

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UN
SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA UTILIZANDO WIFI EN EL
ESTANDAR 802.11n PARA LA CIUDAD DE JULIACA”**

TESIS

PRESENTADO POR:

**Guido Edwin Arapa Arapa
Gil Agustín Condori Sucapuca.**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO.

PUNO - PERÚ

<<<2013>>>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UN
 SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA UTILIZANDO WIFI EN EL
 ESTANDAR 802.11n PARA LA CIUDAD DE JULIACA”**

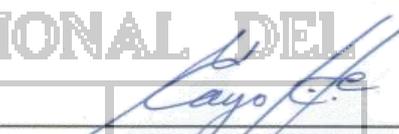
TESIS PRESENTADA POR:

GUIDO EDWIN ARAPA ARAPA
GIL AGUSTÍN CONDORI SUCAPUCA.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO.

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:


 M.Sc. Ing. GUIDO HUMBERTO CAYO CABRERA

PRIMER MIEMBRO:


 Ing. MARCO ANTONIO RAMOS GONZALES

SEGUNDO MIEMBRO:


 Ing. EDWIN WIEBER CHAMBI MAMANI

DIRECTOR DE TESIS:


 Mg. Ing. TEOBALDO RAÚL BASURCO CHAMBILLA

ASESOR DE TESIS:


 Ing. EDDY TORRES MAMANI

ASESOR DE TESIS:


 Ing. LUCIO QUISPE APAZA

PUNO -PERÚ

<<<2013>>>

ÁREA: Telecomunicaciones

TEMA: Aplicaciones en telecomunicaciones

DEDICATORIA

A mis queridos padres: Esteban Condori Quispe y Natividad Sucauca Quispe, por su constante apoyo, que me ayudo a cumplir con esta meta en mi vida profesional.

Gil Agustín.



A mis padres: Jesús y Sabina por su invaluable e infinito apoyo, por el esfuerzo y la dedicación que han puesto en mí, lo cual me ayudo a alcanzar uno de mis objetivos en mi vida profesional.

Guido Edwin.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano, a la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica y Sistemas y en especial a la Escuela profesional de Ingeniería Electrónica, a los docentes, personal administrativo por brindarme durante los años de mi formación académica el apoyo con las bases teóricas y prácticas para el desenvolvimiento en mi vida profesional.

A mis hermanos, amigos y compañeros de trabajo, por confiar y apoyarme de forma incondicional para cumplir mis metas en el ámbito personal y profesional.

Gil Agustín.

A Dios por su infinito amor y compañía constante en cada paso hacia la obtención de mis metas y por brindarme el soplo de vida para no desmayar ante los tropiezos de la vida.

A la Universidad Nacional del Altiplano, y en especial a la Escuela profesional de Ingeniería Electrónica que me permitió adquirir una excelente educación. A los docentes por su inagotable paciencia para con nosotros.

A mis padres y a mis hermanos por apoyarme en todo momento para la culminación de la carrera y la elaboración de este proyecto.

A mis amigos Agustín y Marcelino por el apoyo incondicional en la realización del presente proyecto.

Guido Edwin.

INDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
INDICE	5
INDICE DE TABLAS	8
INDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
INTRODUCCION	11
CAPITULO I	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION	17
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	18
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
CAPITULO II	20
MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.1. VIDEO VIGILANCIA	20
2.1.1. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA	20
2.1.2. CÁMARAS DE RED	23
2.1.3. RESUMEN CÁMARAS DE RED	33
2.2. VIDEO EN RED	34
2.2.2. VENTAJAS	35
2.2.3. APLICACIONES	37
2.3. RESOLUCIONES DE VIDEO	38
2.3.1. INTRODUCCION	38
2.3.2. RESOLUCIONES NTSC Y PAL	38
2.3.3. RESOLUCIONES VGA	40
2.3.4. RESOLUCIONES MEGAPÍXEL	41
2.3.5. RESOLUCIONES DE TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN (HDTV)	42
2.3.6. RESUMEN DE RESOLUCIONES DE VIDEO	43
2.4. COMPRESIÓN DE VIDEO	45
2.4.1. DESCRIPCION	45
2.4.2. PRINCIPIOS DE COMPRESIÓN	46
2.4.3. FORMATOS DE COMPRESIÓN	47
2.5. REDES INALAMBRICAS	51
2.5.1. INTRODUCCIÓN	51
2.5.2. MODELO DE LA ARQUITECTURA IEEE 802.11	53
2.5.3. LA CAPA FÍSICA DE 802.11	54
2.5.4. MODULACION	55
2.5.5. SUB CAPA DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO IEEE 802.11	55
2.6. ESTANDAR 802.11n	60
2.6.1. INTRODUCCION	60

2.6.2.	CARACTERÍSTICAS DE ESTÁNDAR 802.11n.....	61
2.6.3.	MIMO (Multiple Input- Multiple Output).....	61
2.6.4.	BASES DE LOS SISTEMAS MIMO.....	62
2.6.5.	GANANCIA POR MULTIPLEXACIÓN EN EL ESPACIO.....	62
2.6.6.	GANANCIA POR DIVERSIDAD.	62
2.6.7.	GANANCIA DE ARRAY.	63
2.6.8.	TÉCNICAS DE THROUGHPUT ALTO PHY.	63
2.6.9.	TÉCNICAS PARA MEJORA DE MAC:.....	70
2.6.10.	SISTEMA DE MODULACIÓN Y CODIFICACIÓN (MCS) EL ESTÁNDAR 802.11N	72
2.7.	MEDIDAS DE SEGURIDAD UTILIZADAS EN LAS REDES INALÁMBRICAS WIFI.	74
2.7.1.	WEP (Protocolo de equivalencia con red cableada).....	74
2.7.2.	WPA (Wi-Fi Protected Access).....	75
2.8.	MARCO CONCEPTUAL.....	76
2.8.1.	CCTV.....	76
2.8.2.	CÓDEC.....	76
2.8.8.	Multiplexor.....	77
2.8.9.	OFDM.	77
2.8.10.	OSI.....	77
2.8.11.	SWITCH.....	77
2.8.12.	TCP / IP	77
2.8.14.	WIFI	77
2.8.15.	WIRELESS.....	77
2.9.	HIPOTESIS DE ESTUDIO.....	78
2.10.	VARIABLES DE ESTUDIO.....	78
2.10.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	78
2.10.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	78
CAPITULO III.....		80
METODO DE INVESTIGACIÓN.....		80
3.1.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	80
3.2.	AREA DE INVESTIGACIÓN.....	80
3.3.	LINEA DE INVESTIGACIÓN	80
3.4.	POBLACIÓN.....	80
3.5.	MUESTRA.....	80
3.6.	TÉCNICAS.....	80
3.6.1.	OBSERVACION:.....	80
3.7.	INSTRUMENTOS.....	81
3.7.1.	FICHA DE OBSERVACION:.....	81
CAPITULO IV		82
CARACTERIZACIÓN AREA DE INVESTIGACIÓN.....		82
4.1.	UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	82
4.1.1.	UBICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE LA CIUDAD DE JULIACA.....	82
CAPITULO V		85
EXPOSICIÓN Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....		85
5.1.	CALCULO ANCHO DE BANDA.....	85
5.1.1.	FORMULA CALCULO DE ANCHO DE BANDA.....	85

5.1.2.	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO.....	85
5.1.3.	SIMULACION CON AXIS DESIGN TOOL.....	86
5.2.	ELECCIÓN DE LAS CÁMARAS IP.....	89
5.2.1.	CÁMARAS DE RED CON RESOLUCIÓN HDTV.....	89
5.2.2.	CÁMARA VIVOTEK SD8362E FULL HDTV.....	89
5.2.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA CAMARA.....	91
5.3.	ELECCIÓN DE DISPOSITIVOS INALÁMBRICOS PARA LOS RADIO ENLACES PUNTO A PUNTO Y BACKHAUL.....	91
5.3.1.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS. ..	92
5.4.	CALCULO DE ALCANDE DE RADIO ENLACE PUNTO A PUNTO.	94
5.4.1.	CALCULO DE DISTANCIAS CORTAS.	95
5.4.2.	CALCULO DE DISTANCIAS LARGAS.	96
5.4.3.	RADIO ENLACE BACKHAUL.....	97
5.5.	CENTRAL DE MONITOREO.....	99
5.5.1.	CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE MONITOREO.....	99
5.5.2.	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA GESTOR DE VIDEO.....	99
5.6.	UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	100
5.7.	IMPLEMENTACIÓN.....	102
5.7.1.	CONFIGURACION DE ENLACE PUNTO A PUNTO INALÁMBRICO CON UBIQUITI NANOBIDGE M5.....	102
5.7.2.	CONFIGURACION DE UBIQUITI NANOBIDGE M5 COMO PUNTO DE ACCESO.....	103
5.7.3.	CONFIGURACION DE UBIQUITI NANOBIDGE M5 MOD ESTACION.....	105
5.7.4.	PRUEBAS DEL RADIO ENLACE.....	106
5.8.	CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS.....	109
5.8.1.	PORCENTAJE DE VARIACIÓN:.....	109
	CONCLUSIONES.....	111
	RECOMENDACIONES.....	112
	BIBLIOGRAFIA.....	113
	ANEXOS.....	114

INDICE DE TABLAS.

TABLA 1. 1: NUMERO DE CÁMARAS DE VIDEO VIGILANCIA INSTALADAS EN LOS DISTRITOS DE LIMA AL AÑO 2012.	15
TABLA 2. 1: RESUMEN DE LOS TIPOS DE CÁMARAS DE RED.	33
TABLA 2. 2: FORMATOS DE RESOLUCIONES NTSC Y PAL.....	39
TABLA 2. 3: FORMATOS DE RESOLUCIONES VGA.....	41
TABLA 2. 4: FORMATOS DE VISUALIZACIÓN MEGAPIXEL.....	41
TABLA 2. 5: RESUMEN DE TIPOS DE RESOLUCIONES DE IMAGEN PARA MANEJO DE VIDEO IP44	
TABLA 2. 6: GRUPOS DE TRABAJO DENTRO DE IEEE 802.11.	53
TABLA 2. 7: CARACTERISTICAS PROTOCOLO 802.11.	61
TABLA 2. 8: MÁS SUBPORTADORAS USABLES.	70
TABLA 2. 9: COMBINACIÓN PARA CADA ÍNDICE MSC DEL 0 AL 31.....	73
TABLA 2. 10: VARIABLES E INDICADORES.....	79
TABLA 4. 1: LUGARES DONDE SE PRESENTAN CON MAYOR FRECUENCIA ACTOS DELINCUENCIALES.	83
TABLA 5. 1: CÁLCULO DE REQUISITOS DE ANCHO DE BANDA Y ALMACENAMIENTO.	86
TABLA 5. 2: CALCULO DE ANCHO DE BANDA CON AXIS DESIGN TOOL.....	88
TABLA 5. 3: ESPECIFICACIONES DE SENSIBILIDAD Y RENDIMIENTO DE IRMAX M5 EN CONFIGURACION PUNTO A PUNTO.....	98
TABLA 5. 4: UBICACIÓN DE LAS CAMARAS DOMOSPTZ FULL HDTV.	100
TABLA 5. 5: RESUMEN DE ANALISIS.	95



INDICE DE FIGURAS.

FIGURA 2. 1: CIRCUITO CERRADO DE TV ANALÓGICA USANDO VCR.....	20
FIGURA 2. 2: SISTEMA DE CIRCUITO CERRADO DE TV ANALÓGICA USANDO DVR DE RED.	21
FIGURA 2. 3: SISTEMA DE VIDEO IP QUE UTILIZA CÁMARAS IP.	22
FIGURA 2. 4: CÁMARA DE RED CONECTADA DIRECTAMENTE A LA RED LAN.	23
FIGURA 2. 5: CÁMARA DE RED FIJAS.....	25
FIGURA 2. 6: CÁMARA DE RED DOMO FIJAS.	26
FIGURA 2. 7: CÁMARAS DE RED PTZ MECÁNICA.	28
FIGURA 2. 8: CÁMARA DE RED PTZ NO MECÁNICA.	28
FIGURA 2. 9: CÁMARAS DE RED DOMO PTZ.	30
FIGURA 2. 10: RESPUESTA DEL SENSOR DE IMAGEN FRENTE A LA LUZ INFRARROJA VISIBLE Y A LA LUZ PRÓXIMA AL ESPECTRO INFRARROJO.	31
FIGURA 2. 11: CÁMARA DE RED CON VISION DIURNA Y NOCTURNA.	32
FIGURA 2. 12: COMPARACIÓN ENTRE UNA IMAGEN CON ILUSTRACIÓN INFRARROJO Y SIN ILUSTRACIÓN INFRARROJO.	32
FIGURA 2. 13: COMPONENTES BÁSICOS D UN SISTEMA DE VIDEO EN RED.	35
FIGURA 2. 14: RESOLUCIÓN NTSC.....	40
FIGURA 2. 15: RESOLUCIÓN PAL.	40
FIGURA 2. 16: ESQUEMA BÁSICO DE COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN.	45
FIGURA 2. 17: IEEE 802.11 Y EL MODELO OSI.	54
FIGURA 2. 18: IEEE 802.11 CAPA DE ENLACE Y CAPA FISICA.....	54
FIGURA 2. 19: FUNCIONES DE LA SUB CAPA MAC.	56
FIGURA 2. 20: PROCESO DE CENSADO Y ACTIVACIÓN DEL ALGORITMO DE BACK OFF.	57
FIGURA 2. 21: PROCESO RTS/CTS.	58
FIGURA 2. 22: PROCESO CSMA/CA.....	59
FIGURA 2. 23: PERIODO LIBRE DE CONTENCIÓN.....	59
FIGURA 2. 24: ESQUEMA DE CANAL MIMO MXN.....	62
FIGURA 2. 25: ESQUEMA MRC.....	64
FIGURA 2. 26: TÉCNICA STBC.....	66
FIGURA 2. 27: SISTEMA BÁSICO DE MIMO CON SDM.	67
FIGURA 2. 28: TÉCNICA CON SDM.	67
FIGURA 2. 29: ESQUEMA BÁSICO SDM	68
FIGURA 2. 30: CANALES DEFINIDOS PARA LA BANDA DE 2.4 GHZ.	68
FIGURA 2. 31: PERIODO DE GUARDA EN OFDM.	69
FIGURA 2. 32: ESQUEMA DE AGREGACIÓN DE TRAMAS.....	71
FIGURA 4. 1: DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES DE VIGILANCIA IP.....	84
FIGURA 5. 1: CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA PARA EL FORMATO MOTION JPEG	87
FIGURA 5. 2: CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA PARA FORMATO MPEG-4	87
FIGURA 5. 3: CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA PARA EL FORMATO H- 264.....	88
FIGURA 5. 4: CÁMARA FULL HD.	90
FIGURA 5. 5: APLICACIÓN TÍPICA DE VIDEO VIGILANCIA INALÁMBRICA.	92
FIGURA 5. 6: ANTENA PARABOLICA AIRMAX.	93
FIGURA 5. 7: PATRONES DE RADIACIÓN.....	93
FIGURA 5. 8: PATRONES DE RADIACIÓN.....	94
FIGURA 5. 9: ENLACE PUNTO A PUNTO.....	98
FIGURA 5. 10: UBICACIÓN DE LAS CÁMARAS	101
FIGURA 5. 11: DIRECCIONES IP ESTÁTICAS COLOCADAS EN LA TARJETA DE RED ALÁMBRICA.....	102
FIGURA 5. 12: USUARIO Y CONTRASEÑA DE LA NANO BRIDGE M5.	103
FIGURA 5. 13: CONFIGURACIÓN NANOBRIDGE M5 COMO PUNTO DE ACCESO.	103
FIGURA 5. 14: CONFIGURACIÓN NANOBRIDGE M5 EN MODO PUENTE.....	104
FIGURA 5. 15: CONFIGURACIÓN EN MODO ESTACIÓN.....	105
FIGURA 5. 16: NANO BRIDGE M5 EN MODO ESTACIÓN.....	105
FIGURA 5. 17: PRUEBA DE RADIO ENLACE EN MODO PUNTO DE ACCESO	106
FIGURA 5. 18: PRUEBA DE RADIO ENLACE EN MODO ESTACIÓN.....	106
FIGURA 5. 19: VERIFICACIÓN DE ENLACE CON EL COMANDO PING.	107

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, realizamos el estudio de radio enlace aplicado a un sistema de video vigilancia en zonas consideradas peligrosas en la ciudad de Juliaca. En el estudio realizado aplicamos la teoría de la tecnología inalámbrica WIFI IEEE 802.11n, que de acuerdo a nuestros resultados permite transmitir con mayor ancho de banda.

Si bien nuestro estudio está orientado al área del video vigilancia, la tecnología IEEE 802.11n se puede aplicar a diferentes situaciones donde se requiera la transmisión de datos de video con calidad y en tiempo real.

En el estudio el sistema de comunicación es distribuido lo cual quiere decir que se requiere de un punto de concentración para las señales provenientes de las cámaras distribuidas en las zonas de mayor peligrosidad en la ciudad de Juliaca. En el punto de concentración se instalara equipos con estándar 802.11n, que tendrán la función de reenviar la información hacia el centro de control donde estarán instalados los monitores de vigilancia, para ser analizados por personal de serenazgo.

Para la transmisión de video con calidad y en tiempo real, el estándar 802.11n, tiene 02 características principales que son: Utiliza un ancho de banda de 40MHz y sistema MIMO (Múltiple Input, Múltiple Output) que vendría a ser la utilización de múltiples receptores y múltiples transmisores.

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA UTILIZANDO WIFI EN EL ESTANDAR 802.11n PARA LA CIUDAD DE JULIACA”**, se realiza debido al constante desarrollo y el auge de la tecnología inalámbrica que obligan a generar nuevas aplicaciones para todos los ámbitos de la ciencia, tomando en cuenta que la migración de lo cableado a lo inalámbrico es cada vez mayor.

Los sistemas de video-vigilancia no han sido una excepción, por lo cual en los últimos años han experimentado un gran desarrollo; la era digital de la información la ha enrubado hacia la convergencia de tecnologías, es así como las redes y sistemas de comunicación dan origen a la video vigilancia IP, la convergencia hacia IP le ha permitido integrarse a estándares y protocolos internacionalmente adoptados.

Los sistemas de video-vigilancia IP dejan atrás a los tradicionales CCTV analógicos, brindan mejores prestaciones y junto al desarrollo y expansión de la Internet y las redes inalámbricas hacen posible la video vigilancia remota.

En la actualidad las aplicaciones del video digital, van desde una video-conferencia hasta la televisión y los sistemas de video de alta resolución; el video digital ha evolucionado y sus aplicaciones como la video-vigilancia lo han hecho hasta alcanzar IP. La video vigilancia IP es una de tantas aplicaciones, fruto del desarrollo de la información multimedia y las redes computacionales; actualmente la mayoría de equipos de video vigilancia se basan en IP.

