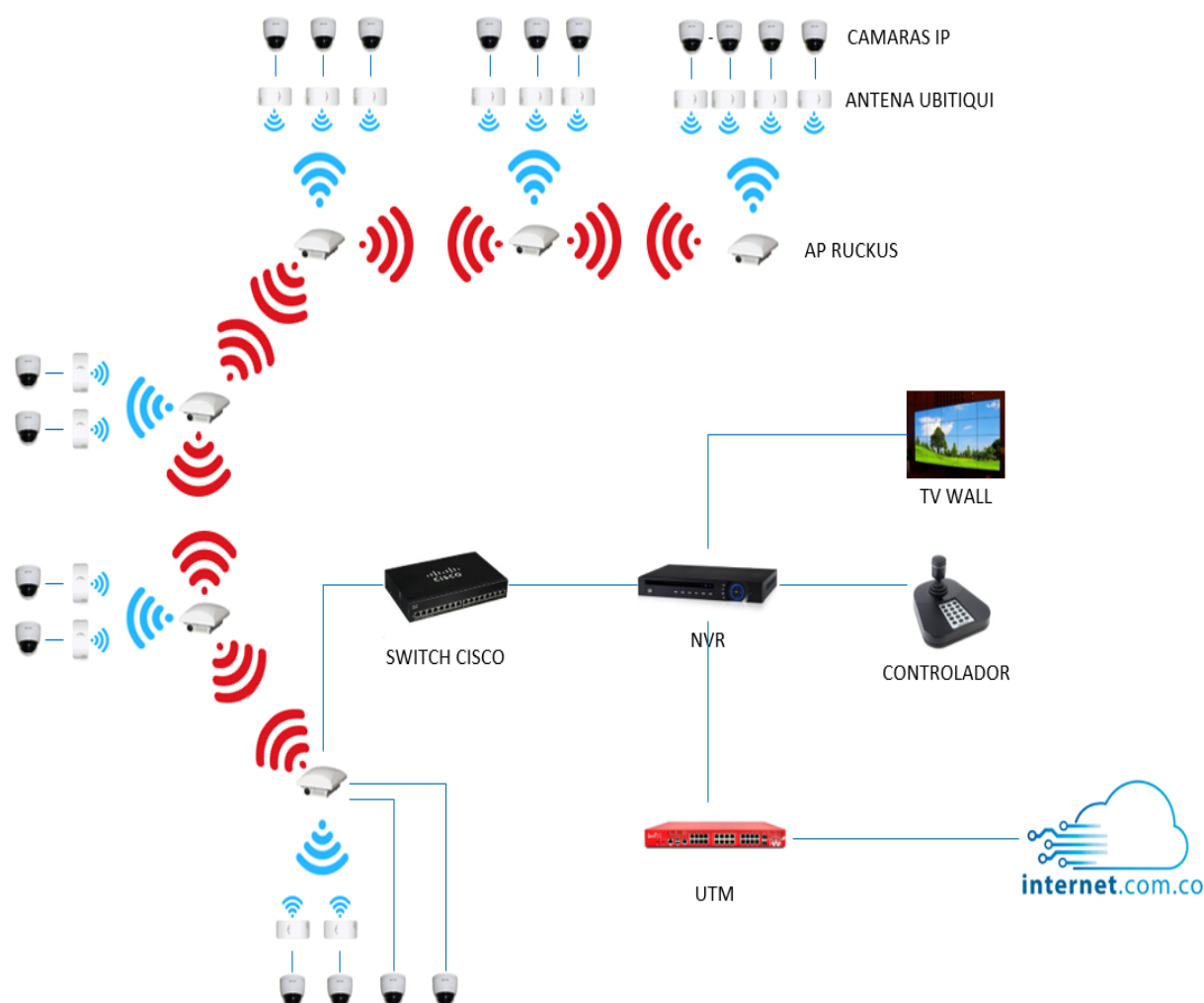


Figura 34 Conexión Física de la Red. (Romero, 2018)

10.2 Direccionamiento.

El direccionamiento de la red estará en el rango de las redes privadas como ha sido mencionado, el pool de direcciones que se usaran es 172.20.14.128 /25, con la posibilidad de conectar 126 hosts a la red específicamente se realiza un direccionamiento estático por la cantidad de host que tiene la red si llegase a presentar un tipo de escalabilidad y aumenta el número de host en la red es mejor aplicar direcciones dinámicas, en la tabla 16 se presenta el direccionamiento aplicado a la red por equipo.

Tabla 15 Direccionamiento de la red. (Romero, 2018)

DIRECCIONAMIENTO			
	DIRECCION	MASCARA	NUMERO DE HOST
RED	172.20.14.128	/25	
BROADCAST	172.20.14.255	/25	
Puerta de enlace	172.20.14.254	/25	
UTM	172.20.14.129	/25	1
Switch - UTM	172.20.14.130	/25	2
NVR	172.20.14.131	/25	3
Cámara 1	172.20.14.132	/25	4
Cámara 2	172.20.14.133	/25	5
Cámara 3	172.20.14.134	/25	6
Antena 1	172.20.14.135	/25	7
Cámara 4	172.20.14.136	/25	8
Antena 2	172.20.14.137	/25	9
Cámara 5	172.20.14.138	/25	10
Antena 3	172.20.14.139	/25	11
Cámara 6	172.20.14.140	/25	12
Antena 4	172.20.14.141	/25	13
Cámara 7	172.20.14.142	/25	14
Antena 5	172.20.14.143	/25	15
Cámara 8	172.20.14.144	/25	16
Antena 6	172.20.14.145	/25	17
Cámara 9	172.20.14.146	/25	18
Antena 7	172.20.14.147	/25	19
Cámara 10	172.20.14.148	/25	20
Antena 8	172.20.14.149	/25	21
Cámara 11	172.20.14.150	/25	22
Antena 9	172.20.14.151	/25	23
Cámara 12	172.20.14.152	/25	24
Antena 10	172.20.14.153	/25	25
Cámara 13	172.20.14.154	/25	26
Antena 11	172.20.14.155	/25	27
Cámara 14	172.20.14.156	/25	28
Antena 12	172.20.14.157	/25	29
AP 1234	172.20.14.158	/25	30
AP 5 - 6	172.20.14.159	/25	31
AP 6 - 7	172.20.14.160	/25	32

AP 7 - 9	172.20.14.161	/25	33
AP 8 - 12	172.20.14.162	/25	34
AP 9 - 14	172.20.14.163	/25	35

10.3 Patrón de radiación de las antenas.

10.3.1 Equipo Ruckus ZONEFLEX T910.

El patrón de radiación que presenta este equipo es omnidireccional, con sector de 120x30 grados, pero, para el desarrollo del diseño la antena que trabajara como estación base es 901-T910-XX51 que tiene un patrón de radiación omnidireccional para que pueda tener línea de vista con todos los Access Points.

Ruckus en las hojas de datos de los equipos no entrega un diagrama de los patrones de radiación, pero explica como son, en la Figura 33 se representan los patrones de radiación de los equipos según lo descrito en las hojas de datos de los equipos.

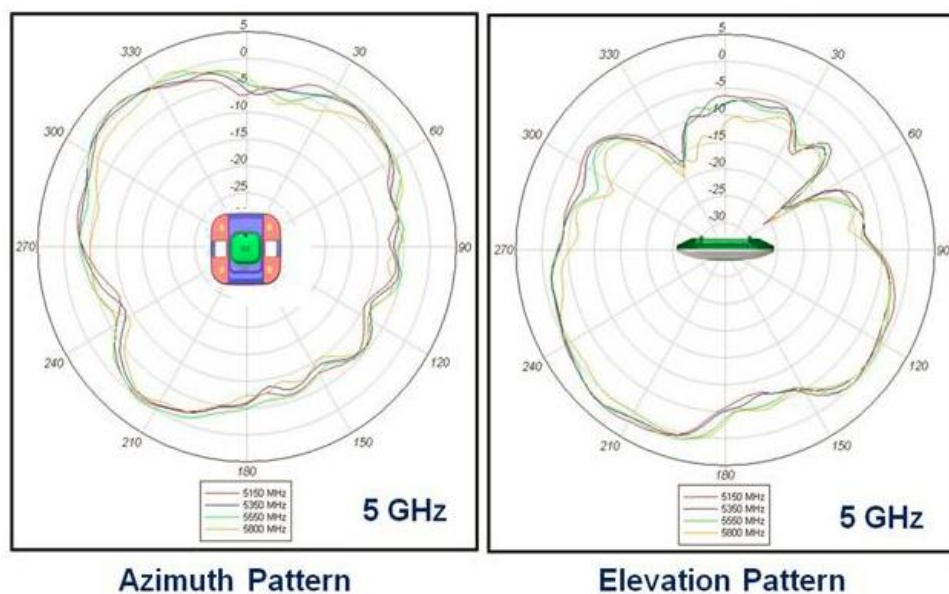


Figura 35 A la izquierda patrón de radiación de un sector de 120x30 grados y a la derecha patrón de radiación omnidireccional. (referencia pendiente)

10.3.2 Equipo Ubiquiti Loco M5

El patrón de radiación de la antenna usada para la conexión de las cámaras es directivo, como se puede observar en la Figura 35.