Implementada en: aeropuertos, hoteles, hospitales, instituciones bancarias, centros comerciales; la video-vigilancia IP junto al factor humano conforman una infraestructura de seguridad a pequeña, mediana y gran escala. Los centros de monitoreo pueden ocupar pequeñas salas o extensas habitaciones de monitoreo.

Existen dos medios para la transmisión de la información: el primero es el medio alámbrico, dentro de los cuales consideramos la fibra óptica, las guías de onda, el cable coaxial, par trenzado entre otros, y los medios inalámbricos, en los cuales las señales de radio frecuencia originadas por el emisor, se radian libremente a través del medio y se propagan por éste, en nuestro caso utilizaremos la tecnología WI-FI.

Debido a que las calles de la ciudad de Juliaca están llenas de cables colocados por parte de los proveedores de los diferentes servicios de Energía eléctrica, Telefonía, TV Cable y otros es que se está apostando por la creciente tecnología inalámbrica la cual se ha convertido más que en un lujo, en un requerimiento importante de comunicación, razones por las cuales las industrias, instituciones y la sociedad buscan tener acceso a estos servicios.

En el caso del canal inalámbrico, el cual usa señales de radio frecuencia en coordinación con las bandas del espectro de frecuencias. Para este fin, es necesario mencionar que la banda utilizada en nuestro proyecto es de 2,4GHz, banda que por cierto no necesita licencia ya que está declarada como una banda libre para la transmisión inalámbrica. En el ámbito internacional se encuentra la WR, la ITU-R, la CCIR y a nivel nacional la Dirección de gestión en Telecomunicaciones.

La reglamentación del espectro y su división en sub bandas, permite que se puedan ofrecer una gran cantidad de servicios de telecomunicaciones mediante diferentes compañías, sin interferirse ni afectarse mutuamente.

La manera en la que hemos organizado el presente trabajo es la siguiente:

En el Capítulo I tenemos el Planteamiento del Problema, Antecedentes y Objetivos de la Investigación, que motivaron este trabajo los cuales se dieron fuera como también dentro de nuestro país y en nuestra región, se abordara el estudio de la propagación de WI-FI desde los mecanismos básicos de propagación, hasta las características correspondientes a las bandas de frecuencia estudiadas, y un estudio completo sobre los modelos de propagación más importantes que sirven para caracterizar el canal de comunicación.

En el Capítulo II tenemos el Marco Teórico, Marco Conceptual e Hipótesis de la Investigación, se describen los principios del video digital, los principales estándares de compresión la televisión y la video-vigilancia como aplicaciones del video IP, la transmisión de video a través de redes inalámbricas trabajando con la norma IEEE 802.11n, sus bondades y debilidades frente a las otras normas, también se mencionaran los conceptos sobre los diferentes temas a tocar inherentes a nuestro proyecto.

En el Capítulo III Método de Investigación, abordaremos la metodología aplicada a la realización de nuestro proyecto, previa una revisión de los sistemas de

video-vigilancia se realiza el diseño y configuración del sistema de video-vigilancia, además de pruebas y evaluación del sistema de video, previa configuración de los diferentes equipos a utilizar.

En el Capítulo IV Caracterización de del Área de Investigación, se explica en forma breve las características más importantes de la ciudad de Juliaca y que lo hace motivo de estudio en lo que se refiere a seguridad ciudadana.

En el Capítulo V Exposición y Análisis de los Resultados, una vez ya realizadas las diferentes pruebas y con la obtención de los resultados podremos exponer los frutos producto de nuestra investigación veremos qué factores favorecen a la proliferación de la inseguridad ciudadana en la ciudad de Juliaca y en qué medida el uso de la tecnología puede ayudar a contrarrestar este problema de la sociedad. Ya en la parte final se hará alcance de las respectivas conclusiones, las recomendaciones que amerite la investigación.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad el tema de la inseguridad se ha convertido en uno de los más grandes y graves problemas. Frente a ello, las soluciones que suelen plantearse son diversas: medidas punitivas drásticas para combatir la criminalidad, organización de la sociedad civil para crear mecanismos de protección y prevención frente a actos criminales, participación de los gobiernos locales en tareas de seguridad ciudadana, etc. Se puede señalar que existe cierto consenso en delimitar el carácter instrumental de la seguridad ciudadana, concepto que en un primer momento se asocia a la represión de los delitos y la búsqueda de un orden, es decir, se vincula con el control y la reacción frente a la criminalidad, especialmente en las grandes urbes. Como es el caso de la ciudad de Juliaca; También se acepta que en la base de dicho concepto está el deber del Estado y de las autoridades locales que es la de brindar protección a sus habitantes frente a toda amenaza a la seguridad personal y la de sus bienes.

La ciudad de Juliaca, actualmente es una ciudad en pleno crecimiento comercial, con una población de 225,146 habitantes y con una tasa anual de crecimiento del 2.5 %.¹Debido a este acelerado crecimiento también sus problemas y necesidades son evidentes el comercio informal, el tránsito, inseguridad ciudadana entre otros, que se originan debido a factores propios de la ciudad convirtiéndose en un problema incontrolable para las autoridades.

Uno de los problemas que más nos preocupa a toda la población y a sus autoridades es el tema de la inseguridad ciudadana la cual se debe a distintos factores tales como: La proliferación de los locales nocturnos Night club, karaokes, discotecas, entre otros. Las cuales operan de manera ilegal en diversos sectores de la ciudad y por otro lado tenemos la presencia del penal la capilla; precisamente estas son algunas de las razones por las que se incrementan los actos delincuenciales, robos, asaltos, atracos, pandillaje y en el peor de los casos Asesinatos.

¹INEI Censos Nacionales de Población y vivienda, población nominalmente censada según departamento y distrito por sexo y años 2007 Pag. 105.

Las zonas que mayor riesgo o zonas críticas de peligro constante donde la población se siente insegura que según fuentes policiales están ubicados alrededor de los siguientes jirones: Jr. Unión, Jr. Jáuregui, Jr. Calixto Aréstegui, Plaza Bolognesi, Mercado Túpac Amaru, Plaza de Armas y otras zonas como son mercados, locales nocturnos, aeropuerto, terminal terrestre donde la inseguridad se incrementa de manera alarmante y no se cuenta con el apoyo policial suficiente.

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Como un antecedente práctico tenemos la primera instalación de cámaras de video vigilancia IP con enlaces inalámbricos, en la capital Lima como una estrategia de seguridad ciudadana para la realización de las cumbres APEC y ALC UE el año 2008 en los distritos de San Isidro y San Borja. Desde esta experiencia las demás municipalidades han optado por invertir en la instalación de cámaras de video vigilancia en zonas de mayor concentración de delincuencia, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. 1: Numero de cámaras de video vigilancia instaladas en los distritos de Lima al año 2012.

DISTRITO	Nº DE CAMARAS	
	ADQUIRIDAS	ANUNCIADAS
SAN ISIDRO	150	
MIRAFLORES	100	
SURCO	190	
SAN BORJA	79	30
VENTANILLA	270	
CALLAO	61	50
JESUS MARIA	50	
MAGDALENA	45	
LINCE	30	10
LA VICTORIA (GAMARRA)	70	20

SANTA ANITA	30	
COMAS	15	20
PUEBLO LIBRE	40	
BARRANCO	15	10
EL AGUSTINO	30	
INDEPENDENCIA	46	
ATE VITARTE	12	
LA MOLINA	90	

Fuente: página web Municipios Distritales.

En las Instituciones de la ciudad de Juliaca, se ha implementado sistemas de video vigilancia locales principalmente en las entidades financieras tales como Bancos (InterBank, Banco de la Nación, BBVA, Banco de Crédito, Mi Banco), Cajas Municipales (Los Andes, Tacna, Piura, Arequipa), Edpymes (Raíz, Edyficar, Credicop), centros comerciales como Plaza Vea, oficinas de Movistar, lo común de estas instalaciones es el transporte de los datos de imágenes mediante un medio físico (cable), esto es debido a cortas distancias entre sus instalaciones de cámaras hasta sus centros de vigilancia.

En lo que se refiere a la video vigilancia para la seguridad ciudadana la Municipalidad de Juliaca, ha ejecutado el proyecto “Instalación de Sistemas de video vigilancia inalámbrica con 30 cámaras para la municipalidad provincial de San Román Juliaca”, donde se consigna enlaces inalámbricos con estándar 802.11g.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

A partir del problema de inseguridad ciudadana con el cual se convive en la ciudad de Juliaca, nace la idea de dar solución mediante las siguientes preguntas:

¿Cuál es la tecnología inalámbrica que ofrece mayor capacidad de transmisión de datos de video y cómo influye en la seguridad ciudadana para la ciudad de Juliaca?

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION.

El presente trabajo de investigación se realiza debido a que existe un creciente desarrollo tecnológico en cámaras de video vigilancia con resoluciones de alta definición (HD), que requieren un medio de comunicación con un Ancho de Banda de mayor capacidad para la transmisión de video.

Los aportes del presente trabajo de investigación se darán en los siguientes aspectos:

1. Académico.

El proyecto en mención se perfila para desarrollar y aplicar tecnología de avanzada en la Región, que pueda ser aprovechada como base para futuras propuestas a nivel de Sistemas de Video Vigilancia IP y enlaces Inalámbricos de alta velocidad, permitiendo obtener datos de manera directa desde las Videocámaras, ubicadas en distintos puntos estratégicos y el centro de control donde se realizara el procesamiento de la información para poder brindar una respuesta rápida ante cualquier acto delictivo.

2. Social.

En lo social nos ayudara a controlar más eficientemente la seguridad de la ciudadanía y sus bienes, en los temas de robo, secuestros, asesinatos, pandillaje, entre otros, ejerciéndose video vigilancia preventiva, mediante el registro visual de sucesos.

Muchas ciudades de nuestro país están en vía de implementar estos sistemas de seguridad con video vigilancia debido a que cubre más áreas dentro de la ciudad y con poco personal lo cual optimiza en cuanto a economía, personal, y rapidez en la detección de crímenes contra el ciudadano y por consiguiente el control de seguridad se hace más eficiente.

3. Tecnológico.

La Video Vigilancia IP Inalámbrica comprende dos tecnologías probadas, la de transmisión inalámbrica en exteriores y la de Vídeo Vigilancia en red que, combinadas crean una potente solución que representa una solución alternativa a la mayoría de los desafíos. Se implementara utilizando la más

reciente tecnología en cuanto a cámaras de seguridad y transmisión de datos en tiempo real.

Gracias al constante avance de la tecnología. El hecho de la interrupción de nuevas empresas en este mercado lo que ha modificado el escenario competitivo. Las cámaras están a punto de dar un gran salto tecnológico.

Una cámara IP dispone de muchas más funciones que una cámara analógica compresión incorporada, detección de movimientos, funciones de red, o administración de eventos, la calidad de imagen es, evidentemente mejor que permite monitorizar más de cerca los detalles. La compresión es compatible con los estándares de JPEG Y MPEG4, las cámaras IP ofrecen barrido progresivo, a la conexión a Ethernet.

Por otro lado tenemos la tecnología que opera bajo el Estándar IEEE 802.11n la cual fue ratificada por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009. Este Mejora significativamente el rendimiento de la red más allá de los estándares anteriores, tales como 802.11b y 802.11g, con un incremento significativo en la velocidad máxima de transmisión de 54 Mbps a un máximo de 600 Mbps. Actualmente la capa física soporta una velocidad de 300Mbps, con el uso de dos flujos espaciales en un canal de 40 MHz. Dependiendo del entorno, esto puede traducirse en un rendimiento percibido por el usuario de 100Mbps.

Está construido basándose en estándares previos de la familia 802.11, agregando Múltiple-Input Múltiple-Output (MIMO) y unión de interfaces de red (Channel Bonding), además de agregar tramas a la capa MAC. Siendo esas solo algunas de las bondades de este Estándar.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.

Para dar respuesta a la investigación se plantea los siguientes objetivos que han sido catalogados en general y específicos.

1.5.1. OBJETIVO GENERAL.

- ✓ Realizar el Análisis, Diseño e Implementación de un Prototipo para un Sistema de Video Vigilancia para la Ciudad de Juliaca.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Diseñar un prototipo de video vigilancia Utilizando Wi Fi en el estándar 802.11n para mejorar la seguridad ciudadana en la Ciudad de Juliaca.
- ✓ Aplicar los fundamentos de redes inalámbricas y Utilizar el protocolo TCP/IP.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. VIDEO VIGILANCIA.

2.1.1. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA

1. INTRODUCCIÓN.

Los sistemas de vigilancia por vídeo existen desde hace 25 años. Empezaron siendo sistemas analógicos al 100% y paulatinamente se fueron digitalizando. Los sistemas de hoy en día han avanzado mucho desde la aparición de las primeras cámaras analógicas con tubo conectadas a VCR (Video Cassette Recorder).

En la actualidad, estos sistemas utilizan cámaras y servidores de PC para la grabación de video en un sistema completamente digitalizado. Sin embargo, entre los sistemas completamente analógicos y los sistemas completamente digitales existen diversas soluciones que son parcialmente digitales. Dichas soluciones incluyen un número de componentes digitales pero no constituyen sistemas completamente digitales.²

2. SISTEMAS DE CIRCUITO CERRADO DE TV ANALÓGICOS USANDO VCR.

Un sistema de circuito cerrado de TV (CCTV) analógico que utilice un VCR (*video cassette recorder*), representa un sistema completamente analógico formado por cámaras analógicas con salida coaxial, conectadas al VCR para grabar.

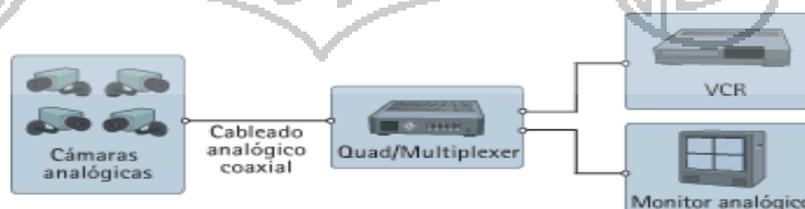


Figura 2. 1: Circuito Cerrado de TV analógica usando VCR.

²http://www.nexo-tech.com/srv_ip.php?menu=2&submenu=2

El VCR utiliza el mismo tipo de cintas que una grabadora doméstica. El video no se comprime y, si se graba a una velocidad de imagen completa, una cinta durará como máximo 8 horas. En sistemas mayores, se puede conectar un multiplexor entre la cámara y el VCR. El multiplexor permite grabar el video procedente de varias cámaras en un solo grabador, pero con el inconveniente que tiene una menor velocidad de imagen. Para monitorizar el video, es necesario un monitor analógico.³

3. SISTEMAS DE CIRCUITO CERRADO DE TV ANALÓGICOS USANDO DVR DE RED.

Un sistema de circuito cerrado de TV (CCTV) analógico usando un DVR IP (digital video recorder IP) es un sistema parcialmente digital que incluye un DVR IP equipado con un puerto Ethernet para conectividad de red. Como el video se digitaliza y comprime en el DVR, se puede transmitir a través de una red informática para que se monitorice en un PC en una ubicación remota.

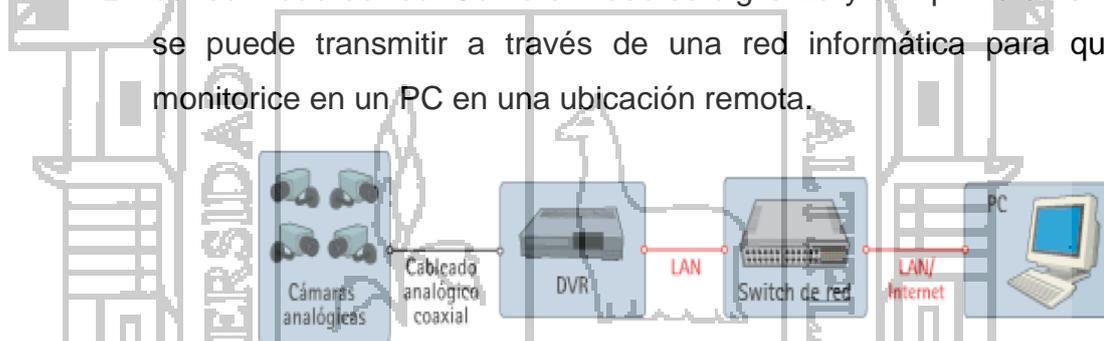


Figura 2. 2: Sistema de circuito cerrado de TV analógica usando DVR de red.

Algunos sistemas pueden monitorizar tanto video grabado como en directo, mientras otros sólo pueden monitorizar el video grabado. Además, algunos sistemas exigen un cliente Windows especial para monitorizar el video, mientras que otros utilizan un navegador web estándar, lo que flexibiliza la monitorización remota.

El sistema DVR IP añade las siguientes ventajas:

- Monitorización remota de video a través de un PC
- Funcionamiento remoto del sistema.

³http://www.unisolmexico.com/app/biblioteca_ip/video_ip/evolucion_videoip.html

4. SISTEMAS DE VIDEO IP QUE UTILIZAN CÁMARAS IP.

Una cámara IP combina una cámara y un computador en una unidad, lo que incluye la digitalización y la compresión del video así como un conector de red. El video se transmite a través de una red IP, mediante los switches de red y se graba en un PC estándar con software de gestión de video. Esto representa un verdadero sistema de video IP donde no se utilizan componentes analógicos.