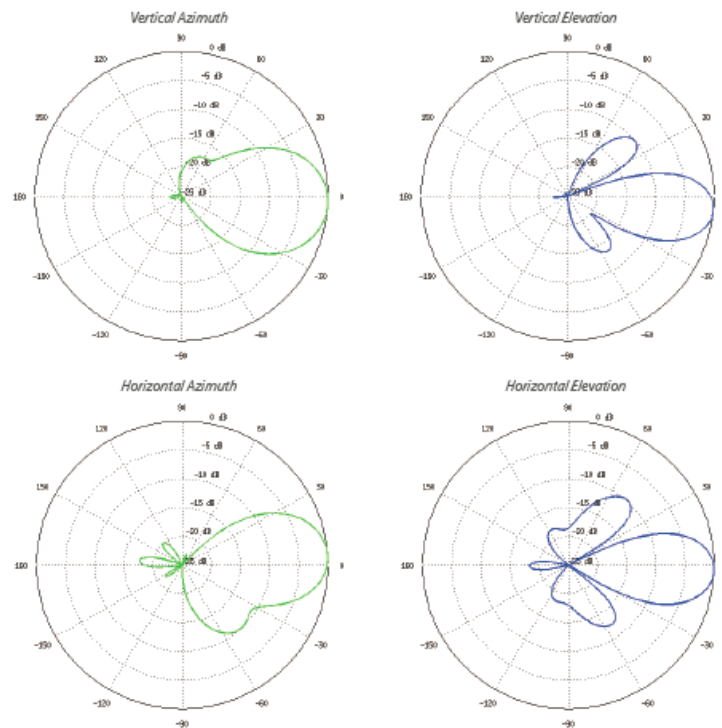


Figura 36 Patrón de radiación antenna Loco M5 (UBIQUITI, RocketAC-Airmax, 2014-2016)

10.4 Resultados.

El análisis que se realizó para que la red tuviera conexión total depende de la topología de red, al ser una topología tipo línea inalámbrica, se realizó un estudio de coberturas, se tienen en total 6 coberturas para calcular por conceptos matemáticos y teóricos.

Para el cálculo de enlaces se debe tener en cuenta la frecuencia de operación, distancia del vano, potencia del transmisor, ganancia de la antenna transmisora y receptora, perdidas de espacio libre, patrón de radiación de la antenna y sensibilidad de la antenna. A partir de la siguientes formulas se calculan los enlaces.

$$LoS = 32.5 + 20 \log(MHz) + 20 \log(km)$$

Ecuación 5: Pérdidas de espacio libre.

$$PRx = PTx + GTX - LoS + GRx - L$$

Ecuación 5: Ecuación de transmisión

Los cálculos se realizaron por medio de la plataforma XIRIO ONLINE para el análisis con equipos Ruckus, la cual nos permite observar la simulación de la red con el cálculo de enlaces; presenta varias opciones para hacer el cálculo de pérdidas por espacio libre, entre las opciones se tomó el cálculo por línea de vista ya que la frecuencia de operación se encontraba dentro del rango de estudio del método de propagación.

La finalidad del método de propagación por coberturas es tener un área completamente permeada por las señales sumadas de los diferentes AP's. Al realizar el cálculo de coberturas en la plataforma de XIRIO se dejó una pérdida constante en todos los enlaces dado el caso que presenten obstrucciones por lluvia, gases y estados naturales que no se pueden prevenir.

Los resultados de los cálculos de las 6 coberturas se presentan en las Figuras 35 a la 37, donde registra el análisis tanto en uplink como en downlink verificando que el estado del enlace y la conexión inalámbrica no tenga ningún tipo de problema en el momento de enviar y recibir la información, en el anexo 1 se encuentran las imágenes del uso y la entrega de resultados del simulador XIRIO ONLINE.

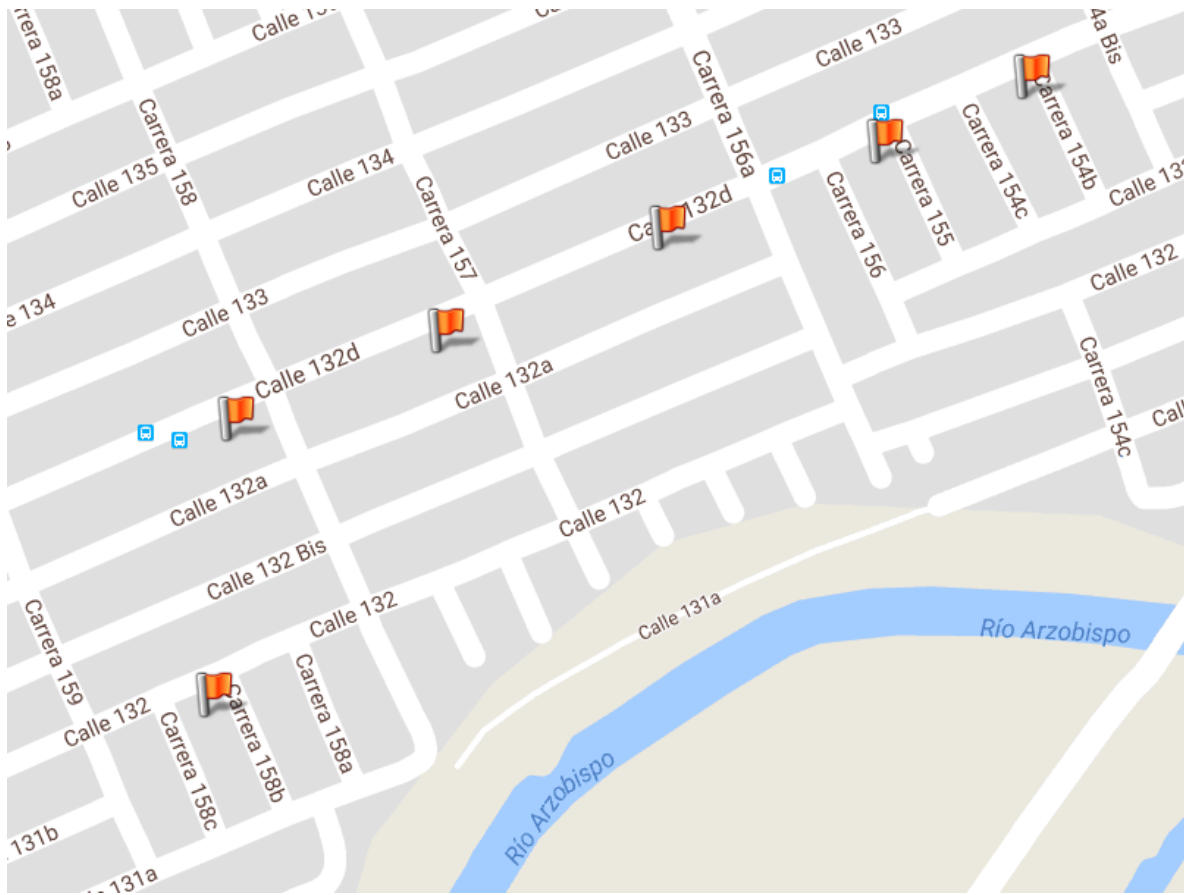


Figura 37 Posición de los AP's (XIRIO, 2018)

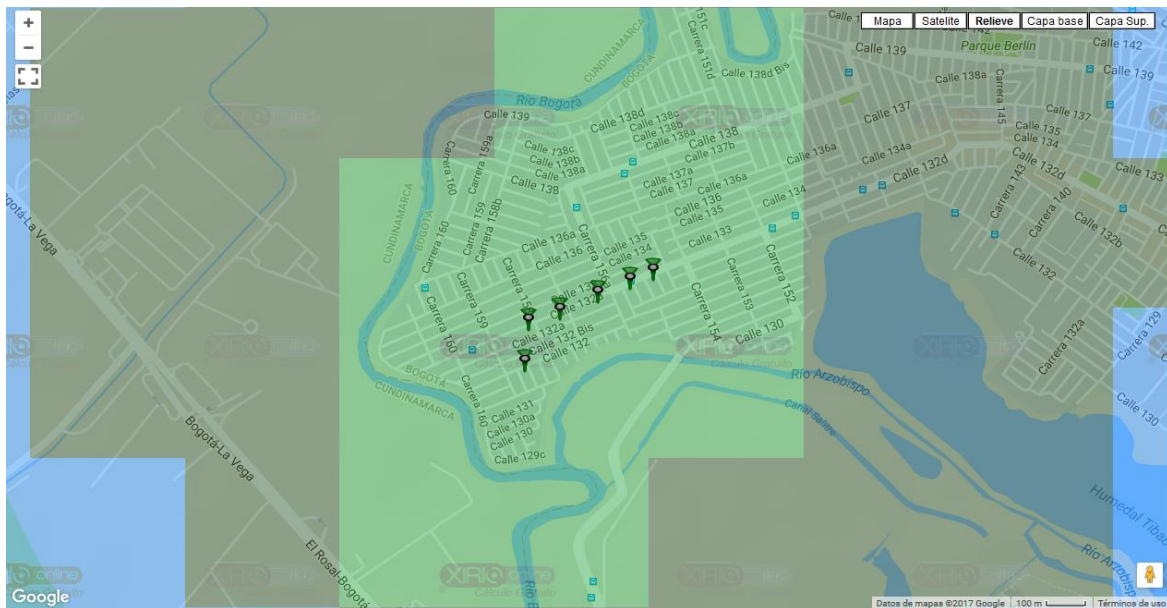


Figura 38 Diagrama señal de cobertura (1) (XIRIO, 2018)