Un sistema de video IP que utiliza cámaras IP añade las ventajas siguientes:

- Cámaras de alta resolución (megapíxel)
- Calidad de imagen constante
- Alimentación eléctrica a través de Ethernet y funcionalidad inalámbrica
- Funciones de Giro/Inclinación/zoom, audio, entradas y salidas digitales a través de IP, junto con el video
- Flexibilidad y escalabilidad completas

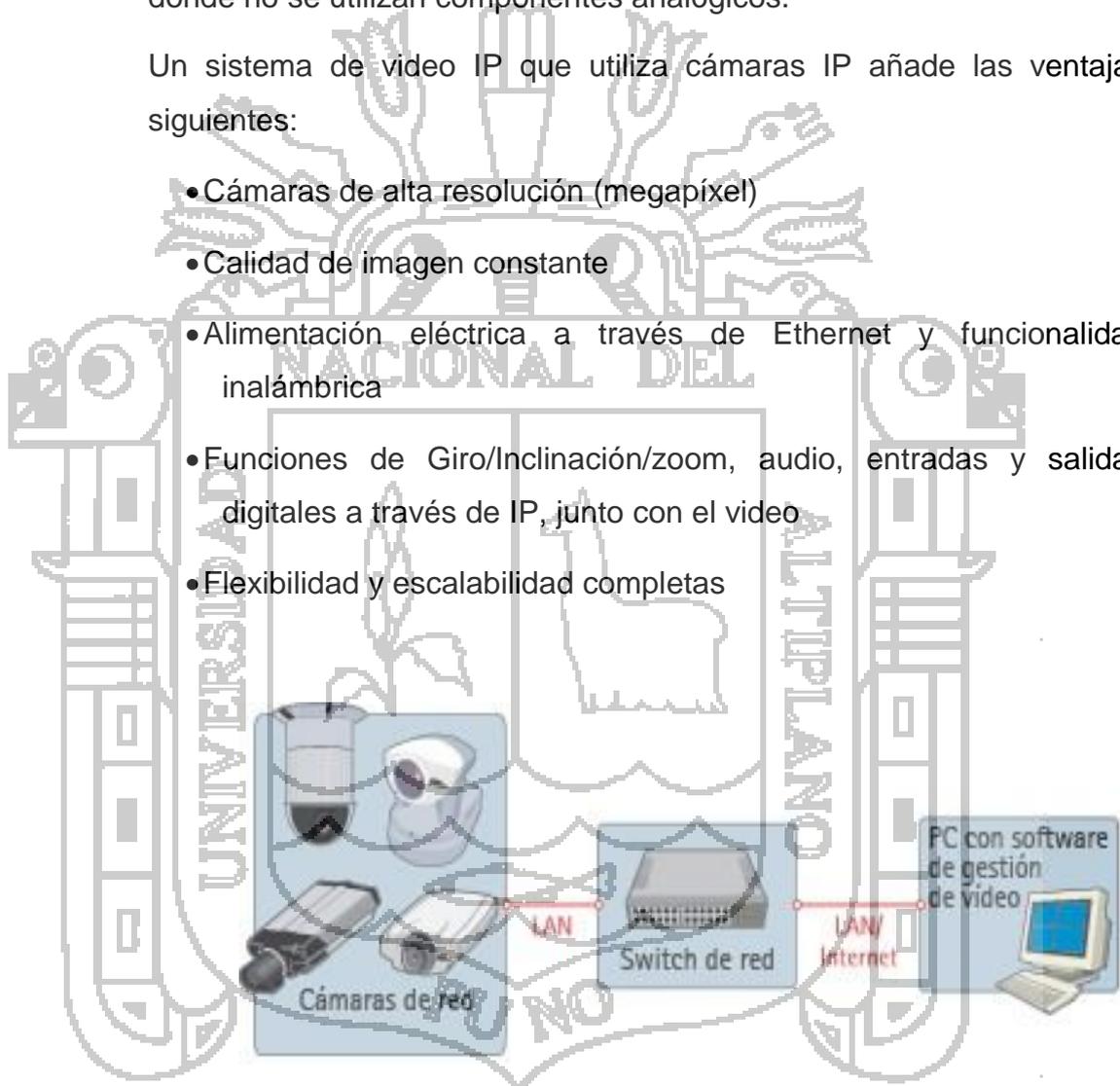


Figura 2. 3: Sistema de video IP que utiliza cámaras IP.

En la Figura 2.3, se indica un verdadero sistema de video IP, donde la información del video se transmite de forma continua a través de una red IP, utilizando cámaras IP. Este sistema saca el máximo partido de la tecnología digital y proporciona una calidad de imagen constante desde la cámara hasta el visualizador, en cualquier sitio que esté.

2.1.2. CÁMARAS DE RED.

1. DESCRIPCION.

Una cámara de red, también llamada cámara IP, puede describirse como una cámara y un computador, combinados para formar una única unidad. Los componentes principales que integran este tipo de cámaras de red incluyen un objetivo, un sensor de imagen, uno o más procesadores y memoria. Los procesadores se utilizan para el procesamiento de la imagen, la compresión, el análisis de video y para realizar funciones de red. La memoria se utiliza para fines de almacenamiento del firmware de la cámara de red (programa informático) y para la grabación local de secuencias de video. Como un computador, la cámara de red dispone de su propia dirección IP, está directamente conectada a la red y se puede colocar en cualquier ubicación en la que exista una conexión de red.



Figura 2. 4: Cámara de red conectada directamente a la red LAN.

Las cámaras de red pueden configurarse para enviar video a través de una red IP para visualización y/o grabación en directo, ya sea de forma continua, en horas programadas, en un evento concreto o previa solicitud de usuarios autorizados. Las imágenes capturadas pueden secuenciarse como Motion JPEG, MPEG-4 o H.264 utilizando distintos protocolos de red

Además de capturar video, algunas cámaras de red ofrecen gestión de eventos y funciones de video inteligentes como detección de movimiento, detección de audio, alarma anti-manipulación activa y auto-seguimiento. La mayoría de las cámaras de red también disponen de puertos de entrada/salida (E/S) que habilitan las conexiones con

dispositivos externos como sensores y relés. Igualmente, pueden incluir prestaciones como funciones de audio y soporte integrado para alimentación por Ethernet (*Power over Ethernet*, PoE), es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN estándar. Permite que la alimentación eléctrica se suministre al dispositivo de red como, por ejemplo, un teléfono IP o una cámara de red, usando el mismo cable que se utiliza para una conexión de red. Elimina la necesidad de utilizar tomas de corriente en las ubicaciones de los equipos.

2. CLASIFICACION DE LAS CÁMARAS DE RED

Las cámaras de red se pueden clasificar en función de si están diseñadas únicamente para su uso en interiores o para su uso en interiores-exteriores. Las cámaras de red para exteriores suelen tener un objetivo con iris automático para regular la cantidad de luz a la que se expone el sensor de imagen. Una cámara de exteriores también necesitará una carcasa de protección externa, salvo que su diseño ya incorpore un cerramiento de protección. Las carcasas también están disponibles para cámaras para interiores que requieren protección frente a entornos adversos como polvo y humedad y frente a riesgo de vandalismo o manipulación.

Las cámaras de red, diseñadas para su uso en interiores o exteriores, pueden clasificarse en cámaras de red fijas, domo fijas, PTZ (*Pan-Tilt-Zoom*) y domo PTZ.

i. CÁMARA DE RED FIJAS

Una cámara de red fija, puede entregarse con un objetivo fijo o varifocal, es una cámara que dispone de un campo de vista fijo (normal/telefoto/gran angular) una vez montada. Este tipo de cámara es la mejor opción en aplicaciones en las que resulta útil que la cámara esté bien visible. Normalmente, las cámaras fijas permiten que se cambien sus objetivos. Pueden instalarse en carcasas diseñadas para su uso en instalaciones interiores o exteriores.



Figura 2. 5: Cámara de red fijas.

ii. CÁMARA DE RED DOMO FIJAS.

Una cámara domo fija, también conocida como mini domo, consta básicamente de una cámara fija preinstalada en una pequeña carcasa domo. La cámara puede enfocar el punto seleccionado en cualquier dirección. La ventaja principal radica en su discreto y disimulado diseño, así como en la dificultad de ver hacia qué dirección apunta la cámara. Asimismo, es resistente a las manipulaciones.

Uno de los inconvenientes que presentan las cámaras domo fijas es que normalmente no disponen de objetivos intercambiables, y si pueden intercambiarse, la selección de objetivos está limitada por el espacio dentro de la carcasa domo. Para compensarlo, a menudo se proporciona un objetivo varifocal que permita realizar ajustes en el campo de visión de la cámara.

Las cámaras domo fijas están diseñadas con diferentes tipos de cerramientos, a prueba de vandalismo y/o con clasificación de protección IP66 cuyo valor significa, IP índice de protección, el primer dígito 6 protección completa contra personas y entrada de polvo, el segundo dígito 6 protección contra fuertes chorros de agua de todas direcciones, incluido olas. Generalmente, las cámaras domo fijas se instalan en la pared o en el techo.



Figura 2. 6: Cámara de red Domo fijas.

iii. CÁMARA PTZ.

Las cámaras PTZ (*Pan-Tilt-Zoom*) pueden moverse horizontalmente, verticalmente y acercarse o alejarse de un área o un objeto de forma manual o automática. Todos los comandos PTZ se envían a través del mismo cable de red que la transmisión de video.

FUNCIONES.

Algunas de las funciones que se pueden incorporar a una cámara PTZ son:

- Estabilización electrónica de imagen (EIS). En instalaciones exteriores, las cámaras domo PTZ con factores de zoom superiores a los 20x son sensibles a las vibraciones y al movimiento causados por el tráfico o el viento. La estabilización electrónica de la imagen (EIS) ayuda a reducir el efecto de la vibración en un video. Además de obtener videos más útiles, EIS reducirá el tamaño del archivo de la imagen comprimida, de modo que se ahorrará un valioso espacio de almacenamiento.
- Máscara de privacidad. La máscara de privacidad permite bloquear o enmascarar determinadas áreas de la escena frente a visualización o grabación para que en esa área no grave y aparezca en el video solo una franja blanca.
- Posiciones predefinidas. Muchas cámaras PTZ permiten programar posiciones predefinidas, normalmente entre 20 y

100 posiciones. Una vez las posiciones predefinidas se han configurado en la cámara, el operador puede cambiar de una posición a la otra de forma muy rápida.

- E-flip. En caso de que una cámara PTZ se monte en el techo y se utilice para realizar el seguimiento de una persona, por ejemplo en unos grandes almacenes, se producirán situaciones en las que el individuo en cuestión pasará justo por debajo de la cámara. Sin la funcionalidad E-flip, las imágenes de dicho seguimiento se verían del revés. En estos casos, E-flip gira las imágenes 180 grados de forma automática. Dicha operación se realiza automáticamente y no será advertida por el operador.
- Auto-flip. Generalmente, las cámaras PTZ, a diferencia de las cámaras domo PTZ, no disponen de un movimiento vertical completo de 360 grados debido a una parada mecánica que evita que las cámaras hagan un movimiento circular continuo. Sin embargo, gracias a la función Auto-flip, una cámara de red PTZ puede girar al instante 180 grados su cabezal y seguir realizando el movimiento horizontal más allá de su punto cero. De este modo, la cámara puede continuar siguiendo el objeto o la persona en cualquier dirección.
- El auto seguimiento es una función de video inteligente que detecta automáticamente el movimiento de una persona o vehículo y lo sigue dentro de la zona de cobertura de la cámara. Esta función resulta especialmente útil en situaciones de video vigilancia no controlada humanamente en las que la presencia ocasional de personas o vehículos requiere especial atención. La funcionalidad recorta notablemente el coste de un sistema de supervisión, puesto que se necesitan menos cámaras para cubrir una escena. Asimismo, aumenta la efectividad de la solución debido a que permite que las cámaras PTZ graben áreas de una escena en actividad.

iv. CÁMARA DE RED PTZ MECÁNICA.

Las cámaras de red PTZ mecánicas se utilizan principalmente en interiores y en aplicaciones donde se emplea un operador. El zoom óptico en cámaras PTZ varía normalmente entre 10x y 26x. Una cámara PTZ se puede instalar en el techo o en la pared.



Figura 2. 7: Cámaras de red PTZ mecánica.

v. CÁMARA DE RED PTZ NO MECÁNICA.

Las cámaras de red PTZ no mecánicas, ofrecen capacidades de movimiento horizontal, vertical y zoom sin partes móviles, de forma que no existe desgaste de potencia por lo que no existen motores para que realicen el movimiento. Con un objetivo gran angular, ofrecen un campo de visión más completo que las cámaras de red PTZ mecánicas.

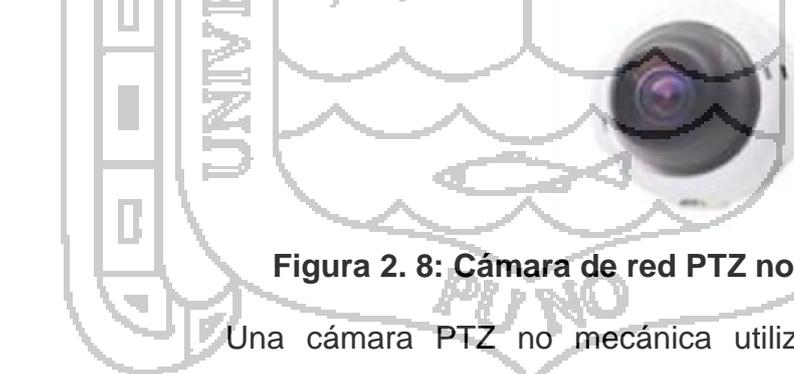


Figura 2. 8: Cámara de red PTZ no mecánica.

Una cámara PTZ no mecánica utiliza un sensor de imagen megapíxel y permite que el operador aleje o acerque, de forma instantánea, cualquier parte de la escena sin que se produzca ninguna pérdida en la resolución de la imagen. Esto se consigue presentando una imagen de visión general en resolución VGA (640x480 píxeles) aunque la cámara capture una imagen de resolución mucho más elevada. Cuando se da la orden a la cámara de acercar o alejar cualquier parte de la imagen de visión

completa, el dispositivo utiliza la resolución megapíxel original para proporcionar una relación completa, en resolución VGA.

El primer plano resultante ofrece buenos detalles y una nitidez mantenida. Si se utiliza un zoom digital normal, la imagen acercada pierde, con frecuencia, en detalles y nitidez. Una cámara PTZ no mecánica resulta ideal para instalaciones discretas montadas en la pared.

vi. CÁMARA DE RED DOMO PTZ.

Las cámaras de red domo PTZ pueden cubrir una amplia área al permitir una mayor flexibilidad en las funciones de movimiento horizontal, vertical y zoom. Asimismo, permiten un movimiento horizontal continuo de 360 grados y un movimiento vertical de normalmente 180 grados. Debido a su diseño, montaje y dificultad de identificación del ángulo de visión de la cámara (el cristal de las cubiertas de la cúpula puede ser transparente o ahumado), las cámaras de red domo PTZ resultan idóneas para su uso en instalaciones discretas.

Las cámaras de red domo PTZ también proporcionan solidez mecánica para operación continua en el modo ronda de vigilancia, en el que la cámara se mueve automáticamente de una posición predefinida a la siguiente de forma predeterminada o aleatoriamente. Normalmente, pueden configurarse y activarse hasta 20 rondas de vigilancia durante distintas horas del día. En el modo ronda de vigilancia, una cámara de red domo PTZ puede cubrir un área en el que se necesitarían 10 cámaras de red fijas ya que se pueden configurar para que vigilen en diferentes puntos es decir que no solo graba el entorno total sino también puede grabar distintos puntos configurados. El principal inconveniente de este tipo de cámara es que sólo se puede supervisar una ubicación en un momento concreto, dejando así las otras nueve posiciones sin supervisar.

El zoom óptico de las cámaras domo PTZ se mueve, generalmente, entre valores de 10x y 35x. Las cámaras domo PTZ se utilizan con frecuencia en situaciones en las que se emplea un operador. En caso de que se utilice en interiores, este tipo de cámara se instala en el techo o en un poste o esquina para instalaciones exteriores.

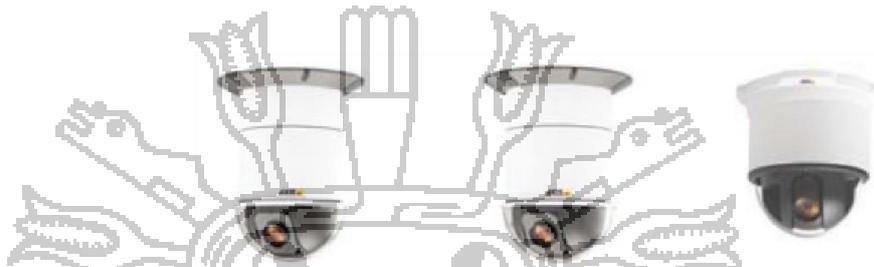


Figura 2. 9: Cámaras de red domo PTZ.

vii. CÁMARA DE RED CON VISIÓN DIURNA/NOCTURNA.

La totalidad de los tipos de cámaras de red, fijas, domo fijas, PTZ y domo PTZ, dispone de función de visión diurna y nocturna. Las cámaras con visión diurna y nocturna están diseñadas para su uso en instalaciones exteriores o en entornos interiores con poca iluminación.

Las cámaras de red a color con visión diurna y nocturna proporcionan imágenes a color a lo largo del día. Cuando la luz disminuye bajo un nivel determinado, la cámara puede cambiar automáticamente al modo nocturno para utilizar la luz prácticamente infrarroja IR (radiación infrarroja) para proporcionar imágenes de alta calidad en blanco y negro.

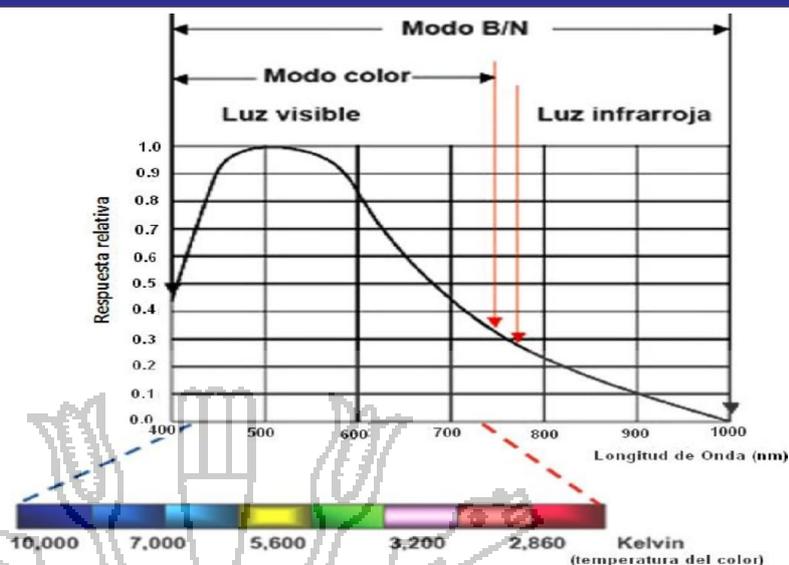


Figura 2. 10: Respuesta del sensor de imagen frente a la luz infrarroja visible y a la luz próxima al espectro infrarrojo.

En la figura 2.10, se muestra cómo un sensor de imagen responde a la luz infrarroja visible y a la luz próxima al espectro infrarrojo. La luz casi-infrarroja, se observa que implica con la longitud de onda desde 700 nanómetros (nm) hasta cerca de 1.000 nm, está más allá de la visión humana, pero la mayoría de los sensores de cámara pueden detectarla y utilizarla, pero como se puede observar en la figura que la respuesta relativa del sensor de imagen va disminuyendo frente a la longitud de onda.

Durante el día, la cámara de visión diurna y nocturna utiliza un filtro de paso IR (radiación infrarroja). La luz de paso IR se filtra de modo que no distorsiona los colores de las imágenes en el momento en que el ojo humano las ve, como se puede observar en la figura cuando se tiene una longitud de onda entre los 500 nanómetros la respuesta relativa del sensor de imagen llega a un máximo, en esos puntos se puede obtener un comportamiento casi sin distorsión de colores frente a la imagen. Cuando la cámara está en modo nocturno (blanco y negro), el filtro de paso IR se elimina, lo que permite que la sensibilidad lumínica de la cámara alcance los 0,001 lux o un nivel inferior.