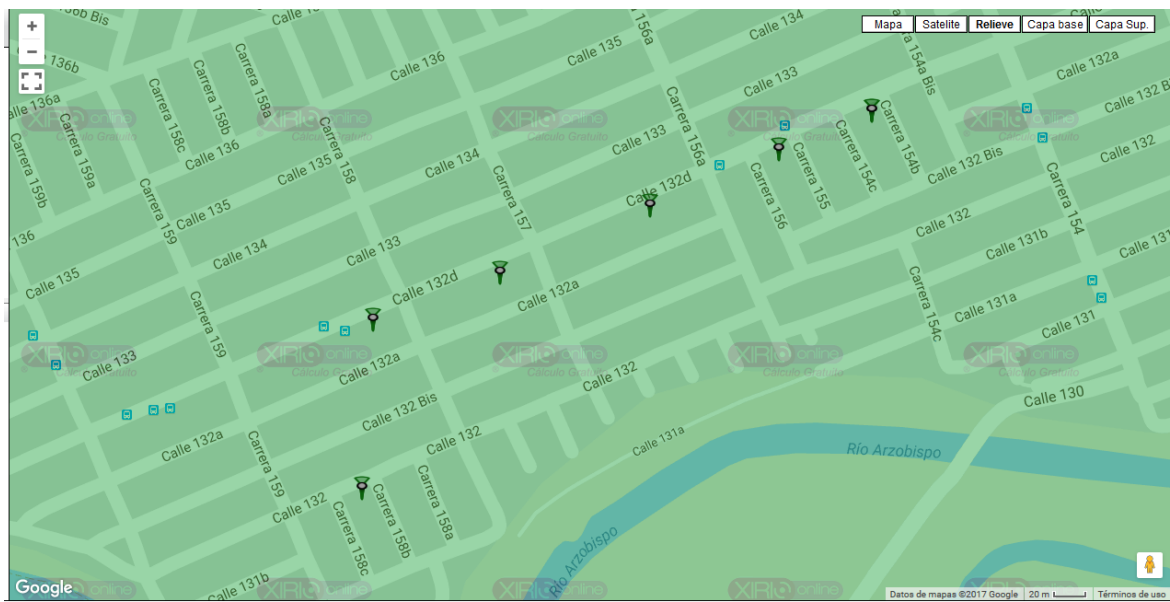


Figura 39 Diagrama señal de cobertura (2). (XIRIO, 2018)

11. ESTUDIO DE MERCADO.

En función del trabajo se presenta un estudio de la factibilidad económica, para el diseño de una red de cámaras de seguridad mediante enlaces inalámbricos en la zona principal de comercio del barrio Santa Cecilia, zona que abarca una distribución de 12 cuadras; en éste se plantea tener dos alternativas de diseño que posteriormente servirán como punto de referencia para realizar su implementación, se hace una evaluación con relación al costo-beneficio para la comunidad. Para ello se realizó un cuadro comparativo evaluando cada uno de los requerimientos de los equipos, tablas con las características técnicas para cada uno de los dispositivos, costo total del proyecto para cada una de las propuestas de diseño y los gastos administrativos que se van a tener en cuenta.

11.1 Análisis de consumidor

El presidente de la junta de acción comunal Edwin Sarmiento entregó al grupo de trabajo del proyecto los aspectos técnicos y la zona de estudios para el desarrollo de los diseños y el estudio técnico, por lo cual, previamente en la junta de acción comunal de Suba habrían realizado una reunión a la postulación del proyecto para tener estos datos estandarizados para el inicio del estudio.

11.2 Caracterización de la entidad.

La Junta de Acción Comunal de Suba, una corporación cívica sin ánimo de lucro, compuesta por vecinos del sector, que incorporan esfuerzos y recursos para procurar la solución de las necesidades más sentidas de la comunidad. Así mismo, es la encargada de representar a la población ante los entes gubernamentales y de buscar el bienestar ciudadano identificando las principales necesidades del sector.

La entidad objeto de estudio muestra la necesidad de tener una herramienta tecnológica que apoye a la fuerza pública y optimice la seguridad en el sector.

11.3. Proveedores equipos.

Para la selección de proveedores que suministren los equipos requeridos por el diseño, se establecen un mínimo de requerimientos a cumplir por éstos, los cuales fueron retroalimentados por la comunidad. Los equipos establecidos en el diseño son cámaras, NVR, equipos de red y otros equipos requeridos para la implementación.

Dando cumplimiento a lo anterior, se buscaron inicialmente posibles proveedores de equipos teniendo en cuenta lo siguiente:

- A. Elaborar los aspectos técnicos y económicos de la propuesta, verificando la integridad y coherencia de los ofrecimientos.
- B. Será obligación del cotizante, conocer todas y cada una de las responsabilidades y compromisos que conlleva la presentación de la cotización en relación con su objeto.
- C. Las empresas deben estudiar minuciosamente toda la información suministrada y analizar las circunstancias que inciden en el cumplimiento de obligaciones, costos y plazo de ejecución.
- D. De manera general, se recomienda a la empresa en su cotización analizar cuidadosamente los datos suministrados y las condiciones de ejecución.
- E. Revisar la garantía de seriedad de la cotización.
- F. El presente estudio servirá para la elaboración de la licitación para la implementación que garantice la debida diligencia y la tasación de todos y cada uno de los factores que inciden en la cuantificación del Proyecto.

11.3.1 Proveedores de cámaras.

La tabla 16 muestra un cuadro comparativo de las cámaras según su referencia y marca. Se tomaron en cuenta los requerimientos técnicos dados por el presidente de la junta de acción comunal.

Tabla 16 Proveedores de cámaras. (proyecto c. i., 2017)

Marca	Referencia	Resolución = 2 MPx	Alcance = 20x ó 100m	FPS = 30	Tipo PTZ	Compresión = H.264-MJPEG
HIKVISION	DS-2DE5220IW-AE	✓	✓	✓	✓	✓
PELCO	IME329-1ES	✓	✗	✓	✗	✓
PELCO	IME229-1RS	✓	✗	✓	✗	✓
PELCO	Spectra Enhanced	✓	✓	✓	✓	✓
PELCO	Spectra Professional	✓	✓	✓	✓	✓
BOSCH	AUTODOME IP 5000 HD	✓	✓	✓	✓	✓
BOSCH	Cámara AUTODOME Junior HD PTZ	✓	✗	✓	✓	✓
BOSCH	AUTODOME IP dynamic 7000 HD	✓	✓	✓	✓	✓
BOSCH	AUTODOME IP starlight 7000 HD	✓	✓	✓	✓	✓
HONEYWELL	HDZ302LIW	✓	✓	✓	✓	✓
HONEYWELL	HDZ230LIK	✓	✓	✓	✓	✓

De acuerdo a los parámetros establecidos por la junta de acción comunal (JAC) se establecen unas características específicas, como se puede apreciar en la tabla 16, teniendo en cuenta que se cumple a cabalidad las exigencias establecidas por el presidente de la JAC. Según GVS, distribuidor mayorista de sistemas de seguridad se tuvo en consideración una serie de proveedores de soluciones y productos de video vigilancia los cuales se ven plasmados en la tabla 16. Además, se realizó una investigación a profundidad de cada uno de los proveedores en el mercado local realizando cotizaciones donde se llegó al consenso que el proveedor que actualmente cuenta con el portafolio de productos y soluciones más extenso en la industria del país es HIKVISION.

11.3.2 Gráfica de costo de cámaras.

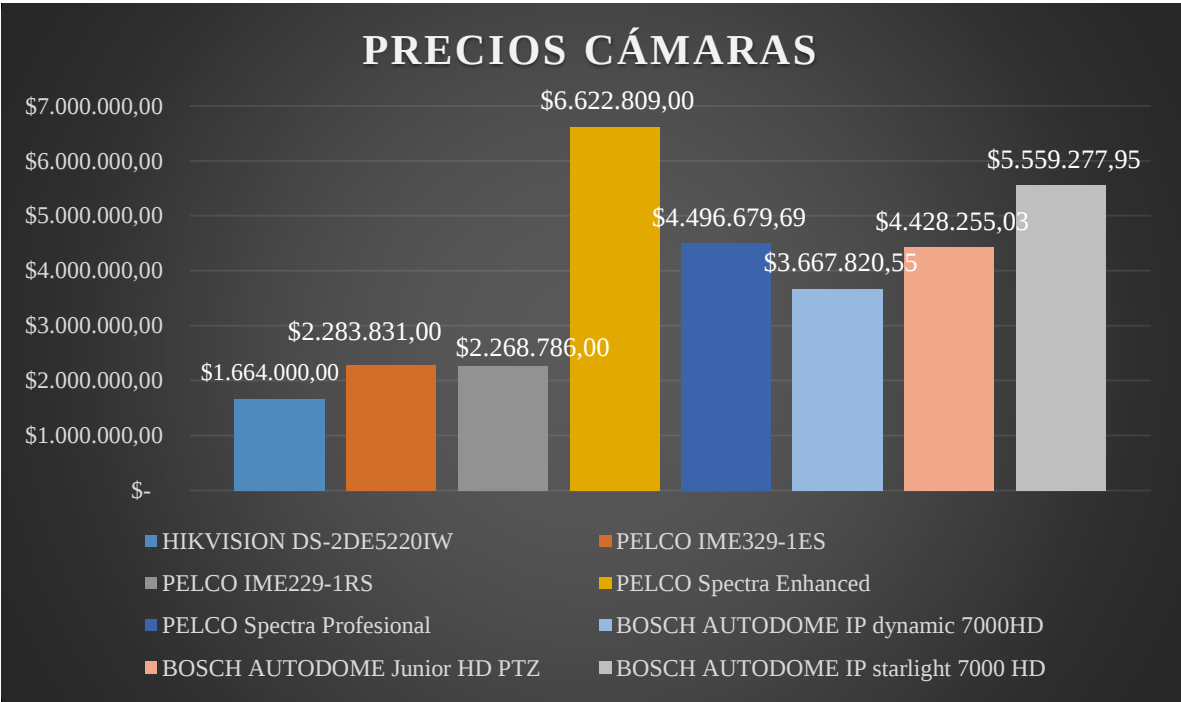


Figura 40 Precio de cámaras por referencia (Avella, Gráfica precio de cámaras, 2017)

La Figura 39 contiene el precio de cada una de las cámaras que se tuvieron en consideración para realizar el diseño.