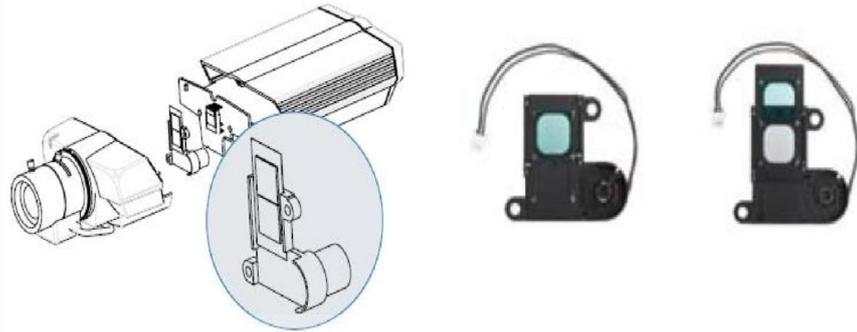


Figura 2. 11: cámara de red con vision diurna y nocturna.

En la figura 2.11, se puede observar a la izquierda una cámara de red con visión diurna y nocturna y con filtro de paso IR; en el centro, posición de un filtro de paso IR durante el día y a la derecha, posición del filtro de paso IR durante la noche.

Las cámaras diurnas/nocturnas resultan útiles en entornos que restringen el uso de luz artificial. Incluyen vigilancia por video con escasa luz, vigilancia oculta y aplicaciones discretas, por ejemplo, en una situación de vigilancia del tráfico en la que las luces brillantes podrían entorpecer la conducción nocturna.

Los iluminadores de infrarrojos que proporcionan luz próxima al espectro infrarrojo también pueden utilizarse junto con las cámaras de visión diurna/nocturna para mejorar la capacidad de producción de video de alta calidad en condiciones de escasez lumínica.



Figura 2. 12: Comparación entre una imagen con ilustración infrarrojo y sin ilustración infrarrojo

En la figura 2.12, a la izquierda se observa una imagen en la noche sin iluminador de infrarrojos; a la derecha, imagen con un iluminador de infrarrojos, en la misma se puede distinguir claramente que cuando se tiene una cámara con ilustrador de infrarrojos se observa todo el entorno enfocado por la cámara.

2.1.3. RESUMEN CÁMARAS DE RED.

En la siguiente tabla, se muestra un resumen de las características y variantes de las cámaras de video.

Tabla 2. 1: Resumen de los tipos de cámaras de red.

TIPO	CARACTERÍSTICAS	VARIANTES
Cámara de red fijas	Dispone de un campo de vista(normal/telefoto/gran angular)	Puede elegir cámaras de red fijas con: <ul style="list-style-type: none"> • Resolución megapixel • Funciones para exteriores • Alimentación a través de Ethernet • Sonido bidireccional • Conectividad inalámbrica.
Cámara de red domo fijas	Una cámara domo fija es una cámara de pequeño tamaño que se alberga en una carcasa de forma abovedada. Su ventaja radica en su discreto y disimulado diseño, así como en la dificultad de ver hacia qué dirección apunta la cámara. Además, la carcasa abovedada de la cámara la protege de forma eficaz contra el re direccionamiento y el desenfoque.	Tiene a su elección diferentes domo fijos, entre ellas cámaras que ofrecen: <ul style="list-style-type: none"> • Resolución megapixel • Carcasa a prueba de agresiones • Gama de temperaturas mejorada • Sonido bidireccional • Alimentación a través de Ethernet • Características especiales para autobuses y trenes.
Cámara de red PTZ mecánicas	Es una cámara de red PTZ mecánica en la que tanto el movimiento como la dirección de visualización sean visibles	La gama de cámaras PTZ incluye cámaras con: <ul style="list-style-type: none"> • Zoom óptico de hasta 26x • Funcionalidad de visión día/noche • Una mecánica precisa y rápida de movimiento horizontal y vertical • Resolución megapixel • Lámpara IR integrada

<p>Cámara de red PTZ no mecánicas</p>	<p>Es la cámara que ofrece visión panorámica, movimiento vertical/horizontal y zoom instantáneo. Y todo sin partes móviles, de modo que no hay desgaste de energía debido a que no existe motor para realizar el movimiento.</p>	<p>Puede elegir cámaras de red PTZ no mecánicas con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resolución megapíxel • Funcionalidad de visión día/noche • Audio bi-direccional • Alimentación a través de Ethernet • Carcasa a prueba de agresiones
<p>Cámara de red domo PTZ</p>	<p>Las cámaras domo PTZ son ideales para la supervisión en directo, cuando el usuario desea seguir a una persona o un objeto. También pueden manejarse en el modo de recorrido protegido, en el que la cámara se mueve de una posición preestablecida a otra. Hay disponible varios accesorios, incluyendo un mando para maniobrar la cámara con facilidad y kits de montaje para instalaciones en interiores y exteriores.</p>	<p>Tiene a su elección diferentes domos PTZ, entre ellas cámaras que ofrecen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resolución megapíxel • Zoom óptico de hasta 35x • Alcance amplio y dinámico • Estabilización electrónica de la imagen • Zoom de área • Funcionalidad de visión día/noche. • Alimentación a través de Ethernet • Carcasa domo a prueba de manipulaciones.

2.2. VIDEO EN RED.

2.2.1. CONCEPTO.

El video en red, a menudo denominado video vigilancia basada en IP o vigilancia IP, utiliza una red TCP/IP inalámbrica o con cable como red troncal para transportar video y audio digital, y otros datos. Cuando se aplica la tecnología de alimentación a través de Ethernet (PoE), la red también se puede utilizar para transportar alimentación a los productos de video en red.

Un sistema de video en red permite supervisar video y grabarlo desde cualquier lugar de la red, tanto si se trata por ejemplo de una red de área local (LAN) o de una red de área extensa (WAN) como Internet.

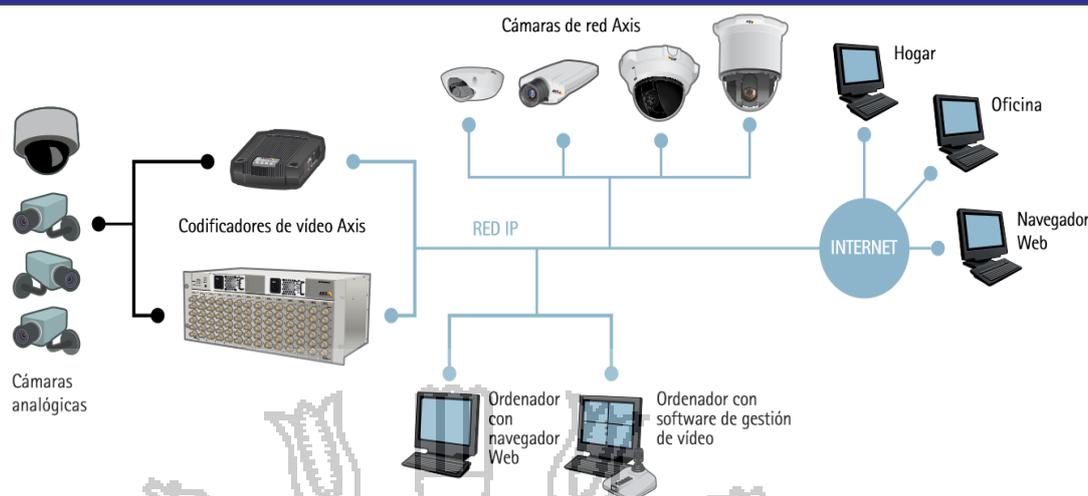


Figura 2. 13: Componentes Básicos d un sistema de video en red.

Los componentes básicos de un sistema de video en red son la cámara de red, el codificador de video (que se utiliza para la conexión a cámaras analógicas), la red, el servidor y el almacenamiento, así como el software de gestión de video. Como la cámara de red y el codificador de video son equipos basados en ordenadores, cuentan con capacidades que no pueden compararse con las de una cámara CCTV analógica. La cámara de red, el codificador de video y el software de gestión de video se consideran las piedras angulares de toda solución de vigilancia IP.

Los componentes de red, servidor y almacenamiento forman parte del equipo de TI estándar. La posibilidad de utilizar un equipo listo para su uso común constituye una de las ventajas principales del video en red. Otros componentes de un sistema de video en red incluyen accesorios, como carcasas para cámaras y adaptadores PoE y splitters activos. Cada componente de video en red se trata con más detalle en otros capítulos.

El video en red proporciona a los usuarios, en particular a los del sector de vigilancia y seguridad, muchas ventajas con respecto a los sistemas CCTV (circuito cerrado de televisión) analógicos tradicionales.

2.2.2. VENTAJAS.

El sistema de video vigilancia de red digital ofrece toda una serie de ventajas y funcionalidades avanzadas que no puede proporcionar un sistema de video vigilancia analógica. Entre las ventajas se incluyen:

- ✓ **Accesibilidad remota**, se pueden configurar las cámaras de red y los codificadores y acceder a ellos de forma remota, lo que permite a diferentes usuarios autorizados visualizar vídeo en vivo y grabado en cualquier momento y desde prácticamente cualquier ubicación en red del mundo.
- ✓ **Alta calidad de imagen**, en una aplicación de video vigilancia, es esencial una alta calidad de imagen para poder capturar con claridad un incidente en curso e identificar a las personas u objetos implicados. Con las tecnologías de barrido progresivo y megapíxel, una cámara de red puede producir una mejor calidad de imagen y una resolución más alta que una cámara CCTV analógica.
- ✓ **Cero conversión entre las señales analógicas a digitales**, lo que elimina la degradación inherente a esta operación.
- ✓ **Gestión de eventos y vídeo inteligente**, ya que a menudo existe demasiado material de vídeo grabado y una falta de tiempo suficiente para analizarlo adecuadamente. Las funciones de análisis integrado permiten reducir la cantidad de grabaciones sin interés. Se puede añadir funciones de detección de movimiento, gestión de alarmas, conexiones de entrada-salida y similares.
- ✓ **Escalabilidad y flexibilidad**, ya que el sistema de vídeo en red puede crecer de acuerdo a las necesidades del usuario y al tamaño de la red de datos de la empresa.⁴
- ✓ **Rentabilidad de la inversión**, Un sistema de vigilancia IP tiene normalmente un coste total de propiedad inferior al de un sistema CCTV analógico tradicional. Una infraestructura de red IP a menudo 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 basadas en IP y las opciones inalámbricas constituyen además alternativas mucho menos caras que el cableado coaxial y de fibra tradicionales utilizados por un sistema CCTV analógico.

⁴<http://www.globatelnet.com/Soluciones/video-sobre-ip.html>

2.2.3. APLICACIONES.

El vídeo en red se puede utilizar en un número casi ilimitado de aplicaciones; sin embargo, la mayoría de sus usos quedan dentro del ámbito de la vigilancia y seguridad o la supervisión remota de personas, lugares, propiedades y operaciones. A continuación, se muestran algunas posibilidades de aplicación habituales en sectores industriales clave.

- ✓ **Comercio Minorista:** Reducen de manera significativa los robos, mejora la seguridad del personal y optimiza la gestión de la tienda, ayudando a detectar zonas más populares de la misma, grabando la actividad de los consumidores así como los comportamientos de compras que ayudarán a optimizar la distribución en un local, detectando necesidad de reposición de artículos y cajeros adicionales.
- ✓ **Transporte:** mejora la seguridad en aeropuertos, autopistas, estaciones de buses y otros sistemas de transporte. Permite identificar atascos y embotellamientos en vías públicas.
- ✓ **Educación:** muy útil en guarderías infantiles, universidades y diversos centros de estudio, a fin de mejorar la seguridad del personal y estudiantes. El video sobre IP también puede usarse para aprendizaje a distancia, cuando los estudiantes no pueden asistir personalmente.
- ✓ **Industria:** para aumentar la eficacia de las líneas de producción, procesos y sistemas logísticos, protegiendo almacenes y sistemas de control de existencias. Adicionalmente se puede usar para asistencia técnica a distancia.
- ✓ **Vigilancia urbana:** útil para la lucha contra el crimen y proteger a los ciudadanos, detectando y disuadiendo a delincuentes. El uso de redes inalámbricas ha ayudado al despliegue del video en diferentes zonas de las ciudades, de esta forma la policía y los agentes particulares pueden responder ante un hecho delictuoso en forma rápida y con video en vivo.
- ✓ **Vigilancia de infraestructura:** para protección de edificios públicos y privados, desde museos y oficinas hasta bibliotecas y centros

penitenciarios, se puede detectar e impedir actos de vandalismo y aumentar la seguridad personal.

- ✓ **Salud**, Proporcionando soluciones rentables para la vigilancia de pacientes en recintos, clínicas y hospitales.
- ✓ **Banca y finanzas**, para resguardar sucursales bancarias, sedes principales y cajeros automáticos.

2.3. RESOLUCIONES DE VIDEO.

2.3.1. INTRODUCCION.

La resolución de video en un mundo digital o analógico es parecida, pero existen algunas diferencias importantes sobre su definición. En el video analógico, una imagen consta de líneas horizontales o líneas de TV, puesto que la tecnología de video deriva de la industria de la televisión. En un sistema digital, una imagen está formada por píxeles cuadrados.

Cada píxel puede representar uno o varios colores y dependiendo de la profundidad a la que se trabaje, se emplean n bits para representarlos, por ejemplo: con 8 bits se tiene 256 colores, con 16 bits se obtienen 65.536 colores, con 24 bits se tienen 16.777.216 colores y con 32 bits se obtienen 429.4967.296 colores.

2.3.2. RESOLUCIONES NTSC Y PAL.

Las resoluciones NTSC (*National Television System Comité: Comité Nacional de Sistemas de Televisión*) y PAL (*Phase Alternating Line: Línea de Alternancia de Fase*) son estándares de video analógico. Son relevantes para el video en red, ya que los codificadores de video proporcionan dichas resoluciones al digitalizar señales de cámaras analógicas. Las cámaras de red PTZ actuales y las cámaras domo de red PTZ también ofrecen resoluciones NTSC y PAL, puesto que hoy en día utilizan un bloque (que incorpora la cámara, zoom, enfoque automático y funciones de iris automático) hecho para cámaras de video analógico, conjuntamente con una tabla de codificación de video integrada.

En Norteamérica y Japón, el estándar NTSC es la norma de video analógico que predomina, mientras que en Europa y en muchos países de Asia y

África se utiliza la norma PAL. Ambos estándares proceden de la industria de la televisión. El NTSC tiene una resolución de 480 líneas y utiliza una frecuencia de actualización de 60 campos entrelazados por segundo (o 30 imágenes completas por segundo). Para este estándar existe una nueva convención llamada 480i60 (La imagen mide 720x480 píxeles, desplegada a 60 cuadros entrelazados por segundo), que define el número de líneas, el tipo de escaneado y la frecuencia de actualización. El PAL tiene una resolución de 576 líneas y utiliza una frecuencia de actualización de 50 campos entrelazados por segundo (o 25 imágenes completas por segundo). La nueva convención para este estándar es 576i50 (La imagen mide 720x576 píxeles, desplegada a 50 cuadros entrelazados por segundo). La cantidad total de información por segundo es la misma en ambos estándares.

Cuando el video analógico se digitaliza, la cantidad máxima de píxeles que pueden crearse se basará en el número de líneas de TV disponibles para ser digitalizadas. En NTSC, el tamaño máximo de las imágenes digitalizadas es de 704x480 píxeles; en PAL, el tamaño es de 704x576 píxeles, se ha estandarizado a CIF⁵ como un formato de video digital, así se tiene:

Tabla 2. 2: Formatos de resoluciones NTSC y PAL

FORMATO	RESOLUCION NTSC/PAL(píxeles)
QCIF	176 x 120/144
CIF	352 x 240/288
2CIF	704 x 240/288
4CIF	704 x 480/576

⁵CIF, Common Intermediate Format) formato de video utilizado en sistemas de video conferencia que fácilmente soporta señales NTSC y PAL, es parte del estándar de videoconferencia ITU H.261.
<http://www.alegsa.com.ar/Dic/cif.php>
<http://es.wikipedia.org/wiki/CIF>



Figura 2. 14: Resolución NTSC.

La resolución 2CIF es 704x240 (NTSC) o 704x288 (PAL) píxeles, lo que significa dividir el número de líneas horizontales para dos.

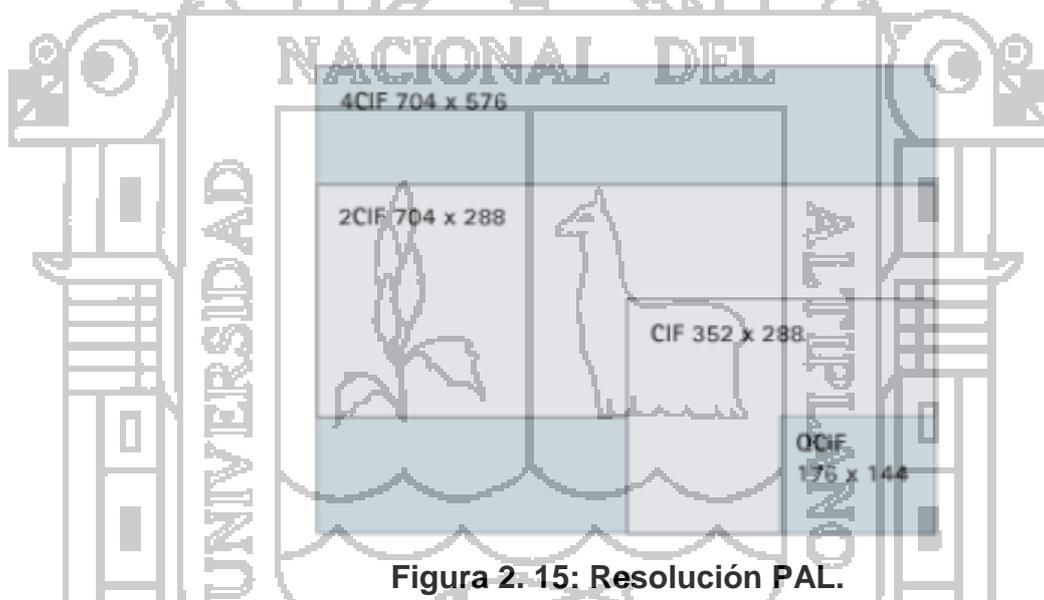


Figura 2. 15: Resolución PAL.

2.3.3. RESOLUCIONES VGA.

VGA (*Video Graphics Array: Tabla de Gráficos de Video*), es un sistema de pantalla de gráficos para PC desarrollado originalmente por IBM. Esta resolución es de 640 x 480 píxeles, un formato habitual en las cámaras de red que no disponen de megapíxeles. La resolución VGA suele ser más adecuada para cámaras de red, ya que el video basado en VGA produce píxeles cuadrados que coinciden con los de las pantallas de computador.

Los monitores de computador manejan resoluciones en VGA o múltiplos de VGA.

Tabla 2. 3: Formatos de resoluciones VGA.

FORMATO DE VISUALIZACIÓN	PÍXELES
QVGA (SIF)	320x240
VGA	640x480
SVGA	800x600
XVGA	1024x768
4x VGA	1280x960

2.3.4. RESOLUCIONES MEGAPIXEL.

Una cámara de red que ofrece una resolución megapíxel utiliza un sensor megapíxel para proporcionar una imagen que contiene un millón de megapíxeles o más. Cuántos más píxeles tenga el sensor, mayor potencial tendrá para captar más detalles y ofrecer una calidad de imagen mayor. Con las cámaras de red megapíxel los usuarios pueden obtener más detalles (ideal para la identificación de personas y objetos) o para visualizar un área mayor del escenario. Esta ventaja supone una importante consideración en aplicaciones de video vigilancia.

Tabla 2. 4: Formatos de visualización megapixel.

FORMATO DE VISUALIZACIÓN	Nº DE MEGAPIXELES	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

La resolución megapíxel es un área en la que las cámaras de red se distinguen de las analógicas. La resolución máxima que puede proporcionar una cámara analógica convencional tras haber digitalizado la señal de video en una grabadora o codificador de video es D1, es decir, 720 x 480 píxeles (NTSC) o 720 x 576 píxeles (PAL). La resolución D1 corresponde a un máximo de 414.720 píxeles ó 0,4 megapíxeles. En comparación, un formato megapíxel común de 1280 x 1024 píxeles consigue una resolución de 1,3 megapíxeles. Esto es más del triple de la resolución que pueden proporcionar las cámaras analógicas de CCTV. También se encuentran disponibles cámaras de red con resoluciones de 2 megapíxeles y 3 megapíxeles, e incluso se esperan resoluciones superiores en el futuro.

La resolución megapíxel también consigue un mayor grado de flexibilidad, es decir, es capaz de proporcionar imágenes con distintas relaciones de aspecto. (La relación de aspecto es la relación entre la anchura y la altura de una imagen). Una pantalla de televisión convencional muestra una imagen con una relación de aspecto de 4:3. Las cámaras de red con resolución megapíxel pueden ofrecer la misma relación, además de otras, como 16:9. La ventaja de la relación de aspecto 16:9 es que los detalles insignificantes, que suelen encontrarse en las partes superior e inferior de una imagen con un tamaño convencional, no aparecen y, por lo tanto, puede reducirse el ancho de banda y los requisitos de almacenamiento.

2.3.5. RESOLUCIONES DE TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN (HDTV).

La HDTV (*High Definition Television*) ha experimentado un éxito enorme en los últimos años gracias al impulso de la electrónica de consumo y al paso de los televisores de tubo (CRT) a las pantallas de LCD y plasma. La entrada de la HDTV en el mercado de video vigilancia promete una calidad de imagen extraordinaria en comparación con los sistemas analógicos de CCTV.

La HDTV proporciona una resolución hasta cinco veces más alta que la televisión analógica estándar. También ofrece una mejor fidelidad de color y un formato 16:9. Las dos normas HDTV más importantes, definidas por la

SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers - Sociedad de Ingenieros de Cine y Televisión), son la SMPTE 296M y la SMPTE 274M.⁶

- ✓ La norma SMPTE 296M (HDTV 720P), define una resolución de 1280 x 720 píxeles con una alta fidelidad de color en formato 16:9 y utiliza el barrido progresivo a 25/30 hertzios (Hz) (que corresponde a 25 ó 30 imágenes por segundo, en función del país) y 50/60 Hz (50/60 imágenes por segundo).
- ✓ La norma SMPTE 274M (HDTV 1080), define una resolución de 1920 x 1080 píxeles con una alta fidelidad de color en formato 16:9 y utiliza el barrido entrelazado o progresivo a 25/30 Hz y 50/60 Hz. El hecho de que una cámara cumpla con las normas SMPTE indica que cumple la calidad HDTV y debe proporcionar todas las ventajas de la HDTV en cuanto a resolución, fidelidad de color y frecuencia de imagen.
- ✓ La norma HDTV, se basa en píxeles cuadrados, similares a las pantallas de computador, de modo que el video HDTV de productos de video en red se puede visualizar tanto en pantallas HDTV como en monitores de computador estándares. Con el video HDTV de barrido progresivo no es necesario aplicar ninguna conversión o técnica de des entrelazado cuando se procesa el video con un computador o se muestra en un monitor.

2.3.6. RESUMEN DE RESOLUCIONES DE VIDEO.

A continuación en la Tabla 2.5 se presenta un cuadro del resumen de los tipos de resoluciones de imagen que existen para las cámaras IP.

⁶http://www.axis.com/files/whitepaper/wp_axis_hdtv_33947_en_0812_lo.pdf

Tabla 2. 5: Resumen de tipos de resoluciones de imagen para manejo de video IP

RESOLUCIÓN	FORMATO DE VISUALIZACIÓN (DIGITAL)	DEFINICIÓN (PIXELES)
NTSC	4 CIF	704 x 480
	2 CIF	704 x 240
	CIF	352 x 240
	QCIF	176 x 120
PAL	4 CIF	704 x 576
	2 CIF	704 x 288
	CIF	352 x 288
	QCIF	176 x 144
VGA	QVGA(SIF)	320 x 240
	VGA	640 x 480
	SVGA	800 x 600
	XVGA	1024 x 768
	4x VGA	1180 x 960
MEGAPIXEL	SXGA	1280 x 1024
	SXGA + (EXGA)	1400 x 1050
	UXGA	1600 x 1200
	WUXGA	1920 x 1200
	QXGA	2048 x 1536
	WQXGA	2560 x 1600
	QSXGA	2560 x 2048
HDTV	HDTV 720P	1280 x 720
	HDTV 1080	1920 x 1080

2.4. COMPRESIÓN DE VIDEO.

2.4.1. DESCRIPCIÓN.

Las técnicas de compresión de video consisten en reducir y eliminar datos redundantes del video para que el archivo de video digital se pueda enviar a través de la red y almacenar en discos informáticos. Con técnicas de compresión eficaces se puede reducir considerablemente el tamaño del fichero sin que ello afecte muy poco, o en absoluto, la calidad de la imagen. Sin embargo, la calidad del video puede verse afectada si se reduce en exceso el tamaño del fichero aumentando el nivel de compresión de la técnica que se utilice.⁷

Sin compresión no tendría sentido poner imágenes, audio o video en Internet, la calidad de las comunicaciones celulares no sería la misma y desde luego la TV digital no sería posible. La información digital debe pasar necesariamente por un proceso de compresión para obtener información que no requiera canales de comunicación de gran capacidad para transmitirse.

Existen diferentes técnicas de compresión, tanto patentadas como estándar. Hoy en día, la mayoría de proveedores de video en red utilizan técnicas de compresión estándar. Los estándares son importantes para asegurar la compatibilidad y la interoperabilidad. Tienen un papel especialmente relevante en la compresión de video, puesto que éste se puede utilizar para varias finalidades y, en algunas aplicaciones de video vigilancia, debe poderse visualizar varios años después de su grabación. Gracias al desarrollo de estándares, los usuarios finales tienen la opción de escoger entre diferentes proveedores, en lugar de optar a uno solo para su sistema de video vigilancia.

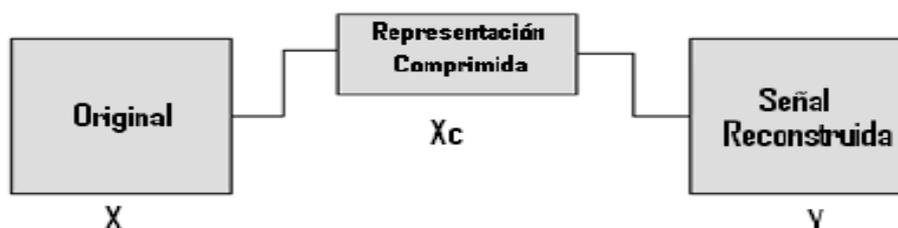


Figura 2. 16: Esquema básico de compresión y descompresión.

2.4.2. PRINCIPIOS DE COMPRESIÓN:

Un algoritmo de compresión toma una entrada X y genera una representación X_c , que necesita menos bits, el algoritmo de reconstrucción toma X_c y genera la señal original X .

La compresión de video se consigue explotando las semejanzas o redundancias contenidas en la información de video, información que resulta irrelevante al ojo humano.

Un algoritmo de compresión debería transmitir solamente información relevante para el ojo humano y a partir de esta, reconstruir la señal completa; sin embargo, esto requiere de períodos de tiempo que en aplicaciones en tiempo real son inconcebibles.⁷

Los algoritmos de compresión se clasifican en dos grupos:

- ✓ **Algoritmos sin pérdida:** son aquellos en los que la entrada al codificador X y la salida del decodificador Y coinciden. Se emplean en aplicaciones donde no se permiten diferencias entre los datos originales y los reconstruidos.
- ✓ **Algoritmos con pérdidas:** son aquellos que transmiten solamente información importante para el ojo humano, el decodificador debe calcular la redundancia y recuperar la información, los datos originales no pueden ser recuperados exactamente; estos datos toleran pérdidas en la compresión y pueden ser la voz o el video.

La efectividad de la técnica de compresión, viene dada por la relación de tamaño de la información de la imagen original dividido para el tamaño que ocupa después de la compresión, a mayor valor, menos ancho de banda se emplea.

⁷<http://trappist.elis.ugent.be/~wheirman/compression/>
<http://www.cs.sfu.ca>

2.4.3. FORMATOS DE COMPRESIÓN.

i. **MOTION JPEG** (*Joint Photographic Experts Group*).

Motion JPEG o M-JPEG es una secuencia de video digital compuesta por una serie de imágenes JPEG individuales. Cuando se visualizan 16 o más imágenes por segundo, el ojo humano lo percibe como un video en movimiento. Un video en completo movimiento se percibe a 30 imágenes por segundo en el estándar NTSC o a 25 imágenes por segundo en el estándar PAL.

Una de las ventajas de Motion JPEG es que cada imagen de una secuencia de video puede conservar la misma calidad garantizada que se determina mediante el nivel de compresión elegido para la cámara de red o codificador de video, además se puede acceder a cualquier imagen de la secuencia de video lo que resulta útil en la edición y producción del video. Cuanto más alto es el nivel de compresión, menor es el tamaño del archivo y la calidad de imagen. En algunas situaciones, como cuando hay poca luz o la escena es compleja, el tamaño del archivo puede ser bastante grande y, por lo tanto, usar más ancho de banda y espacio de almacenamiento.

Al no haber dependencia alguna entre los fotogramas de Motion JPEG, un video Motion JPEG es resistente, lo que significa que si falla un fotograma durante la transmisión, el resto del video no se verá afectado.

Motion JPEG es un estándar que no requiere licencia. Sin embargo, el principal inconveniente de Motion JPEG es que no utiliza ninguna técnica de compresión de video para reducir datos, ya que consiste en una serie de imágenes fijas y completas. El resultado es una frecuencia de bits relativamente alta o una relación de compresión baja para la calidad proporcionada, en comparación con otros estándares de compresión de video como MPEG-4 y H.264.⁸

⁸http://www.axis.com/products/video/about_networkvideo/compression_formats.htm

ii. MPEG (Motion Picture Expert Group).

Grupo de expertos de fotografía en movimiento MPEG es uno de los más populares estándares de compresión de video. El principio básico de MPEG es comparar entre dos imágenes para que puedan ser transmitidas a través de la red, y usar la primera imagen como imagen de referencia (denominada I-frame), enviando tan solo las partes de las siguientes imágenes (denominadas B y P – frames) que difieren de la imagen original. La estación de visualización de red reconstruirá todas las imágenes basándose en la imagen de referencia y en los "datos diferentes"; contenidos en los B- y P- frames.

- ✓ **Imágenes-I:** para decodificar una imagen de este tipo no hace falta otras imágenes, hay una cada 10 o 15 imágenes, se las llama imágenes clave y siempre son un punto de acceso al flujo de bits de video.
- ✓ **Imágenes-P:** codificada como predicción de la imagen I anterior usa un mecanismo de compensación de movimiento. El proceso de codificación explota tanto la redundancia espacial como la temporal.
- ✓ **Imágenes-B:** se codifica utilizando una imagen I ó P anterior y la imagen I ó P siguiente sirve como referencia para la compensación y estimación de movimiento, estas imágenes consiguen los niveles de compresión más elevados y por tanto son las más pequeñas.

Existen otro tipo de imágenes llamadas imágenes intraframe (o imágenes D) que son de las mismas características que las imágenes-I, pero con menos resolución. Se usan en aplicaciones que no necesitan gran calidad.

Aunque con mayor complejidad el resultado de aplicar la compresión de video MPEG es la cantidad de datos transmitidos a través de la red que relación a Motion JPEG es menor.

MPEG es de hecho bastante más complejo que lo indicado anteriormente, e incluye parámetros como la predicción de movimiento en una escena y la identificación de objetos que son

técnicas o herramientas de MPEG. Existe un número de estándares MPEG diferentes:

a. MPEG-1.

El estándar MPEG-1 está dirigido a aplicaciones de almacenamiento de video digital en CD's. Por esta circunstancia la mayoría de los codificadores y decodificadores MPEG-1 precisan un ancho de banda de aproximadamente 1.5 Mbps a resolución CIF. MPEG-1 mantiene el consumo de ancho de banda relativamente constante aunque varíe la calidad de la imagen que es comparable a la calidad del video VHS. El número de imágenes por segundo en MPEG-1 es de 25 en PAL y 30 en NTSC.

b. MPEG-2.

MPEG-2 es un estándar diseñado para video digital de alta calidad (DVD), TV digital de alta definición (HDTV), medios de almacenamiento interactivo (ISM), difusión de video digital (Digital Video Broadcasting, DVB) y televisión por cable.

MPEG-2 se centró en ampliar la técnica de compresión MPEG-1 para cubrir imágenes más grandes y de mayor calidad, pero con un nivel de compresión menor y un consumo de ancho de banda mayor, proporciona herramientas adicionales para mejorar la calidad del video, con lo que se produce imágenes de muy alta calidad cuando lo comparamos con otras tecnologías de compresión.

c. MPEG-4.

El estándar MPEG-4 es uno de los desarrollos principales de MPEG-2, posee perfiles que se adaptan a diferentes aplicaciones. Muchos de estos perfiles representan una excelente opción para ser implementados en redes inalámbricas, perfiles como: 'Escalable Simple', 'Tiempo Real Avanzado', 'Simple Avanzado' pueden representar una mejor elección respecto al Simple, en términos de desempeño y adaptabilidad a las características variantes del ambiente inalámbrico; sin embargo, siempre el

mayor desempeño de un algoritmo de compresión viene asociado a un aumento en la complejidad. El perfil Simple, a pesar de ser el perfil más básico, cuenta con las características necesarias para ser utilizado en aplicaciones inalámbricas y dispositivos móviles; su baja complejidad lo convierte en la elección predilecta de la industria.

d. MPEG-4 Visual.

Cuando se habla de MPEG-4, generalmente se refiere a MPEG-4 Parte 2 el cual fue especialmente desarrollado para tecnología multimedia; MPEG-4 introduce un nuevo concepto en codificación de información visual: codificación basada en objetos, en lugar de codificación basada en imágenes, MPEG-4 Visual permite la codificación individual de los diferentes objetos que conforman la escena.

MPEG-4 Visual no fue creado específicamente para aplicaciones de streaming, pero se adecua extremadamente bien a este tipo de aplicaciones. Otra característica del estándar es que no dice nada sobre cómo deben llegar los streams al usuario final, así que estos pueden llegar a través de diferentes redes y tecnologías. Esto hace que MPEG-4 sea el estándar ideal por su tecnología, para implementar aplicaciones multimedia sobre canales inalámbricos (PCS, GSM y WLAN).

e. H.264 o MPEG-4 Parte 10 (AVC, Control de Video Avanzado).

H.264, también conocido como MPEG-4 Parte 10/AVC para Codificación de Video Avanzada, es el estándar MPEG más actual para la codificación de video, en el que se tiene un conjunto completamente nuevo de herramientas, que incorpora técnicas más avanzadas de compresión que reducen aún más el consumo de ancho de banda y espacio de almacenamiento de los archivos de video, sin comprometer la calidad de la imagen.

El H.264 de la ITU-T y el MPEG-4 Parte 10 de la ISO son mantenidos conjuntamente para que sean idénticos.

Los codificadores H.264 utilizan el perfil base, lo que supone que sólo se usan los fotogramas I y P. Este perfil es el ideal para cámaras de red y codificadores de video, ya que la latencia se reduce gracias a la ausencia de fotogramas B. La latencia baja es esencial en aplicaciones de video vigilancia donde se realice supervisión en directo, sobre todo si se emplean cámaras PTZ o domos PTZ.

2.5. REDES INALAMBRICAS.

2.5.1. INTRODUCCIÓN.

El origen de las LAN inalámbricas, WLAN (Redes inalámbricas) se remonta a la publicación en 1979 de los resultados de un experimento realizado por ingenieros de IBM en suiza, consistentes en utilizar enlaces infrarrojos para crear una red local en una fábrica. Estos resultados, pueden considerarse como el punto de partida en una línea evolutiva de esta tecnología.

Las investigaciones siguieron adelante tanto con infrarrojos como con microondas. En mayo de 1985, el FCC (Federal Communications Commission) asignó las bandas IMS (Industrial, Scientific and Medical) 902 - 928 MHz, 2,400-2,4835 GHz, 5,725-5,850 GHz a las redes inalámbricas basadas en spread spectrum.

La asignación de una banda de frecuencias propició una mayor actividad en el seno de la industria, ese respaldo hizo que las WLAN empezaran a dejar ya el laboratorio para iniciar el camino hacia el mercado. Desde 1985 hasta 1990 se siguió trabajando ya más en la fase de desarrollo, hasta que en mayo de 1991 se publicaron varios trabajos referentes a WLAN operativas que superaban la velocidad de 1 Mbps, el mínimo establecido por el IEEE 802 para que la red sea considerada realmente una LAN. Hasta ese momento las WLAN habían tenido una aceptación marginal en el mercado por dos razones fundamentales, falta de un estándar y los precios elevados de una solución inalámbrica.

Las redes inalámbricas WLAN o WN básicamente se diferencian de las redes conocidas hasta ahora por el enfoque que toman de los niveles más

bajos de la pila OSI, el nivel físico y el nivel de enlace, los cuales se definen por el 802.11 del IEEE (Organismo de estandarización internacional).

Como suele pasar siempre que un estándar aparece y los grandes fabricantes se interesan por él, aparecen diferentes aproximaciones al mismo lo que genera una incipiente confusión.