11.3.3 Marcas.

11.3.3.1 HIKVISION.

Tabla 17 Características técnicas cámara de marca Hikvision (Avella, Tabla con las características técnicas cámara de marca Hikvision, 2017)

REFERENCIA	DS-2DE5220IW-AE
RESOLUCION	2 MPx
ALCANCE	20x
FPS	30
TIPO	PTZ
COMPRESION	H.264 -MJPEG

La cámara DS-2DE5220IW-AE se ajusta a los requerimientos técnicos proporcionados en el diseño. Antes de comprar se tienen que discriminar diferentes aspectos, uno de ellos es la facilidad de compra en el mercado local, su precio se ajusta a la capacidad económica con la que cuenta la junta de acción comunal.

11.3.3.2 PELCO

Tabla 18 Características técnicas cámaras marca Pelco (Avella, Tabla con las características técnicas cámaras marca Pelco, 2017)

REFERENCIA	IME329-1ES	IME229-1RS	Spectra Enhanced	Spectra Professional
RESOLUCIÓN	3 MPx	3 MPx	2 MPx	2 MPx
ALCANCE	>30 m	>30 m	20X - 30 X	20 X
FPS	30(WDR) - 60	30(WDR) - 60	60	30
TIPO	Domo	Domo	PTZ	PTZ
COMPRESION	H.264 - MJPEG	H.264 - MJPEG	H.264 - MJPEG	H.264 - MJPEG

Las cámaras de Pelco IME329-1ES, IME229-1RS no cumplen con las características técnicas que se buscan en el diseño, mientras que las cámaras Spectra Enhanced y Spectra Professional cumplen con todos los requerimientos técnicos pero dichas referencias no se tuvieron en cuenta en el diseño debido a sus elevados precios.

11.3.3.3 BOSCH.

Tabla 19 Características técnicas cámaras marca Bosch (Avella, Tabla con las características técnicas cámaras marca Bosch, 2017)

REFERENCIA	AUTODOME IP 5000 HD	Cámara AUTODOME Junior HD PTZ	AUTODOME IP dynamic 7000 HD	AUTODOME IP starlight 7000 HD
RESOLUCIÓN	2,48MPx	2,1 MPx	2,38 MPx	2,13 MPx
ALCANCE	190 m	10X OPTICO - 16X	30X	30X
FPS	30	30 - 60	25 - 60	30-60
TIPO	Domo/PTZ	Domo/PTZ	Domo/PTZ	Domo/PTZ
COMPRESION	H.264 (ISO/IEC 14496-10) M-JPEG	H.264 (ISO/IEC 14496-10) M-JPEG	H.264 (ISO/IEC 14496-10), M-JPEG, JPEG	H.264 (ISO/IEC 14496-10), M-JPEG, JPEG

Las cámaras de Bosch AUTODOME IP 5000 HD, AUTODOME Junior HD PTZ, AUTODOME IP Dynamic 7000 HD y AUTODOME IP starlight 7000 HD cumplen con las características técnicas que se buscan en el diseño, dichas referencias no se tuvieron en cuenta en el diseño debido a sus elevados precios y el difícil acceso en el mercado local.

11.3.3.4 HONEYWELL

A pesar de encontrarse Honeywell Colombia, no se logró encontrar las referencias seleccionadas por el tipo de proyecto a nivel de mercado local.

Tabla 20 Características técnicas cámaras marca Honeywell. (Avella, Tabla con las características técnicas cámaras marca Honeywell., 2017)

REFERENCIA	HDZ302LIW	HDZ230LIK
RESOLUCIÓN	2 MPx	2 MPx
ALCANCE	150 m	200 m
FPS	25 - 30	25 – 30
TIPO	PTZ	PTZ
COMPRESION	H.264 - MJPEG	H.264 - MJPEG

Las cámaras de Honeywell HDZ302LIW y HDZ230LIK cumplen con las características técnicas que se buscan en el diseño, dichas referencias no se tuvieron en cuenta en el diseño debido a que es de difícil acceso en el mercado local.

11.4 Proveedores NVR (Network Video Recorder).

11.4.1 Cuadro comparativo NVR.

La siguiente tabla muestra un cuadro comparativo de los NVR según su referencia y marca, se tomaron en cuenta los requerimientos técnicos para cumplir con los alcances propuestos en el proyecto.

Tabla 21 Cuadro comparativo proveedores de NVR. (Avella, Cuadro comparativo proveedores de NVR, 2017).

MARCA	REFERENCIA	RESOLUCION=2M Px	ALMACENAMIENT O= 6TB	# CANALES= 32	TIPO= NVR	BW MÍNIMO=160 Mps
HIKVISION	DS-7732NI-E4	✓	✓	✓	✓	✓
PELCO	NVR5100	✓	✓	✓	✓	✓
PELCO	VideoXpert™ Software Distributions	✓	✓	✓	x	✓
BOSCH	DIVAR network 5000 recorder	✓	✓	✓	✓	✓
BOSCH	DIVAR IP 3000	✓	✓	✓	✓	✓
BOSCH	Grabador DIVAR network 3000	✓	✓	✓	✓	✓
HONEYWELL	PERFORMANCE SERIES IP NVR	✓	✓	x	✓	✓
HONEYWELL	MAXPRO NVR PE	x	✓	x	✓	✓
PANASONIC	WJND400	x	x	✓	✓	✓

11.4.2 Gráfica de costo NVR.

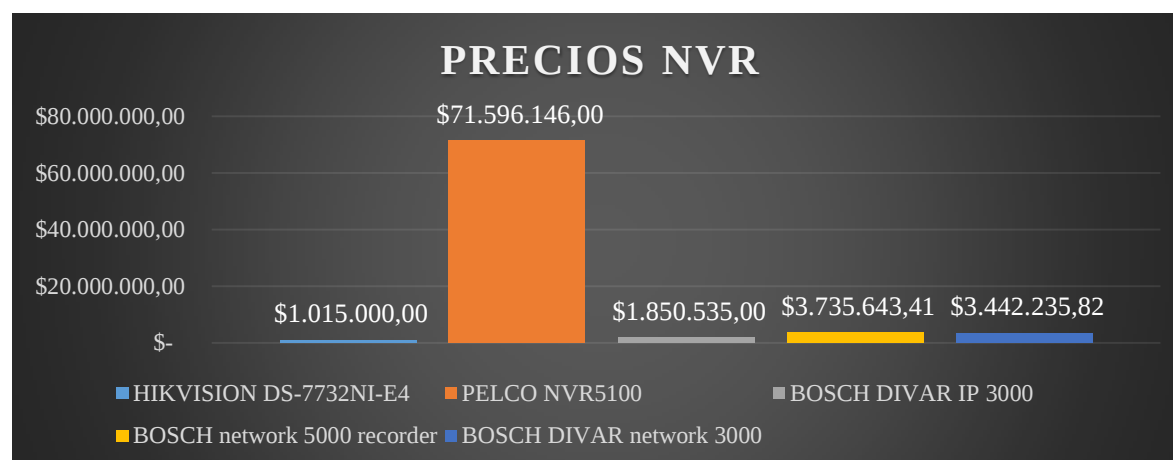


Figura 41 Precio NVR según su referencia. (Avella, Gráfica precio NVRs, 2017)

11.4.3 Marcas NVR.

11.4.3.1 HIKVISION

Tabla 22 Características técnicas NVR marca Hikvision. (Avella, Tabla con las características técnicas NVR marca Hikvision., 2017).

REFERENCIA	DS-7732NI-E4	
RESOLUCION	6 MPx	
ALMACENAMIENTO	6 TB	
N.CANALES	32	
TIPO	NVR	
BW MAXIMO	160 Mbps	

La referencia DS-7732NI-E4 se ajusta a los requerimientos técnicos proporcionados en el diseño, antes de comprar se tienen que discriminar diferentes aspectos, uno de ellos es la facilidad de compra en el mercado local, como también su precio se ajusta a la capacidad económica con la que cuenta la junta de acción comunal.

11.4.3.2 PELCO

Tabla 23 Características técnicas NVRs marca Pelco. (Avella, Tabla con las características técnicas NVRs marca Pelco., 2017)

REFERENCIA	NVR5100	VideoXpert™ Software Distributions
RESOLUCION	4 CIF	3840 x 2160 at 60 hz
ALMACENAMIENTO	4,76 TB(VIDEO)-6 TB(INTERNO)	48 TB
N.CANALES	24 - 48	100
TIPO	NVR	VMS
COMPRESION	MPEG-4	MPEG-4

Las referencias de Pelco NVR5100 cumplen con las características técnicas que se buscan en el diseño, pero dicha referencia no se ajusta al presupuesto de la junta de acción comunal.

11.4.3.3 BOSCH

Tabla 24 Características técnicas NVRs marca Bosch. (Avella, tabla con las características técnicas NVRs marca Bosch., 2017)

REFERENCIA	DIVAR network 5000 recorder	DIVAR IP 3000	Grabador DIVAR network 3000
RESOLUCION	1MPx - 12 MPx	3 MPx-5MPx	1MPx - 12 MPx
ALMACENAMIENTO	6 TB	8 TB	6 TB
N.CANALES	32	32	32
TIPO	NVR	NVR	NVR
BW MAXIMO	320 Mbps	120 Mbps	320 Mbps

Las referencias de BOSCH DIVAR network 5000 recorder, DIVAR IP 3000 Y Grabador DIVAR Network 3000 cumplen con las características técnicas que se buscan en el diseño, pero dicha referencia no se ajusta al presupuesto de la junta de acción comunal.

11.4.3.4 HONEYWELL

Tabla 25 Características técnicas NVRs marca Honeywell. (Avella, Tabla con las características técnicas NVRs marca Honeywell., 2017)

REFERENCIA	PERFORMANCE SERIES IP NVR	MAXPRO NVR PE
RESOLUCION	1080 - 3MPX - 5MPX	1080
ALMACENAMIENTO	12 TB	4 - 48 TB
N.CANALES	16	8 -16 -24
TIPO	NVR	NVR
COMPRESION	MPEG-4	MPEG-4 H.264 H.265

Los NVRs de Honeywell PERFORMANCE SERIES IP NVR y MAXPRO NVR PE cumplen con las características técnicas que se buscan en el diseño, dichas referencias no se tuvieron en cuenta en el diseño debido a que es de difícil acceso en el mercado local.

11.4.3.5 PANASONIC

Tabla 26 Características técnicas NVR Panasonic. (Avella, Tabla con las características técnicas NVR Panasonic., 2017)

REFERENCIA	WJND400
RESOLUCION	1280 X 960
ALMACENAMIENTO	4.5 TB
N.CANALES	64
TIPO	NVR
BW MAXIMO	200 Mbps

La referencia PANASONIC WJND400 se ajusta a los requerimientos técnicos proporcionados en el diseño, aunque no se tuvo en cuenta debido a su difícil acceso en el mercado local.

11.5 Video Wall.

Tabla 27 Características técnicas VIDEO WALL marca Panasonic. (Avella, Tabla con las características técnicas VIDEO WALL marca Panasonic., 2017)

REFERENCIA	Hd un49mu6100kxzl
RESOLUCION	4K UHD
TAMAÑO DE PANTALLA	49"
WIFI	SI
HDMI	2
Valor	1.927.800

11.6 Antenas.

11.6.1 Ubiquiti

Tabla 28 Características técnicas antenas marca Ubiquiti (Avella, Tabla con las características técnicas antenas marca Ubiquiti, 2017)

REFERENCIA	AMO-5G10	Nanostation loco M5	R5AC-Lite
DIMENSIONES	582 X 90 X 65	161 x 31 x 80 mm	162 x 84 x 37 mm
PESO	0.68 kg	180 g (6.35 oz)	250 g (8.81 oz)
RANGO DE FRECUENCIAS	5.45 - 5.85 GHz	5170-5875 MHz	5150 - 5875 MHz
GANANCIA	10 dBi	13dBi	
Valor	\$440.000	\$250000	\$814.000

Se tuvo en cuenta Ubiquiti como uno de los proveedores de antenas debido a que proporciona una variedad de productos de redes inalámbricas, también por el fácil acceso a los productos en el país y el soporte que suministra la compañía.

11.6.2 Ruckus

Tabla 29 Características técnicas antenas marca Ruckus. (Avella, Tabla con las características técnicas antenas marca Ruckus., 2017)

REFERENCIA	901-T710-US01	901-T710-US51
DIMENSIONES	31,7 cm (L), 24,1 cm (A), 9,5 cm (H)	31,7 cm (L), 24,1 cm (A), 9,5 cm (H)
PESO	3.25 kg	3.25 kg
RANGO DE FRECUENCIAS	2.4 GHz/5 GHz	2.4 GHz/5 GHz
GANANCIA	3 dBi	3 dBi
Valor	5'329.955	5'431.277

11.7 Costos y Gastos.

Las siguientes tablas muestran el presupuesto total del proyecto a nivel de infraestructura, considerando el costo de los equipos que se necesitan para el diseño. En éste caso se tomará el precio por unidad de los equipos, el precio total por referencia de equipo y el costo total del proyecto debido a los distintos diseños.

11.7.1 Costos primera propuesta de diseño.

11.7.1.1 Costos con equipos marca Ruckus.

Tabla 30 Costo total de equipos para el proyecto utilizando dispositivos marca Ruckus. (Avella, Tabla con el costo total de equipos para la primera propuesta de diseño utilizando dispositivos marca Ruckus., 2017)

ITEM	DESCRIPCIÓN	Cantidad	Valor/Unidad	Total
1	Antenas como AP 901-T710-XX51	12	5.431.277	\$ 65.175.324,00
2	Antena como BTS 901-T710-XX01	1	5.329.955	\$ 5.329.955,00
3	Cámaras	14	1.664.000	\$ 23.296.000,00
4	UTP categoria 6	GL	160.000	\$ 160.000,00
5	Conectores RJ45	GL	99.000	\$ 99.000,00
6	Switch Cisco SG300-10MPP / L3 10 puertos	1	1.300.000	\$ 1.300.000,00
7	UTM ISA550 CISCO	1	1.966.652	\$ 1.966.652,31
8	TV 50"	1	1.927.800	\$ 1.927.800,00
9	Controlador PTZ HIKVISION DS1005KI	1	839.000	\$ 839.000,00
10	Unidad Back-UPS Pro 1500	1	739.000	\$ 739.000,00
11	NVR HIK VISION	1	1.015.000	\$ 1.015.000,00
12	PoE	12	52.900	\$ 634.800,00
13	Brazo metálico y accesorios de instalacion.	12	58.000	\$ 696.000,00
			Total proyecto	\$ 103.178.531,31

En la tabla 30 se muestra el costo total del proyecto, considerando el costo de los equipos que se necesitan para el diseño. Se tendrá en cuenta el precio por unidad de los equipos, el precio total por referencia de equipo y el costo del proyecto según la primera propuesta de diseño.

11.7.1.2 Ubiquiti

Tabla 31 Costo total de equipos para el proyecto utilizando dispositivos marca Ubiquiti. (Avella, Tabla con el costo total de equipos para la primera propuesta de diseño utilizando dispositivos marca Ubiquiti, 2017)

ITEM	Descripción	Cantidad	Valor/unidad	Total
1	Nanostation Loco M	12	250.000	\$ 3.000.000,00
2	Antena omnidireccional AMO-5G10	1	440.000	\$ 440.000,00
3	TX rocket	1	814.000	\$ 814.000,00
4	Cámaras	14	1.664.000	\$ 23.296.000,00
5	UTP categoría 6	150		\$ 160.000,00
6	Conectores RJ45	56		\$ 99.000,00
7	Switch Cisco SG300-10MPP / L3 10 puertos	1	1.300.000	\$ 1.300.000,00
8	UTM ISA550 CISCO	1	1.966.652	\$ 1.966.652,31
9	TV 50"	1	1.927.800	\$ 1.927.800,00
10	Controlador PTZ HIKVISION DS1005KI	1	839.000	\$ 839.000,00
11	Unidad Back-UPS Pro 1500	1	739.000	\$ 739.000,00
12	NVR HIK VISION	1	1.015.000	\$ 1.015.000,00
13	PoE	12	52.900	\$ 634.800,00
13	Brazo metálico y accesorios de instalacion.	12	58.000	\$ 696.000,00
Costo total Proyecto				\$ 36.927.252,31

En la tabla 31 muestra el costo total del proyecto, considerando el costo de los equipos que se necesitan para el diseño. Se tendrá en cuenta el precio por unidad de los equipos, el precio total por referencia de equipo y el costo del proyecto según la primera propuesta de diseño.

11.7.2 Costos segunda propuesta de diseño.

11.7.2.1 Costos con equipos marca Ruckus.

Tabla 32 Costo total de equipos para el proyecto utilizando dispositivos marca Ruckus. (Avella, Tabla con el costo total de equipos para la segunda propuesta de diseño utilizando dispositivos marca Ruckus., 2017)

ITEM	DESCRIPCION	Unidades	Valor/Unidad	Total
1	AP RUCKUS 901-T301-XX51	6	2.642.000	\$ 15.852.000,00
2	Nanostation Loco M	12	250.000	\$ 3.000.000,00
3	Cámaras	14	1.664.000	\$ 23.296.000,00
4	UTP categoría 6	150m		\$ 160.000,00
5	Conectores RJ45	56		\$ 99.000,00
5	Switch Cisco SG300-10MPP / L3 10 puertos	1	1.300.000	\$ 1.300.000,00
6	UTM ISA550 CISCO	1	1.966.652	\$ 1.966.652,31
7	TV 50"	1	1.927.800	\$ 1.927.800,00
8	Controlador PTZ HIKVISION DS1005KI	1	839.000	\$ 839.000,00
9	Unidad Back-UPS Pro 1500	1	739.000	\$ 739.000,00
10	NVR HIK VISION	1	1.015.000	\$ 1.015.000,00
11	PoE	12	52.900	\$ 634.800,00
13	Brazo metálico y accesorios de instalacion.	12	58.000	\$ 696.000,00
	Costo Total del Proyecto			\$ 51.525.252,31

En la tabla 32 se muestra el costo total del proyecto, considerando el costo de los equipos que se necesitan para el diseño. En éste caso se tomarán el precio por unidad de los equipos, el precio total por referencia de equipo y el costo del proyecto según la segunda propuesta de diseño.