El 802.11 fue desarrollado por el Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos (IEEE). En su primera versión, proporcionaba unas velocidades de transmisión de 1 ó 2 Mbps y una serie fundamental de métodos de señalización y otros servicios. El primer problema que encontró este estándar, fue el de su baja tasa de transferencia de datos, incapaz de soportar los requerimientos de las empresas en la actualidad. En consecuencia se trabajó en un nuevo estándar, el 802.11b (también conocido como 802.11 High Rate), que apareció en 1999 y proporcionaba unas tasas de transferencia de hasta 11 Mbps. Gracias a las prestaciones ofrecidas por 802.11b, similares a las de las redes cableadas, ha logrado tener una buena aceptación en el mundo empresarial, siendo una de las tecnologías más expandidas y que posee un amplio abanico de productos y compañías que la soportan.

Muchas de las empresas dedicadas al desarrollo de equipamiento informático se han unido en una alianza denominada WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), cuya misión es la de permitir la interoperabilidad entre productos 802.11b de distintos fabricantes y promocionar dicha tecnología en el ámbito empresarial, PYMES y hogar.

El protocolo IEEE 802.11 es un estándar de comunicaciones del IEEE que define la capa física y de enlace para una transmisión inalámbrica. El estándar original fue publicado por el IEEE en 1997, y es conocido como IEEE 802.11-1997, dos años más tarde se actualizaría dando lugar al IEEE 802.11-1999 Este estándar permitía unas velocidades de transferencia desde 1 hasta 2 Mbps, y trabajaba en la banda ISM (Industrial Scientific Medical) a una frecuencia de 2,4 GHz en la que no se precisa licencia. Existen diferentes grupos de trabajo dentro de 802.11 promovidos por el IEEE que trabajan en sub-estándares del mismo. Se puede comprobar las principales características en la tabla 2.7.

Tabla 2. 6: Grupos de trabajo dentro de IEEE 802.11.

GRUPO DE TRABAJO	CARACTERÍSTICAS
IEEE 802,11a	Tasas de hasta 54 Mbps en 5 GHz
IEEE 802,11b	Mejoras sobre la norma 802,11 para tasas de hasta 11 Mbps
IEEE 802,11d	Itinerancia internacional
IEEE 802,11e	Mejoras para el soporte de calidad de servicio
IEEE 802,11f	Protocolo para la comunicación entre puntos de acceso
IEEE 802,11g	Tasas de hasta 54 Mbps en 2,4 GHz (compatible con 802,11b)
IEEE 802,11h	Trabaja en 5 GHz y propone extensiones para la compatibilidad con Europa
IEEE 802,11i	Mejoras en seguridad
IEEE 802.11j	Extensiones para Japón
IEEE 802.11k	Medidas en los recursos radio
IEEE 802.11n	Tasas de hasta 600 Mbps y mayor distancia de alcance
IEEE 802.11p	Uso de 802.11 en vehículos
IEEE 802.11r	Itinerancia rápida
IEEE 802.11s	Redes GRID inalámbricas
IEEE 802.11t	Predicción de rendimiento en redes inalámbricas
IEEE 802.11u	Uso conjunto con otras redes no-802
IEEE 802.11v	Gestión de redes inalámbricas

2.5.2. MODELO DE LA ARQUITECTURA IEEE 802.11.

El estándar IEEE 802.11 en su arquitectura define la subcapa MAC y la capa física, basado en las capas bajas del modelo de referencia ISO/OSI (*International Standards Organization / Open System Interconnection*). En la Figura 2.17, se puede ver cómo están divididas las capas de la arquitectura IEEE 802.11.

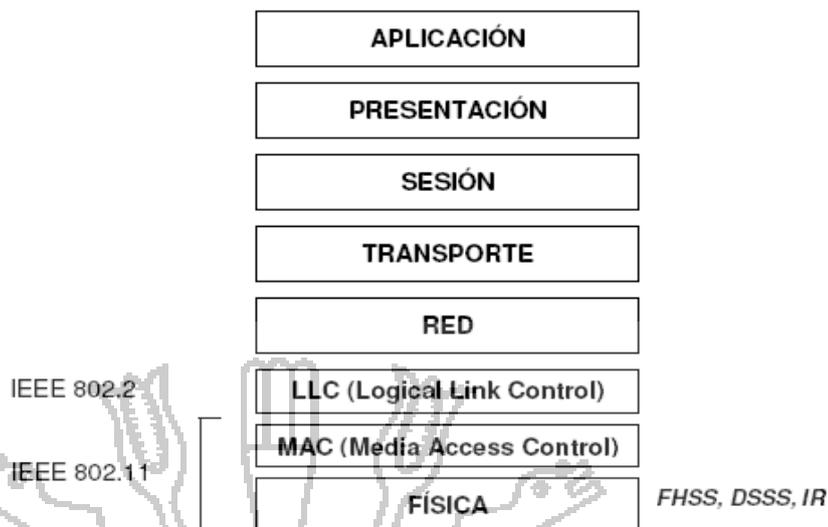


Figura 2. 17: IEEE 802.11 y el Modelo OSI.

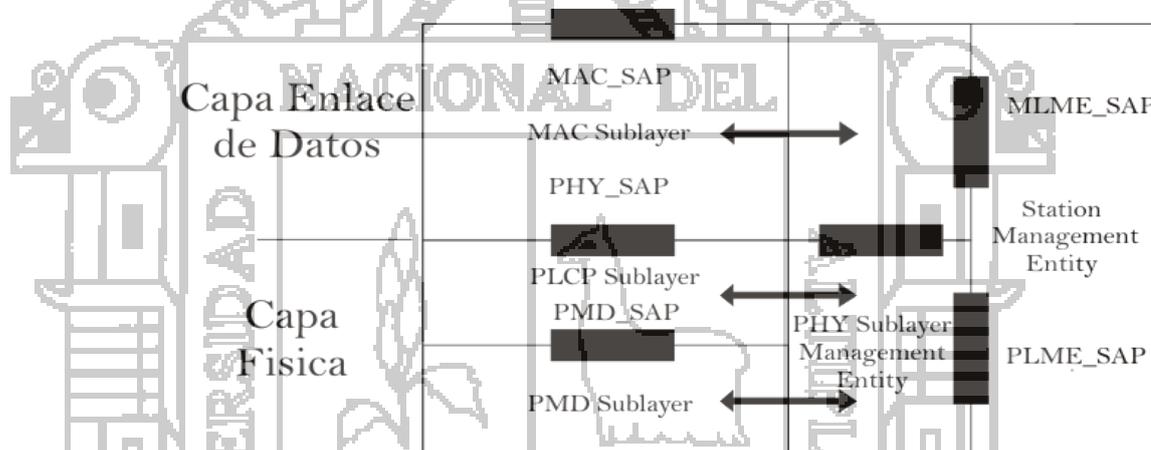


Figura 2. 18: IEEE 802.11 Capa de enlace y capa física.

2.5.3. LA CAPA FÍSICA DE 802.11.

Está compuesta por dos subcapas:

- PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) que se encarga de codificación y modulación; está conformada por: Preámbulo (144 bits = 128 sincronismo + 16 inicio trama) y HEC (Header Error Control). Emplea modulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) o IR (InfraRed).
- PMD (Physical Medium Dependence), es la que crea la interfaz y controla la comunicación hacia la capa MAC (a través del SAP: Service Access Point). Este nivel lo conforman dos elementos principales: Radio (que recibe y genera la señal) y la Antena.

2.5.4. MODULACION.

✓ DSSS (ESPECTRO ENSANCHADO POR SECUENCIA DIRECTA).

Se define en el estándar IEEE 802.11 para operar en la banda no licenciada de 2.4 GHz. Utiliza una técnica de espectro ensanchado por secuencia directa, esta técnica de transmisión utiliza un código de pseudo ruido para modular directamente una portadora, de tal forma que aumente el ancho de banda de la transmisión y reduzca la densidad espectral de potencia. La secuencia de chips utilizada para modular los bits se conoce como secuencia de Barker. Se han definido dos tipos de modulación para la técnica de espectro ensanchado: DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying) y DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying), que proporcionan una velocidad de transferencia de 1 y 2 Mbps respectivamente.

Posteriormente en el estándar IEEE 802.11b, se definió como extensión para el sistema DSSS del estándar original, la capacidad de proveer velocidades de 5.5 y 11 Mbps utilizando como métodos de modulación el sistema CCK (Complementary Code Keying).

✓ FHSS (ESPECTRO ENSANCHANDO POR SALTOS DE FRECUENCIAS).

Esta tecnología utiliza saltos de frecuencia, para lo que se han definido 79 canales no sobrelapados de 1 MHz de ancho, para el rango de frecuencias de 2402 a 2480 MHz, que soportan transmisiones de 1 y 2 Mbps utilizando modulaciones del tipo 2-GFSK y 4-GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) respectivamente.

El número de saltos de frecuencias y el orden en los saltos de frecuencia se determinan según una secuencia pseudo aleatoria almacenada en tablas, que tanto el emisor como el receptor deben conocer.

2.5.5. SUB CAPA DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO IEEE 802.11.

La subcapa MAC IEEE 802.11 provee funciones especiales de control más complejas que las presentadas en las redes cableadas, dado que todas las estaciones deben compartir el canal de comunicación inalámbrico, para esto

se disponen de dos funciones de coordinación de acceso al medio: PCF (*Point Coordination Function*) y DCF (*Distributed Coordination Function*).

i. FUNCIÓN DE COORDINACIÓN DISTRIBUIDA (DCF)

Este método de acceso al medio, basado en contención, es conocido como CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance*) y puede ser implementado en todas las estaciones para su uso tanto en configuraciones de redes de infraestructura como en redes *ad hoc*.

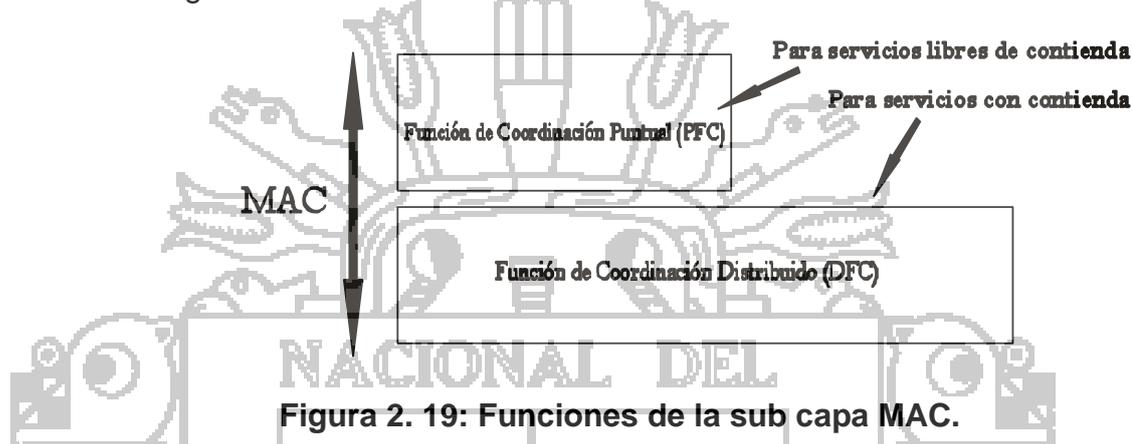


Figura 2. 19: Funciones de la sub capa MAC.

ii. ESPACIO ENTRE TRAMAS (IFS).

En la subcapa MAC del estándar IEEE 802.11 como parte del control de acceso se definen ciertos intervalos de tiempo que se deben esperar después de detectar el medio libre como mecanismo para evitar colisiones. Se han definido tres niveles de prioridad para el acceso al medio:

- SIFS (Short Inter frame Space), es el intervalo SIFS es el más corto y es utilizado para separación de tramas que pertenecen al mismo diálogo.
- PIFS (PCF Inter frame Space), es el intervalo de duración intermedio y es el que se utiliza durante el proceso libre de contención PCF.
- DIFS (DCF Inter frame Space), es utilizado por las estaciones que operan bajo el proceso de contención DCF, las estaciones tendrán acceso al medio después de haber escuchado el canal libre por un período igual a DIFS y que el tiempo de back off haya finalizado.

iii. ALGORITMO DE BACKOFF.

Una vez que la estación ha censado el canal y está libre por un tiempo DIFS, la estación genera de manera aleatoria un tiempo de *backoff* adicional que deberá esperar antes de iniciar la transmisión; de esta manera se minimizan las colisiones.

Este período en el cual las estaciones compiten por el medio se denomina ventana de contención (CW, *Contention Window*). Las estaciones inicialmente establecerán su ventana de contención en el rango mínimo de 0 a 31 *time slots* y tomarán de forma aleatoria un valor dentro del rango. La ventana de contención se incrementará de manera exponencial si se detecta que existió colisión hasta un valor máximo de 255.

En la Figura 20 se puede ver cómo se lleva a cabo el proceso de censado del canal antes de que la estación pueda comenzar una transmisión con menor probabilidad de colisión.



Figura 2. 20: Proceso de censado y activación del algoritmo de back off.

iv. MECANISMO DE SENSADO DEL CANAL.

Cuando se trabaja bajo el modo de contención, se debe censar el medio para determinar si está libre, existiendo dos modos de hacerlo: el primero es que físicamente se escuche el medio, detectando portadora; y el segundo es un censado virtual.

La capa física detectará únicamente señales presentes dentro de su área de cobertura para la frecuencia en la cual trabaja su transceptor y le informará a la subcapa MAC del estado del canal.

El censado virtual se realiza cuando una estación transmite una trama de reserva del canal, en la cual indicará el tiempo de utilización del

mismo, este valor será tomado por las otras estaciones que escuchan el canal y colocado en un vector denominado NAV (Network Allocation Vector), indicando a las estaciones el tiempo que deberán esperar para volver a escuchar físicamente el canal.

v. CSMA/CA con RTS y CTS.

De acuerdo a este método de control, antes de enviar datos se deberá notificar que se tienen datos pendientes a transmitir, enviando previamente una trama RTS (*Request to Send*), mientras que el destino responderá con la trama de control CTS (*Clear to Send*), indicando que está listo para recibir datos y nadie más podrá transmitir, es decir, se reservará el canal por un tiempo igual al indicado en las tramas RTS y CTS, valores que serán tomados por las otras estaciones y configurados en sus NAV's.

El proceso concluye una vez que el receptor notifique mediante un acuse de recibo (ACK) que ha recibido la trama y verificado que no haya errores (Figura 2.20). La Figura 2.21, resume todo el proceso realizado por el mecanismo CSMA/CA.

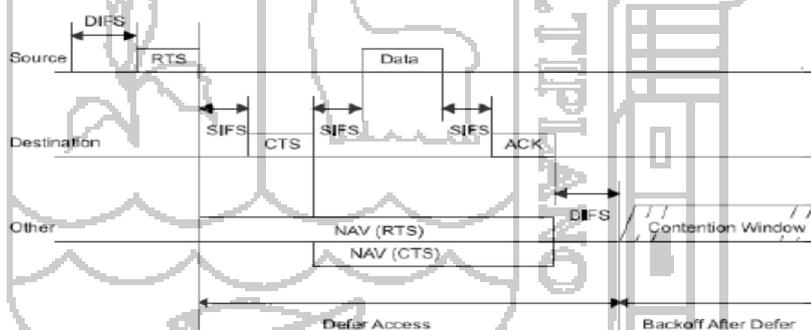


Figura 2. 21: Proceso RTS/CTS.

vi. FUNCIÓN DE COORDINACIÓN DISTRIBUIDA (DCF).

La subcapa PCF ofrece una ventana de transmisión libre de contención, para lo cual se define a una estación como la encargada de la coordinación de la comunicación, función que reside en el *Access Point*. El punto de coordinación se responsabiliza de que todas las estaciones asociadas dentro del BSS puedan transmitir, para lo cual, utiliza una técnica denominada *polling*, donde envía una trama de invitación a

transmitir a cada estación de forma secuencial después de un tiempo igual a PIFS.

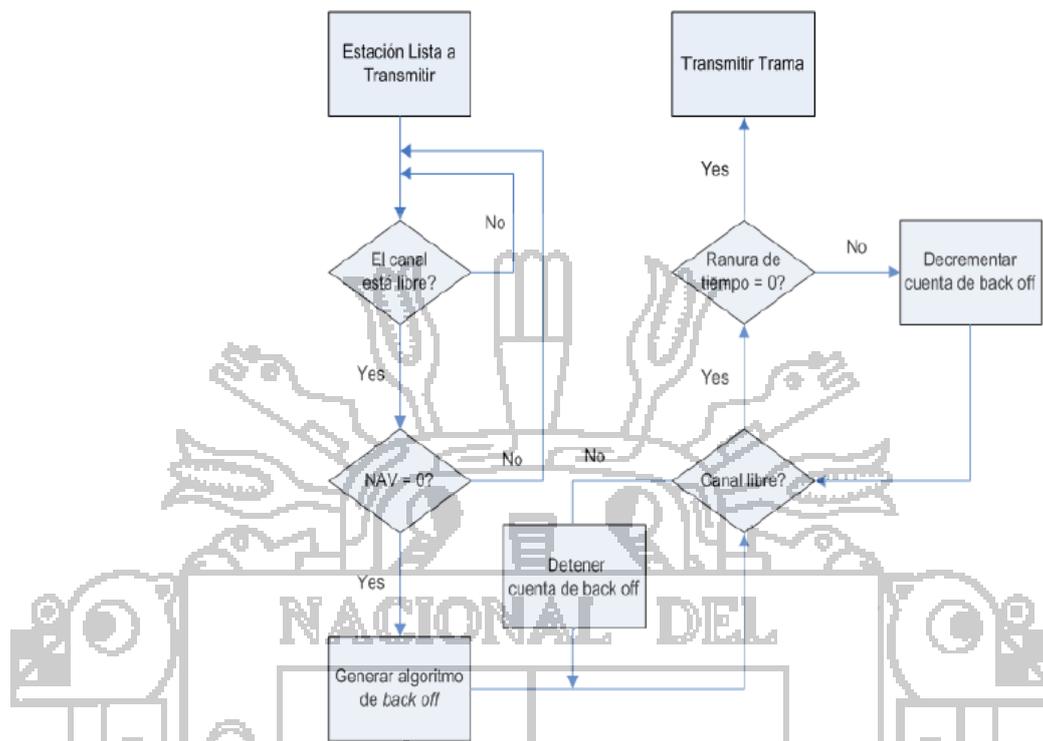


Figura 2. 22: Proceso CSMA/CA.

Cada período libre de contención es alternado con un período de contención DCF (Figura 2.23), el período CFP (*Contention Free Period*) comienza con la transmisión de una trama de *beacon* por parte del punto de coordinación. En las tramas de *beacon* se indicarán los parámetros bajo los cuales se iniciará el período CFP.

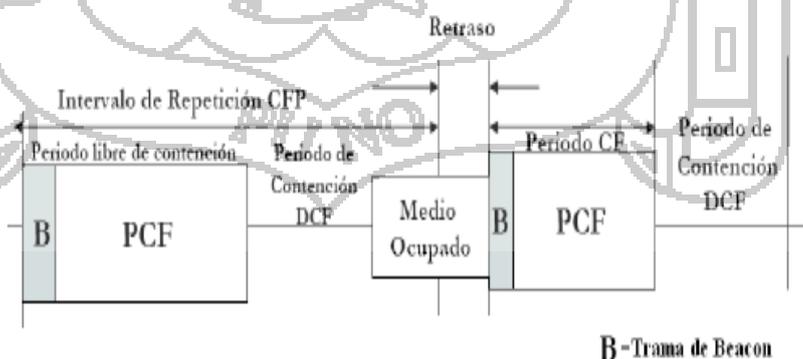


Figura 2. 23: Peridodo libre de contención.

2.6. ESTANDAR 802.11n.

2.6.1. INTRODUCCION.

IEEE conformó un grupo de trabajo 802.11 (TGn) para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11 el cual fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009. Mejora significativamente el rendimiento de la red más allá de los estándares anteriores, tales como 802.11b y 802.11g, con un incremento significativo en la velocidad máxima de transmisión de 54 Mbps a un máximo de 600 Mbps. Actualmente la capa física soporta una velocidad de 300Mbps, con el uso de dos flujos espaciales en un canal de 40 MHz. Dependiendo del entorno, esto puede traducirse en un rendimiento percibido por el usuario de 100Mbps.

Está construido basándose en estándares previos de la familia 802.11, agregando Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) y unión de interfaces de red (Channel Bonding), además de agregar tramas a la capa MAC.

MIMO usa múltiples antenas transmisoras y receptoras para mejorar el desempeño del sistema. MIMO es una tecnología que usa múltiples antenas para manejar más información (cuidando la coherencia) que utilizando una sola antena. Dos beneficios importantes que provee a 802.11n son la diversidad de antenas y el multiplexado espacial.

La tecnología MIMO depende de señales multiruta. Las señales multiruta son señales reflejadas que llegan al receptor un tiempo después de que la señal de línea de visión (line of sight, LOS) ha sido recibida. En una red no basada en MIMO, como son las redes 802.11a/b/g, las señales multiruta son percibidas como interferencia que degradan la habilidad del receptor de recobrar el mensaje en la señal. MIMO utiliza la diversidad de las señales multirutas para incrementar la habilidad de un receptor de recobrar los mensajes de la señal.

2.6.2. CARACTERÍSTICAS DE ESTÁNDAR 802.11n.

A diferencia de las otras versiones de Wi-Fi, 802.11n puede trabajar en dos bandas de frecuencias: 2,4 GHz (la que emplean 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (la que usa 802.11a). Gracias a ello, 802.11n es compatible con dispositivos basados en todas las ediciones anteriores de Wi-Fi, sin embargo no puede funcionar en ambas frecuencias a la vez.

En la tabla 2.7 se resumen las principales características de los productos similares basados en 802.11 existentes.

Tabla 2. 7: Características Protocolo 802.11.

ESTÁNDAR	FRECUENCIA	TÉCNICA DE MODULACIÓN	TASA DE TRANSMISIÓN NOMINAL	DESCRIPCIÓN
802.11a	5 GHz	OFDM	54 Mbps	8 canales no solapados no ofrecen QoS.
802.11b	2.4 GHz	HR/DSSS, CCK	11 Mbps	14 canales Solapados.
802.11g	2.4 GHz	ERP/OFDM, CCK	54 Mbps	14 canales solapados compatibilidad con 802.11b
802.11n	2.4/5 GHz	MIMO OFDM	360/540 Mbps	mejora los estándares anteriores agregando MIMO

El hecho de que el ancho de banda del canal en 802.11n sea de 40 MHz, el doble a los 20 MHz presentes en otros estándares como 802.11 (a, b, y g), implica haber duplicado la capacidad de la información que cursa por un canal.

2.6.3. MIMO (Multiple Input- Multiple Output).

Es una técnica que permite utilizar el multi trayecto para incrementar las prestaciones mediante el uso de múltiples antenas de transmisión y recepción.⁹

⁹Wireless Communication Network & NS_2. LIU JIAN China 2009, <http://ns2.superliu.co.cc>

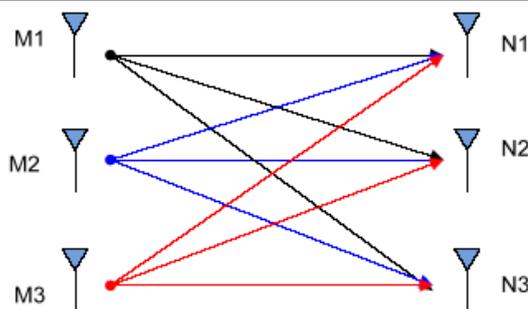


Figura 2. 24: Esquema de canal MIMO $M \times N$.

2.6.4. BASES DE LOS SISTEMAS MIMO.

Las altas velocidades de transmisión de los sistemas MIMO obedecen a diversos factores que bien mejoran los esquemas de transmisión, o bien mejoran la fiabilidad del enlace.

2.6.5. GANANCIA POR MULTIPLEXACIÓN EN EL ESPACIO.

La multiplexación espacial consiste en la transmisión de flujos de información independientes por las diferentes antenas de manera simultánea.

El multiplexado de la información en M canales se proyecta a aumentar la velocidad global de transmisión de datos en un factor M sin mayores requerimientos de potencia ni ancho de banda, consiguiendo una eficiencia espectral próxima a la capacidad del canal.

2.6.6. GANANCIA POR DIVERSIDAD.

Al transmitir y recibir por varias antenas simultáneamente, se puede mejorar la fiabilidad del enlace, mitigando los desvanecimientos y disminuyendo la probabilidad de error, ello gracias a que MIMO aprovecha el multitrayecto.

La ganancia por diversidad en el sistema MIMO representa la mejora en la SNR promediada en el tiempo, con respecto a la SNR del mejor canal SISO (Single Input – Single Output). La idea de ganancia por diversidad está unida al concepto de fiabilidad el cual se estudia mejor desde el análisis de la probabilidad (probabilidad de que la SNR se encuentre por debajo de un cierto nivel umbral que haga que el sistema no esté

disponible). Por tanto la definición de ganancia por diversidad está condicionada por el valor mínimo de referencia de la SNR.

2.6.7. GANANCIA DE ARRAY.

La ganancia de array se obtiene a través del procesado de las señales en el transmisor y en el receptor. Combinando coherentemente la señal en el transmisor o en el receptor se consigue un aumento de la relación señal a ruido media recibida.

2.6.8. TÉCNICAS DE THROUGHPUT ALTO PHY.

i. DIVERSIDAD ESPACIAL EN RECEPCIÓN

La diversidad espacial en recepción se desarrolla con el objeto de mitigar los desvanecimientos generados por el efecto multicamino y mejorar la SNR. La diversidad espacial utiliza varias antenas separadas una cierta distancia; cada una de las antenas recibe una réplica de la señal transmitida.¹⁰

Se han desplegado diversas técnicas para combinar las señales de las antenas receptoras y así obtener una señal en la parte de recepción de calidad. A continuación se describen las más importantes:

a. DIVERSIDAD POR SELECCIÓN (SELECTION COMBINING)

En este esquema sólo la señal con mejor SNR se pasa al decodificador. Este algoritmo se usa en receptores simples con pocos requerimientos de procesado.

Una variante de este método, selecciona la señal con mayor SNR y la mantiene, sin hacer más sondeos, hasta que la relación cae por debajo de un cierto umbral; en este instante se vuelve a seleccionar la señal con mejor SNR recibida. Combinación por razón máxima MRC (Maximal Ratio Combining). La relación señal a ruido media es equivalente a la SNR media por el número de ramas. Con el fin de que el MRC sea eficaz, las antenas de recepción deben tomar diferentes versiones (distorsionadas por el ruido y la interferencia), de la señal original transmitida. Para lograr esta meta la separación de las antenas debe ser por lo menos la

¹⁰“the Network Simulator-ns-2” www.isi.edu/nsman/ns/

mitad de una longitud de onda, por ejemplo para un canal de 5 GHz la separación será de 3 cm.

El MRC pesa las señales recibidas por cada antena y las combina coherentemente para maximizar la SNR de la señal resultante.

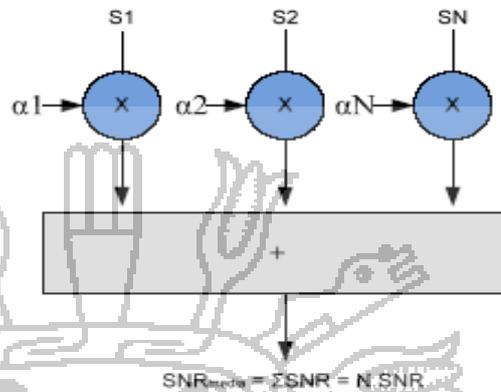


Figura 2. 25: Esquema MRC.

b. COMBINACIÓN CON MISMA GANANCIA EGC (EQUAL GAIN COMBINING).

EGC, es un método similar al MRC. Que presenta una reducción de rendimiento frente al MRC cuando una de las señales tiene una SNR baja. Dado que todas se pesan igual, la combinación de las señales degrada la relación señal a ruido comparada con el caso MRC.

De los tres esquemas descritos, el MRC es el que obtiene una SNR óptima, debido a que este método produce una señal con una SNR media igual a la suma de las SNR individuales.

ii. DIVERSIDAD ESPACIAL EN TRANSMISIÓN.

El objetivo tradicional de la diversidad en transmisión es el mismo que en recepción, reducir los desvanecimientos.¹¹ Sin embargo, dada su complejidad, la diversidad en transmisión es un aspecto que ha recibido poca atención. Por una parte, las señales transmitidas se combinan espacialmente antes de llegar al receptor, por eso es necesario un procesado en transmisión y recepción para conseguir

¹¹Debilitamiento que sufre una señal de RF en su camino.

<http://mx.geocities.com/diexismo73/dicdx.html>

separar las señales recibidas y conseguir ganancia por diversidad. Si no se dispone de un canal de realimentación, el transmisor desconoce el estado del canal y no puede adaptar la estrategia de transmisión al estado del canal.

Entre estos esquemas destacan las propuestas orientadas a mejorar la fiabilidad del enlace que usan diversidad espacial, codificación espacio-temporal o las orientadas directamente a aumentar la eficiencia espectral (multiplexado espacial).

iii. CODIFICACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE BLOQUE (STBC).

La codificación espacio temporal tiene como objetivo maximizar la ganancia por diversidad espacial (disminuir la tasa de error media) del canal MIMO mediante la generación de códigos espacio temporales adecuados. La codificación se realiza tanto en el espacio como en el tiempo para introducir correlación entre señales transmitidas desde varias antenas en diferentes periodos temporales. Esta correlación espacio-temporal se usa para aprovechar los desvanecimientos del canal MIMO y minimizar errores introducidos por el canal.

Se han propuesto diversos esquemas de codificación espacio temporal el más sencillo y utilizado es (STBC).

Esta codificación propuesta por Alamouti¹² para sistemas 2×1 y 2×2 y generalizada por Tarokh¹³ a sistemas $M \times N$, es una codificación espacio temporal de bloque que reduce la complejidad. La codificación STBC se realiza mapeando un bloque de símbolos de entrada en el dominio temporal y espacial, creando secuencias ortogonales que se transmiten desde antenas diferentes.

El receptor está compuesto por una etapa de estimación de canal, otra de combinación de las señales (en el dominio del espacio y del tiempo) y finaliza con una etapa de detección de máxima verosimilitud.

¹²Siavash Alamouti es un ingeniero iraní y e integrante de Intel que es más conocido por la invención del llamado espacio Alamouti.

¹³Vahid Tarokh es un ingeniero eléctrico con las contribuciones a las Telecomunicaciones, específicamente para el procesamiento de señales para las comunicaciones inalámbricas.

Esta técnica es fundamentalmente utilizada en condiciones donde el número de antenas a transmitir es mayor que las de recepción.

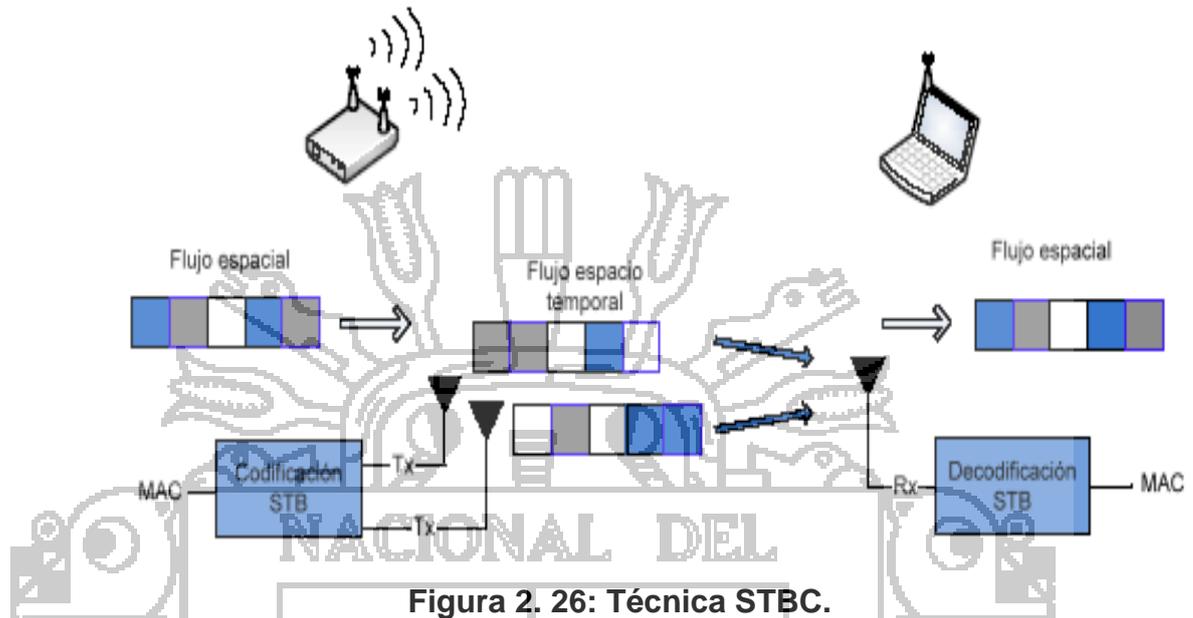


Figura 2. 26: Técnica STBC.

En el tratamiento de esta secuencia, de dos símbolos dentro de dos flujos espacio-temporal el receptor es capaz de volver a constituir el flujo de datos original incluso en presencia de ruido y distorsión de canal.

iv. MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN ESPACIAL (SDM).

Es la técnica más frecuentemente asociada con MIMO. El objetivo del multiplexado espacial, a diferencia de la codificación espacio-temporal, es maximizar la tasa de transmisión, es decir, la eficiencia espectral transmite flujos de información independientes por cada antena, ocupando todos ellos el mismo ancho de banda y el mismo slot temporal.

En buenas condiciones, un sistema MIMO de dos antenas Tx y Rx duplica la velocidad de transmisión de datos alcanzables en sistemas de una sola antena (SISO).

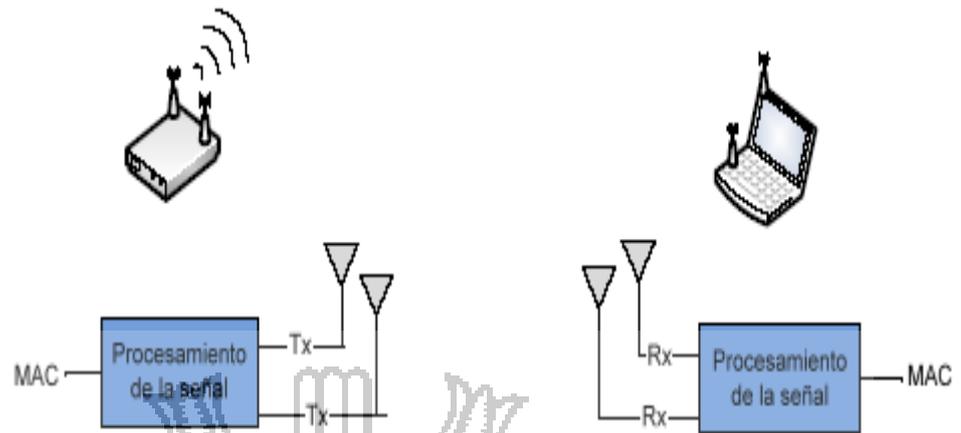


Figura 2. 27: Sistema básico de MIMO con SDM.

El multitrayecto es uno de los aspectos considerados entre los más importantes dentro de MIMO ya que éste normalmente es el enemigo del rendimiento en comunicaciones inalámbricas, pero con MIMO se puede utilizar constructivamente. La línea de visión, por lo general, da el mejor rendimiento, pero con MIMO proporciona sólo tasas de datos de referencia.

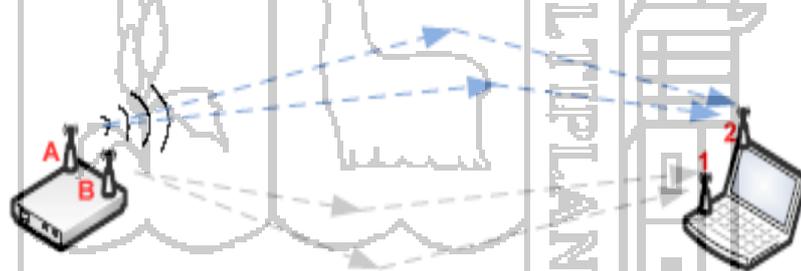


Figura 2. 28: Técnica con SDM.

Cuando múltiples antenas se consideran, MIMO ofrece ganancias considerables en el rendimiento.

Si bien SDM es una técnica de multiplexación para aumentar la velocidad de transmisión de datos, STBC y MRC son la diversidad de técnicas que mejoran la relación señal-ruido.

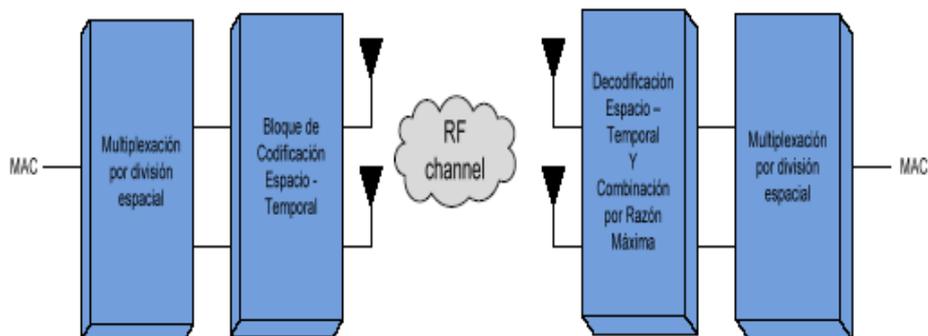


Figura 2. 29: Esquema básico SDM

v. CANALES DE 40 MHz

El estándar 802.11n especifica el funcionamiento con canales de 20 MHz, utilizados por 802.11b / g en los 2,4 GHz y 802.11a en la banda de 5 GHz, pero con la diferencia de que existen 2 canales combinados de tal manera que el ancho de banda total del canal es de 40 MHz. Como era de esperar, ofrece aproximadamente el doble del rendimiento de un canal de 20 MHz. Sin embargo, mientras que en la banda de 5 GHz los canales se definen como pares de los canales de 20 MHz existentes, no se alinean con los comúnmente utilizados en los de 20 MHz en la banda de 2,4 GHz ya que estos canales no son adyacentes. Esto significa que cuando un canal de 40 MHz se utiliza en 2,4 GHz, podría interferir con al menos otro canal de 802.11b/g.