11.8 Costo total.

11.8.1 Costo de instalación.

En los siguientes cuadros se observa el costo de instalación de cada punto de vigilancia, además se podrá observar el costo total para la instalación de todo el proyecto para cada una de las propuestas de diseño.

Tabla 33 Costo por punto de instalación para la primera propuesta de diseño. (Avella, Tabla con el costo por punto de instalación para la primera propuesta de diseño., 2017)

Instalación por punto de antena	Puntos	Costo de instalación
\$ 105.000,00	12	\$ 1.260.000,00

Tabla 34 Costo por punto para la segunda propuesta de diseño. (Avella, Tabla con el costo por punto para la segunda propuesta de diseño., 2017)

Instalación por punto de antena	Puntos	Costo de instalación
\$ 105.000,00	18	\$ 1.890.000,00

11.7.2 Costo total del proyecto.

A continuación, podremos ver el costo total del proyecto teniendo en cuenta tanto los costos de los equipos necesarios y los costos de instalación de cada punto de antena.

Tabla 35 Costo total para la primera propuesta de diseño utilizando equipos Ruckus. (Avella, Tabla con el costo total para la primera propuesta de diseño utilizando equipos Ruckus., 2017)

Costo de equipos	\$103.178.531,31
Costo de instalación	\$1.260.000,00
COSTO TOTAL	\$104.438.531,31

Tabla 36 Costo total para la primera propuesta de diseño utilizando equipos Ubiquiti. (Avella, Tabla con el costo total para la primera propuesta de diseño utilizando equipos Ubiquiti., 2017)

Costo de equipos	\$36.927.252,31
Costo de instalación	\$1.260.000,00
COSTO TOTAL	\$38.187.252,31

Tabla 37 Costo total para la segunda propuesta de diseño. (Avella, Tabla con el Costo total para la segunda propuesta de diseño, 2017)

Costo de equipos	\$51.525.252,31
Costo de instalación	\$1.890.000,00
COSTO TOTAL	\$53.415.252,31

11.8.3 Gastos administrativos

11.8.3.1. Gastos Variables.

De acuerdo a la información brindada por el presidente de la junta de acción comunal, el salón comunal cuenta con una tarifa especial en los costos de los servicios públicos, y teniendo en cuenta que el salón comunal va tener equipos conectados las 24 horas, se estimó un valor entre los \$100.000 pesos y los \$120.000 pesos mensuales como gastos de luz.

11.8.3.2 Gastos Fijos.

El presidente de la junta de acción comunal del barrio Santa Cecilia tiene presupuestado realizar el contrato por prestación de servicios a tres personas capacitadas para el manejo de los equipos y la vigilancia del sector con horarios rotativos de 8 horas cada uno. Y tendrían un salario mensual de un millón de pesos (\$1'000.000.), cada uno. Para un total de gastos fijos de tres millones de pesos mensuales por concepto de personal.

12. MATRIZ DOFA

Durante el desarrollo del proyecto y el estudio de viabilidad técnica y económica se identificaron las diferentes variables por las cuales el estudio pueda ser viable o no, registradas en la siguiente matriz DOFA.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Apoyo de la comunidad para la implementación de la red de cámaras de seguridad. Ofrecer una herramienta basada en las TIC's para apoyar la labor de la fuerza pública en la zona, esto con el fin de mejorar los índices de seguridad. Equipos manejan banda de 5G donde hay menos interferencias. El estándar IEEE.802.11ac presenta ventajas sobre los demás estándares y tecnologías inalámbricas.	Posibilidad para ampliar el proyecto a los barrios aledaños, y así mismo a otros barrios de la localidad o de la ciudad. Oportunidad de alianza con la fuerza pública para trabajar en conjunto por la seguridad del barrio. Descuento en el precio de los equipos al comprar al proveedor varios equipos. Alianza con proveedores de internet para poder hacer gestión de la red a larga distancia.
DEBILIDADES	AMENAZAS
Costo de los equipos necesarios para llevar a cabo el proyecto, ya que es un barrio en condición de desigualdad y los fondos para estos proyectos son bajos. Riesgo al hurto de los equipos, ya sean cámaras o Access Points, debido al alto índice de inseguridad en la zona.	Posibles ataques a la red de cámaras planeados por bandas criminales. Uso de la tecnología alámbrica debido a que tiene un menor costo en los equipos. Intento de ataques virtuales a la red.

Siendo identificadas los componentes de la matriz DOFA se plantean la comparación entre las mismas y se crean las estrategias para tener un concepto en la viabilidad del estudio.

	FORTALEZA	DEBILIDADES
OPORTUNIDADES	Aprovechar el apoyo de la comunidad para ampliar la cobertura de red en el barrio Santa Cecilia y lograr alianzas con la junta de acción comunal de barrios aledaños. Obtener los mejores equipos que comprendan el estándar IEEE.802.11ac a bajos precios por cantidad de equipos a adquirir. Presentar a la fuerza pública el estudio realizando demostrando que haciendo uso de las TIC'S se puede mejorar los índices de seguridad.	Buscar en los proveedores de los equipos ofertas en los precios al realizar compras por una cantidad determinada. Contar con la supervisión de la comunidad como de la fuerza pública para que los equipos que conforman la red no sean afectados por el hurto y demás índices de inseguridad.
AMENAZAS	Elegir los equipos de red que trabajen con estándar IEEE.802.11ac y la frecuencia correcta para una mayor eficiencia en la red a precios aceptables bajo el presupuesto de la junta de acción comunal Dada la conexión a internet hacer uso del dispositivo de seguridad propuesto en los diseños para evitar ataques cibernéticos a la red.	Ubicar los equipos en puntos estratégicos donde sean inalcanzables por las bandas criminales del sector. Buscar alianzas con los proveedores de equipos para reducir los costos y tener tecnología de calidad expresada en el estudio.

13. PRUEBA PILOTO.

En la realización de la prueba piloto se emplearon dispositivos que fueron aportados por el almacén de laboratorio de ingeniería (ETM) de la Universidad Santo Tomás y por los estudiantes encargados del desarrollo del proyecto, los dispositivos empleados fueron:

- Antenas: TRAZEO – Wireless broadband client TR-SL5-16F
- Cámara IP: WanScam HD 720p
- Ordenador: Lenovo ideapad 510
- Cable UTP categoría 6
- Adaptadores PoE
- Software: Wanscam manager

Se realizaron diferentes pruebas donde se verificó la conexión entre las dos antenas, también se verificó el comportamiento del tráfico en Uplink y Downlink para que no tuviera ningún inconveniente por la cantidad de información que se está manejando, en total se establecieron tres pruebas, donde se vieron involucrados el salón comunal del barrio Santa Cecilia, un punto de comercio local y una residencia familiar a unas alturas de 6 metros aproximadamente.

Se debe tener en cuenta que los equipos TRANZEO en sus características técnicas trabajan con el estándar IEEE802.11a en el orden de frecuencias de los 5 GHz y con potencias de hasta 30 dBm. Es importante saber estos datos ya que los diseños que se plantearon fueron simulados con equipos que manejaran estándar IEEE.802.11ac, frecuencia en el orden de los 5 GHz y potencias de hasta 30 dBm y función de antena inteligente para el buen uso del ancho de banda de los canales. Y se espera que tengan mejor desempeño que los equipos aplicados en la prueba piloto.

Como una pre-prueba, en la universidad Santo Tomás en el edificio de arcos se verifico el estado de los equipos y se simularon varios enlaces a diferentes distancias y alturas, dado que los equipos funcionaron correctamente y la simulación de los enlaces fueron exitosos se llevó a cabo las etapas de desarrollo de la prueba piloto a en el barrio Santa Cecilia de la localidad de Suba.

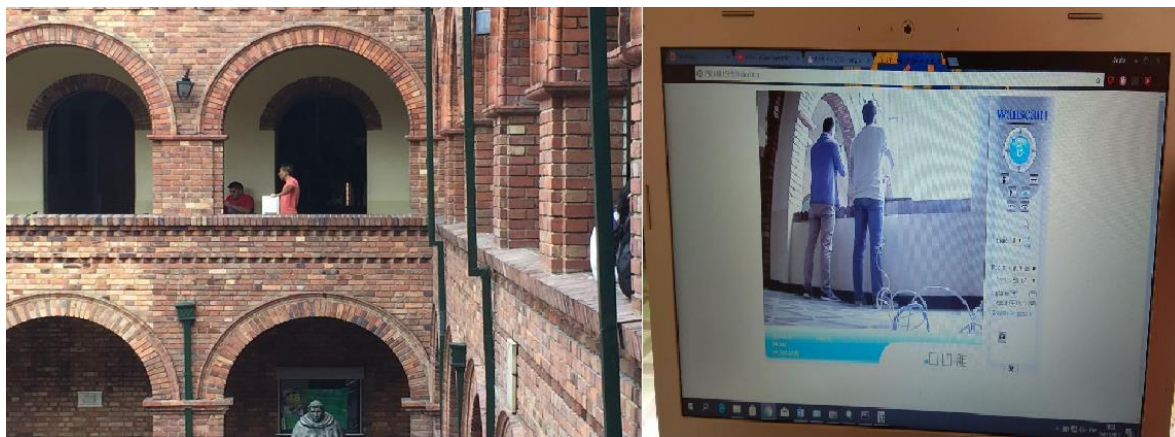


Figura 42 Pre-prueba en la universidad Santo Tomas. (proyecto c. i., 2017)

El desarrollo de la prueba piloto fue manejado por etapas, la primera etapa se llevó a cabo en el salón comunal del barrio Santa Cecilia donde se estableció conexión entre las antenas TRANZEO y se asignó el direccionamiento de la red, se comprobó la conexión de la red haciendo envío de paquetes ping entre dos ordenadores, luego de ello se conectó la cámara IP a la red para que iniciara el envío de paquetes de streaming en vivo al ordenador donde se controló el movimiento y la toma de imágenes de la cámara por medio del software WanScam manager.



Figura 43 Pruebas en el salón comunal del barrio Santa Cecilia. (proyecto c. i., 2017)

Luego de configurar las antenas, la cámara y el software gestor, en la segunda etapa de la prueba piloto se estableció conexión desde el salón comunal hacia el punto de comercio local a una distancia de 51 m aproximadamente, a una altura de 6 m en un punto y 1 m en la otra ubicación. En esta parte de la prueba la comunicación tanto en uplink como en downlink no presento inconvenientes, pero si se evidencio un retardo en la transmisión de la información.

Tabla 38 Comparación de niveles de señal teóricos y prácticos. (proyecto i. d., 2018)

Nivel de señal	Propuesta de Diseño 1	Propuesta de Diseño 2	Prueba piloto
UPLINK	-24,78 dBm	-67 dBm (por cobertura)	-43,75 dBm
DOWNLINK	-25,75 dBm	-67 dBm(por cobertura)	-43,75 dBm
Distancia	51 m	51 m	51 m



Figura 44 Segunda etapa de la prueba piloto en el parque central del barrio Santa Cecilia. (Romero, 2018)



Figura 45 Prueba de enlace entre punto de comercio local y salón comunal. (proyecto c. i., 2017)



Figura 46 Prueba de enlace entre punto de comercio local y salón comunal. (proyecto c. i., 2017)



Figura 47 Prueba de enlace entre punto de comercio local y salón comunal. (proyecto c. i., 2017)

Luego de realizar la prueba mencionada en los mismos puntos, pero ubicando la cámara en el punto de comercio local y el ordenador en el salón comunal se realizó el mismo proceso obteniendo los mismos resultados.



Figura 48 Segunda etapa de la prueba piloto. (Romero, 2018)



Figura 49 Prueba de enlace entre salón comunal y punto de comercio local. (proyecto c. i., 2017)

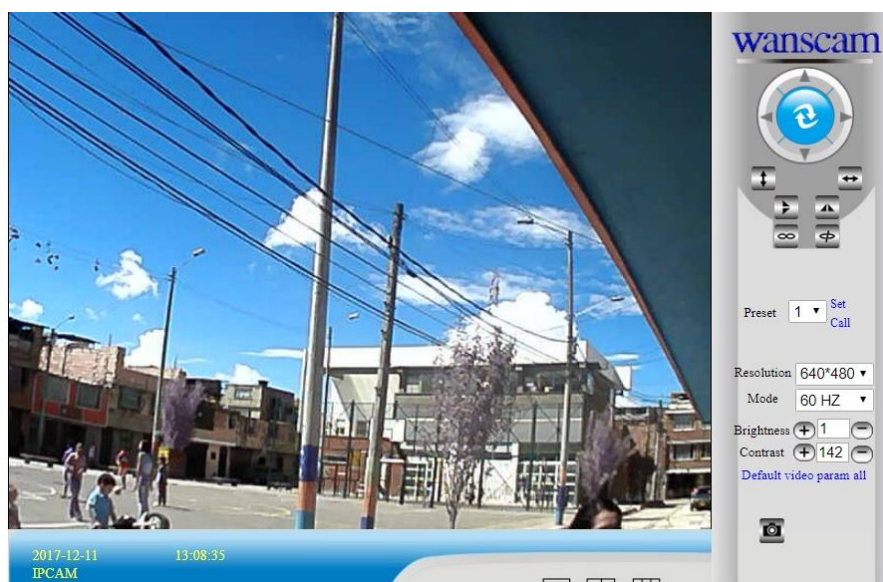


Figura 50 Prueba de enlace entre salón comunal y punto de comercio local. (proyecto c. i., 2017)

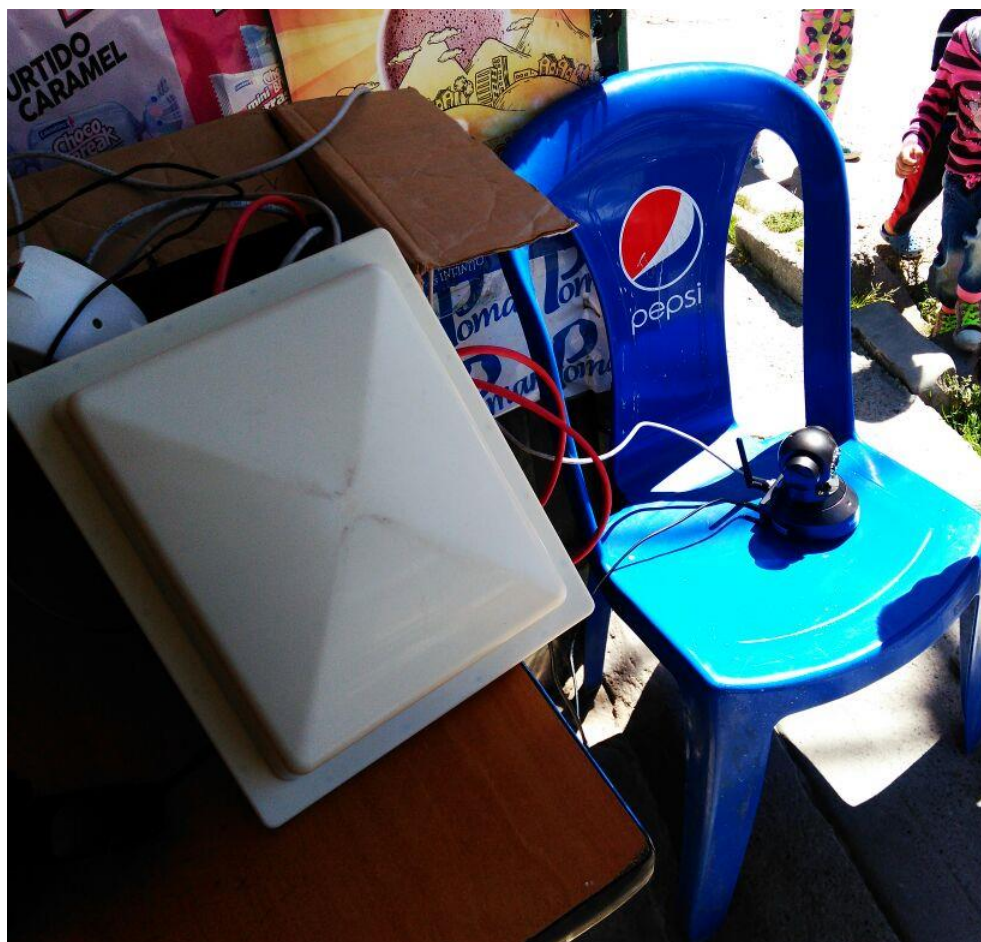


Figura 51 Prueba de enlace entre salón comunal y punto de comercio local. (proyecto c. i., 2017)

En la tercera etapa de la prueba piloto se estableció un enlace entre el salón comunal y una residencia familiar del barrio Santa Cecilia, donde las características topográficas para el análisis del comportamiento del enlace fueron: En ambos puntos alturas de 6 – 7 m aproximadamente y una distancia entre edificaciones de 54 m, el enlace entre los dos equipos inalámbricos comprendía línea de vista y la primera zona de fresnel libre para tener una conexión estable, sin embargo se ubicó uno de los equipos donde la señal tuviera un tipo de obstáculo para ver el comportamiento de la comunicación entre la cámara y el ordenador gestor, los obstáculos considerados fueron muros de residencias cercanas, vidrios de la residencia y del salón comunal y elementos que podrían dificultar la línea de vista del enlace. Como resultado la conexión estuvo siempre estable, el tráfico de información no presento problemas, pero si se evidencio un retardo en la transmisión del video.

Tabla 39 Comparación de niveles de señal teóricos y prácticos con obstáculos. (proyecto i. d., 2018)

Nivel de señal	Propuesta de Diseño 1	Propuesta de Diseño 2	Prueba piloto
UPLINK	-24,78 dBm	-67 dBm (por cobertura)	-72,95 dBm
DOWNLINK	-25,75 dBm	-67 dBm (por cobertura)	-72,95 dBm
Distancia	51 m	51 m	53 m

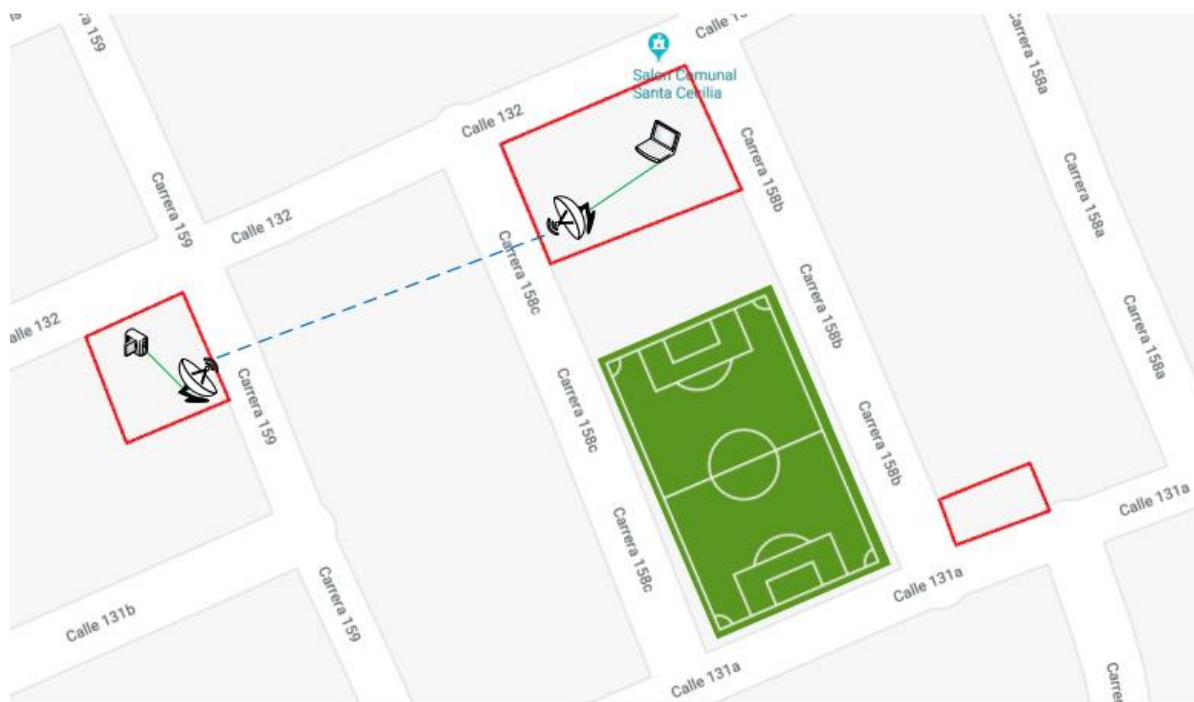


Figura 52 Tercera etapa de la prueba piloto. (Romero, 2018)



Figura 53 Prueba de enlace entre salón comunal y residencia familiar. (proyecto c. i., 2017)



Figura 54 Prueba de enlace entre salón comunal y residencia familiar. (proyecto c. i., 2017)



Figura 55 Prueba de enlace entre salón comunal y residencia familiar. (proyecto c. i., 2017)

CONCLUSIONES.

- Se demuestra que el proyecto a nivel conceptual, operacional y de mercado su viabilidad es positiva en cambio a nivel económico bajo el presupuesto de la junta de acción comunal este no es viable.
- Se espera que el proyecto tenga un impacto social en la comunidad, dada la implementación; donde se podrá evidenciar que por medio de las TIC'S se puede cumplir el propósito de mantener protegida una comunidad, apoyar a la fuerza pública en la labor que realizan por medio de la tecnología y recursos que en la actualidad se van haciendo más necesarios para cumplir estos propósitos.
- A partir de los dos diseños presentados, se eligió la segunda propuesta de diseño por el grupo de trabajo del proyecto, y el presidente de la junta de acción comunal Edwin Sarmiento, siendo la solución óptima entre las dos propuestas presentadas en el estudio tanto en la parte técnica como presupuestal la cual garantiza desde los estudios teóricos y prácticos una conexión estable en la red, confiabilidad de la información recibida, futura escalabilidad de la red, calidad de los equipos técnicos y almacenamiento de la información.
- Al ser la ubicación de las cámaras uno de los puntos más importantes dentro del desarrollo del proyecto, y una vez identificada la topología del terreno, se realizaron varias visitas en donde se evaluaron y definieron los mismo. Las diferentes ubicaciones fueron aprobadas por el presidente de la acción comunal Edwin Sarmiento.
- Para obtener una alta confiabilidad en el funcionamiento de la red inalámbrica, los cálculos desde la parte teórica y las mediciones desde la practica fueron analizados, estudiados y comparados verificando la línea de vista de los enlaces y el área de cobertura de los equipos basados en el concepto del nivel de señal de la sensibilidad.
- Luego de realizar un estudio de todas las posibles empresas proveedoras para CCTV, y empresas especialistas en equipos inalámbricos para la transmisión de video, buscando los dispositivos con las mejores características técnicas y costos, teniendo en cuenta la capacidad económica de la junta de acción comunal del barrio Santa Cecilia, se determinaron las marcas Hikvision, Ruckus y Ubiquiti como las más acertadas para la realización del objetivo del estudio.

PROXIMOS PASOS.

Se propone a la junta de acción comunal del barrio Santa Cecilia de la localidad de Suba (11), los siguientes objetivos a partir de la entrega del estudio de viabilidad técnica y económico a la comunidad, que pueden ser desarrollados en conjunto con la universidad Santo Tomás por medio de la facultad de ingeniería de telecomunicaciones en el área de proyección social.

- Proponer un plan de sostenibilidad de la red.
- Estudiar la posible escalabilidad de la red para un cubrimiento total del barrio.
- Estudiar la posible escalabilidad de la red para un futuro crecimiento hacia los barrios vecinos.
- Buscar alianzas con la red de vigilancia con la red de la policía para hacer más efectiva la función de seguridad en el sector por esta entidad.

BIBLIOGRAFÍA

- 711, A. r. (11 de octubre de 2016). *cnabf.ane*. Obtenido de *cnabf.ane*: http://cnabf.ane.gov.co/cnabf/modulos/pdfs/Resolucion_711_de_2016.pdf
- AXIS. (17 de 06 de 2008). *AXIS COMMUNICATION*. Obtenido de *AXIS COMMUNICATION*: https://www.axis.com/files/whitepaper/wp_h264_31805_es_0804_lo.pdf
- CISCO. (2012-2013). *Dispositivos de seguridad integrada Cisco Small Business de la serie ISA500*. Estados Unidos: CISCO.
- CISCO. (2014). *Switches Cisco de la serie 300 Cisco Small Business*. Estados Unidos: CISCO .
- Cortes, G. A. (2014). *rnds*. Obtenido de *rnds*: <http://www.rnds.com.ar/articulos/065/108w.pdf>
- design, v. s. (2017). *imagen de software*.
- Dorins, J. J. (2012). Analyzing IEEE 802.11n standard: outdoor. *IEEEEXPLORE*, 5.
- F.1401, U.-R. (1999). BANDAS DE FRECUENCIAS PARA LOS SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO. *BANDAS DE FRECUENCIAS PARA LOS SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO*, 7.
- GVS. (2017). *gvscolombua*. Obtenido de <http://www.gvscolombia.com/hikvision-sigue-liderando-como-el-proveedor-no-1-en-soluciones-y-productos-de-video-vigilancia/>
- Hernandez, c. (2017). *imagen de creacion propia*.
- HIKVISION. (2015). *DS-7700NI-E4 SeriesNVR*. Estados Unidos: Hikvision.
- M.Gonzalez. (28 de 08 de 2014). *redestelematicas*. Obtenido de *redestelematicas*: <http://redestelematicas.com/velocidad-de-las-redes-wifi-n-en-entornos-residenciales/>
- Martí, S. M. (2013). *universidad politecnica de valencia*. Obtenido de *universidad politecnica de valencia*: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/34082/memoria.pdf?sequence=1>
- Martí, S. M. (2013). *UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA*. Obtenido de *UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA*: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/34082/memoria.pdf?sequence=1>
- Mende, J. A. (2014). IEEE 802.11ac. <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/80211ac.pdf>, 27.
- Policia Nacional. (2016). *Rendicion de cuentas cuadrante 30*. bogotá, Colombia.
- proyecto, c. i. (2017). *creacion por autores del proyecto de grado*.
- proyecto, i. d. (2018). *tabla de creacion propia*.
- Rekhter, Y. (1996). RFC1918. *RFC*, 9.
- Romero, l. (2018). *Imagen de creación propia*.
- RUCKUS. (2016). *hoja de datos ZONEFLEX710*. Estados Unidos: RUCKUS wireless INC.

sergio.L. (29 de 03 de 2012). *redeszone*. Obtenido de redeszone:
<http://www.redeszone.net/2012/03/29/802-11ac-todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-nuevo-estandar-wi-fi/>

UBIQUITI. (2014-2016). *NanoStationM*. Estados Unidos: Ubiquiti Networks INC.

UBIQUITI. (2014-2016). *RocketAC-Airmax*. Estados Unidos: Ubiquiti Networks.

UIT. (2016). *High efficiency video coding*. UIT-T H.265.

Uncorked, S. (2016). *Security Uncorked*. Obtenido de Security Uncorked:
<https://cioperu.pe/articulo/19727/como-conFigurar-los-canales-wifi-para-un-mejor-rendimiento-de-la/?p=3>

Wni. (16 de 05 de 2012). *Wni*. Obtenido de Wni:
http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=63:80211n&catid=31:general&Itemid=79.

XIRIO. (2018). *creación imagen software XIRIO*.