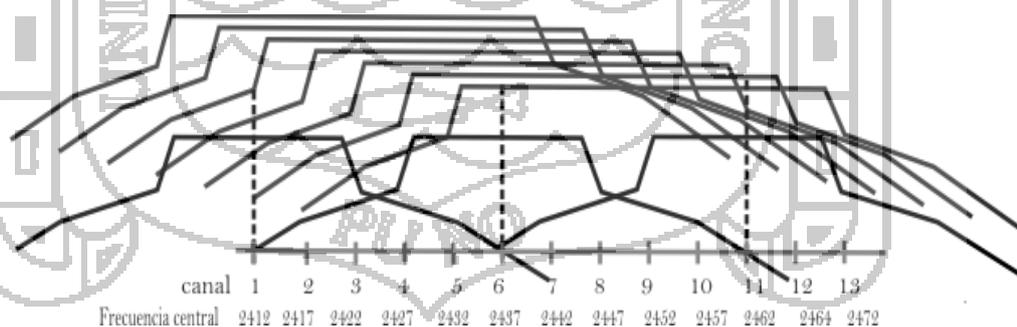


Figura 2. 30: Canales Definidos para la banda de 2.4 GHz.

vi. REDUCCIÓN DEL PERÍODO DE INTERVALO DE GUARDA

La figura 2.31 muestra la forma el intervalo de guarda que se utiliza en OFDM. El intervalo de guarda previene la interferencia inter-símbolo.¹⁴

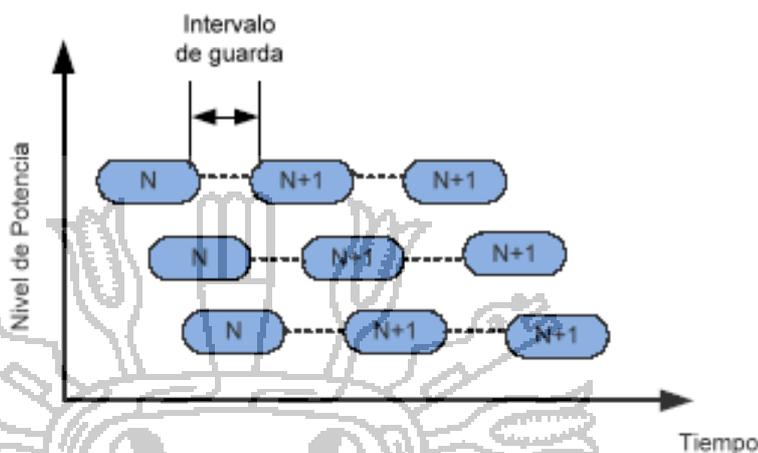


Figura 2. 31: Periodo de Guarda en OFDM.

Normas anteriores utilizan un intervalo de guarda de 800ns. El estándar 802.11n añade una opción para 400ns, negociado entre el receptor y el transmisor.

Para obtener mejoras (menor error) en la decodificación, el símbolo debe llegar al receptor sin ningún tipo de interferencias o ruido.

El facultativo de guarda 400ns en 802.11n se puede utilizar cuando la diferencia entre el camino más rápido y más lento de RF es menor que dicho límite.

Dicha reducción del intervalo de guarda incluye un rápido cálculo de pérdida, pero en la realidad, reflexiones interiores multitrayecto puede alcanzar con relativa facilidad 400 ns.

vii. MÁS SUB-PORTADORAS.

A través de avances en implementación, ahora es posible obtener más subportadoras OFDM (cada sub-portadora permite que mayor número de datos sean transmitidos por el canal de RF).

Se toma el valor de sub-portadoras usables, ya que las 4 restantes son llamadas sub-portadoras pilotos que tiene como función monitorear la ICI (interferencia entre portadoras).

Tabla 2. 8: Más subportadoras usables.

SUB PORTADORAS	USABLES	ESTÁNDAR	ANCHO DE BANDA MHZ
52	48	802.11 a/g	20
56	52	802.11n	20
114	108	802.11n	40

2.6.9. TÉCNICAS PARA MEJORA DE MAC:**2.6.9.1. AGREGACIÓN DE TRAMAS.**

Un cliente AP debe luchar por el medio con cada trama, esto da lugar a controversia, colisiones en el medio y retrasos backoff y por lo tanto pérdida de tiempo, el cual podría usarse para enviar tráfico. El estándar 802.11n incorpora mecanismos para obtener tramas globales en las estaciones y, por tanto, reducir el número de eventos de colisión.

Muchos ensayos han demostrado la eficacia de este efecto en anteriores normas adheridas a 802.11. Por ejemplo, en 802.11g, una configuración puede enviar a una velocidad de 26 Mbps, tramas de 1500 bytes; pero cuando la longitud de la trama se reduce a 256 bytes, el rendimiento disminuye a 12 Mbps.

Con agregación en MAC, una estación con un número de tramas para enviar puede optar por combinar en una trama global (MAC MPDU).

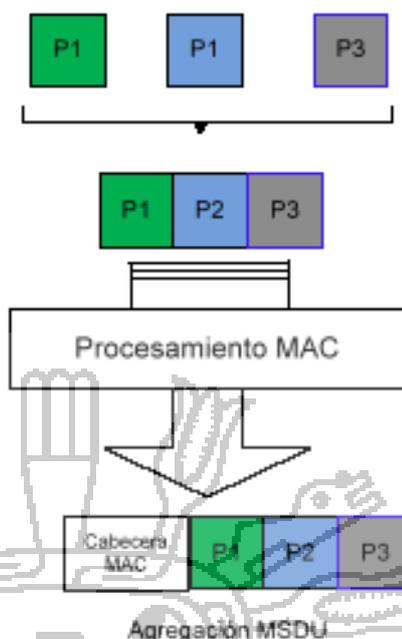


Figura 2. 32: Esquema de agregación de tramas.

En un formato A-MSDU¹⁵, varias tramas de las capas más altas se combinan y procesan por la capa MAC como una entidad única. Cada trama original se convierte en una SUBTRAMA, con sus propios sub-encabezado que contiene las direcciones de origen y destino y la longitud. Así, este método puede utilizarse por tramas con diferentes direcciones de origen y destino, pero sólo MSDUs de la misma prioridad.

Con el fin de acomodar las tramas globales MAC, la máxima longitud de trama aceptada por PHY se ha aumentado de 4095 bytes, en las anteriores normas, a 65535 bytes.

2.6.9.2. MÚLTIPLE TRÁFICO: ACK EN BLOQUE (MTBA)

Normas 802,11 anteriores exigen un ACK de unidifusión para cada trama de datos transmitida. El nuevo bloque de ACK permite un único ACK para un bloque de paquetes recibidos. Esto es particularmente útil para el streaming de vídeo y otras

¹⁵Awk Scrip for tcp throught, Silvio Tinti, <http://mailman.isi.edu/pipermail/ns-user/2003-October/036668.html>

transmisiones de alta velocidad. Éste no es a menudo un problema con broadcast video, donde la re-transmisión a menudo no es factible, tomando en cuenta las limitaciones de tiempo de los medios de comunicación, pero puede ser problemático para otras aplicaciones en tiempo real.

2.6.9.3. REDUCCIÓN DE ESPACIAMIENTO ENTRE-TRAMAS (RIFS).

Cuando una estación (cliente o AP) tiene un número de tramas para enviar secuencialmente, es necesaria una pausa entre las mismas. Sin embargo, estas pausas constituyen gastos generales para el conjunto de la red. Antes de 802.11n, la pausa entre tramas transmitidas por la misma estación se fijó en SIFS (single inter-frame spacing). El segundo borrador define un menor espaciamiento, RIFS (reduced inter-frame spacing). RIFS no se puede utilizar para la pausa entre tramas transmitidas por diferentes estaciones, y sólo se puede utilizar cuando la estación está transmitiendo en 802.11n modo HT (high throughput), define a RIFS un intervalo de 2 us, mientras que SIFS es de 16 us.

2.6.10. SISTEMA DE MODULACIÓN Y CODIFICACIÓN (MCS) EL ESTÁNDAR

802.11N

MCS (Modulation and Coding Scheme), que podría traducirse como “Sistema de Modulación y Codificación”. El estándar 802.11n define un total de 77MCS. Cada MCS es una **combinación de una modulación** determinada (por ejemplo, BPSK, QPSK, 64-QAM), la tasa de codificación o **Coding Rate** (por ejemplo, 1 / 2, 3 / 4), el intervalo de guarda **GuardInterval** (800ns o 400ns) y el número de secuencias espaciales **SpatialStreams**. Todos los puntos de acceso 802.11n deben soportar (como mínimo) desde MCS0 hasta MCS15 y los clientes 802.11n desde MCS0 hasta MCS7.

Tabla 2. 9: Combinación para cada índice MSC del 0 al 31.

MCS index	Spatial streams	Modulation type	Coding rate	Data rate (Mbit/s)			
				20 MHz channel		40 MHz channel	
				800 ns	400 ns	800 ns	400 ns
0	1	<u>BPSK</u>	1/2	6.50	7.20	13.50	15.00
1	1	<u>QPSK</u>	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
2	1	<u>QPSK</u>	3/4	19.50	21.70	40.50	45.00
3	1	<u>16-QAM</u>	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
4	1	<u>16-QAM</u>	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
5	1	<u>64-QAM</u>	2/3	52.00	57.80	108.00	120.00
6	1	<u>64-QAM</u>	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
7	1	<u>64-QAM</u>	5/6	65.00	72.20	135.00	150.00
8	2	<u>BPSK</u>	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
9	2	<u>QPSK</u>	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
10	2	<u>QPSK</u>	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
11	2	<u>16-QAM</u>	1/2	52.00	57.80	108.00	120.00
12	2	<u>16-QAM</u>	3/4	78.00	86.70	162.00	180.00
13	2	<u>64-QAM</u>	2/3	104.00	115.60	216.00	240.00
14	2	<u>64-QAM</u>	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
15	2	<u>64-QAM</u>	5/6	130.00	144.40	270.00	300.00
16	3	<u>BPSK</u>	1/2	19.50	21.70	40.50	45.00
17	3	<u>QPSK</u>	1/2	39.00	43.30	81.00	90.00
18	3	<u>QPSK</u>	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
19	3	<u>16-QAM</u>	1/2	78.00	86.70	162.00	180.00

20	3	16-QAM	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
21	3	64-QAM	2/3	156.00	173.30	324.00	360.00
22	3	64-QAM	3/4	175.50	195.00	364.50	405.00
23	3	64-QAM	5/6	195.00	216.70	405.00	450.00
24	4	BPSK	1/2	26.00	28.80	54.00	60.00
25	4	QPSK	1/2	52.00	57.60	108.00	120.00
26	4	QPSK	3/4	78.00	86.80	162.00	180.00
27	4	16-QAM	1/2	104.00	115.60	216.00	240.00
28	4	16-QAM	3/4	156.00	173.20	324.00	360.00
29	4	64-QAM	2/3	208.00	231.20	432.00	480.00
30	4	64-QAM	3/4	234.00	260.00	486.00	540.00
31	4	64-QAM	5/6	260.00	288.80	540.00	600.00

2.7. MEDIDAS DE SEGURIDAD UTILIZADAS EN LAS REDES INALÁMBRICAS WIFI.

Para usar una red inalámbrica es imprescindible protegerla con un sistema de cifrado. Existen diferentes protocolos de cifrado, ofrecen diversos grados de protección de las comunicaciones.

2.7.1. WEP (Protocolo de equivalencia con red cableada).

La seguridad de la red es extremadamente importante, especialmente para las aplicaciones o programas que almacenan información valiosa. WEP cifra los datos en su red de forma que sólo el destinatario deseado pueda acceder a ellos. Los cifrados de 64 y 128 bits son dos niveles de seguridad WEP. WEP codifica los datos mediante una "clave" de cifrado antes de enviarlo al aire.

Cuanto más larga sea la clave, más fuerte será el cifrado. Cualquier dispositivo de recepción deberá conocer dicha clave para descifrar los

datos. Las claves se insertan como cadenas de 10 o 26 dígitos hexadecimales y 5 o 13 dígitos alfanuméricos.

La activación del cifrado WEP de 128 bits evitará que el pirata informático ocasional acceda a sus archivos o emplee su conexión a Internet de alta velocidad. Sin embargo, si la clave de seguridad es estática o no cambia, es posible que un intruso motivado irrumpa en su red mediante el empleo de tiempo y esfuerzo. Por lo tanto, se recomienda cambiar la clave WEP frecuentemente. A pesar de esta limitación, WEP es mejor que no disponer de ningún tipo de seguridad y debería estar activado como nivel de seguridad mínimo.

2.7.2. WPA (Wi-Fi Protected Access).

WPA emplea el cifrado de clave dinámico, lo que significa que la clave está cambiando constantemente y hacen que las incursiones en la red inalámbrica sean más difíciles que con WEP. WPA está considerado como uno de los más altos niveles de seguridad inalámbrica para su red, es el método recomendado si su dispositivo es compatible con este tipo de cifrado. Las claves se insertan como de dígitos alfanuméricos, sin restricción de longitud, en la que se recomienda utilizar caracteres especiales, números, mayúsculas y minúsculas, y palabras difíciles de asociar entre ellas o con información personal. Dentro de WPA, hay dos versiones de WPA, que utilizan distintos procesos de autenticación:

- ✓ **Para el uso personal doméstico:** El Protocolo de integridad de claves temporales (TKIP) es un tipo de mecanismo empleado para crear el cifrado de clave dinámico y autenticación mutua. TKIP aporta las características de seguridad que corrige las limitaciones de WEP. Debido a que las claves están en constante cambio, ofrecen un alto nivel de seguridad para su red.

- ✓ **Para el uso en empresarial/de negocios:** El Protocolo de autenticación extensible (EAP) se emplea para el intercambio de mensajes durante el proceso de autenticación. Emplea la tecnología de servidor 802.1x para autenticar los usuarios a través de un servidor RADIUS (Servicio de

usuario de marcado con autenticación remota). Esto aporta una seguridad de fuerza industrial para su red, pero necesita un servidor RADIUS.

WPA2 es la segunda generación de WPA y está actualmente disponible en los AP más modernos del mercado. WPA2 no se creó para afrontar ninguna de las limitaciones de WPA, y es compatible con los productos anteriores que son compatibles con WPA. La principal diferencia entre WPA original y WPA2 es que la segunda necesita el Estándar avanzado de cifrado (AES) para el cifrado de los datos, mientras que WPA original emplea TKIP (ver arriba). AES aporta la seguridad necesaria para cumplir los máximos estándares de nivel de muchas de las agencias del gobierno federal. Al igual que WPA original, WPA2 será compatible tanto con la versión para la empresa como con la doméstica.

2.8. MARCO CONCEPTUAL.

- 2.8.1. CCTV:** (siglas en inglés de closed circuit televisión) Circuito cerrado de televisión o es una tecnología de vídeo vigilancia visual diseñada para supervisar una diversidad de ambientes y actividades. Se le denomina circuito cerrado ya que, al contrario de lo que pasa con la difusión, todos sus componentes están enlazados. Además, a diferencia de la televisión convencional, este es un sistema pensado para un número limitado de espectadores.
- 2.8.2. CÓDEC:** Sistema que permite reducir los problemas planteados por el gran espacio de almacenamiento que ocupan los archivos de vídeo. El Códec se utiliza para comprimir un archivo, para que ocupe el menor espacio posible, y descomprimirlo cuando tiene que ser reproducido.
- 2.8.3. dB:** Decibelios es la unidad de medida logarítmica de ganancia.
- 2.8.4. IEEE:** (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Asociación de profesionales norteamericanos que aporta criterios de estandarización de dispositivos eléctricos y electrónicos.
- 2.8.5. LAN:** Red de área local.
- 2.8.6. MAN:** Red de área metropolitana.
- 2.8.7. Mbps:** Megabits por Segundo, medición de tasa de transferencia de datos.

- 2.8.8. Multiplexor** Aparato que permite que distintas líneas de comunicaciones compartan el canal de datos de un ordenador. En el campo de las telecomunicaciones el multiplexor se utiliza como dispositivo que puede recibir varias entradas y transmitir las por un medio de transmisión compartido. Para ello lo que hace es dividir el medio de transmisión en múltiples canales, para que varios nodos puedan comunicarse al mismo tiempo.
- 2.8.9. OFDM:** Orthogonal Frequency Division Multiplexing es una técnica de modulación que transmite señales múltiples simultáneamente sobre una sola trayectoria de transmisión.
- 2.8.10. OSI:** Siglas que significan Open Systems Interconnection o Interconexión de Sistemas Abiertos. Es un modelo o referente creado por la ISO para la interconexión en un contexto de sistemas abiertos. Se trata de un modelo de comunicaciones estándar entre los diferentes terminales y host. Las comunicaciones siguen unas pautas de siete niveles preestablecidos que son Físico, Enlace, Red, Transporte, Sesión, Presentación y Aplicación.
- 2.8.11. SWITCH:** Dispositivo de red que filtra, envía e inunda de frames en base a la dirección de destino de cada frame. El switch opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Término general que se aplica a un dispositivo electrónico o mecánico que permite establecer una conexión cuando resulte necesario y terminarla cuando ya no hay sesión alguna que soportar.
- 2.8.12. TCP / IP:** Es un protocolo de red Transmission Control Protocol (TCP) y el Internet Protocol (IP).
- 2.8.13. WAN:** Red de área ancha.
- 2.8.14. WIFI:** Wireless Fidelity Nos referimos a una de las tecnologías de comunicación inalámbrica.
- 2.8.15. WIRELESS:** Comunicaciones inalámbricas, en las que se utilizan modulación de ondas electromagnéticas, radiaciones o medios ópticos. Estas se propagan por el espacio vacío sin medio físico que comunique cada uno de los extremos de la transmisión.

2.9. HIPOTESIS DE ESTUDIO.

Para el problema formulado se plantea la siguiente hipótesis como una posible solución.

H1 : Utilizando la tecnología inalámbrica WIFI con el estándar IEEE 802.11n, se logrará una mayor capacidad de ancho de banda para la transmisión de datos de video para un sistema de video vigilancia en la ciudad de Juliaca.

2.10. VARIABLES DE ESTUDIO.

2.10.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.

- ✓ Tecnología inalámbrica.
- ✓ Tecnología cámaras HD.

2.10.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

- ✓ Prototipo de Sistema de Video Vigilancia.

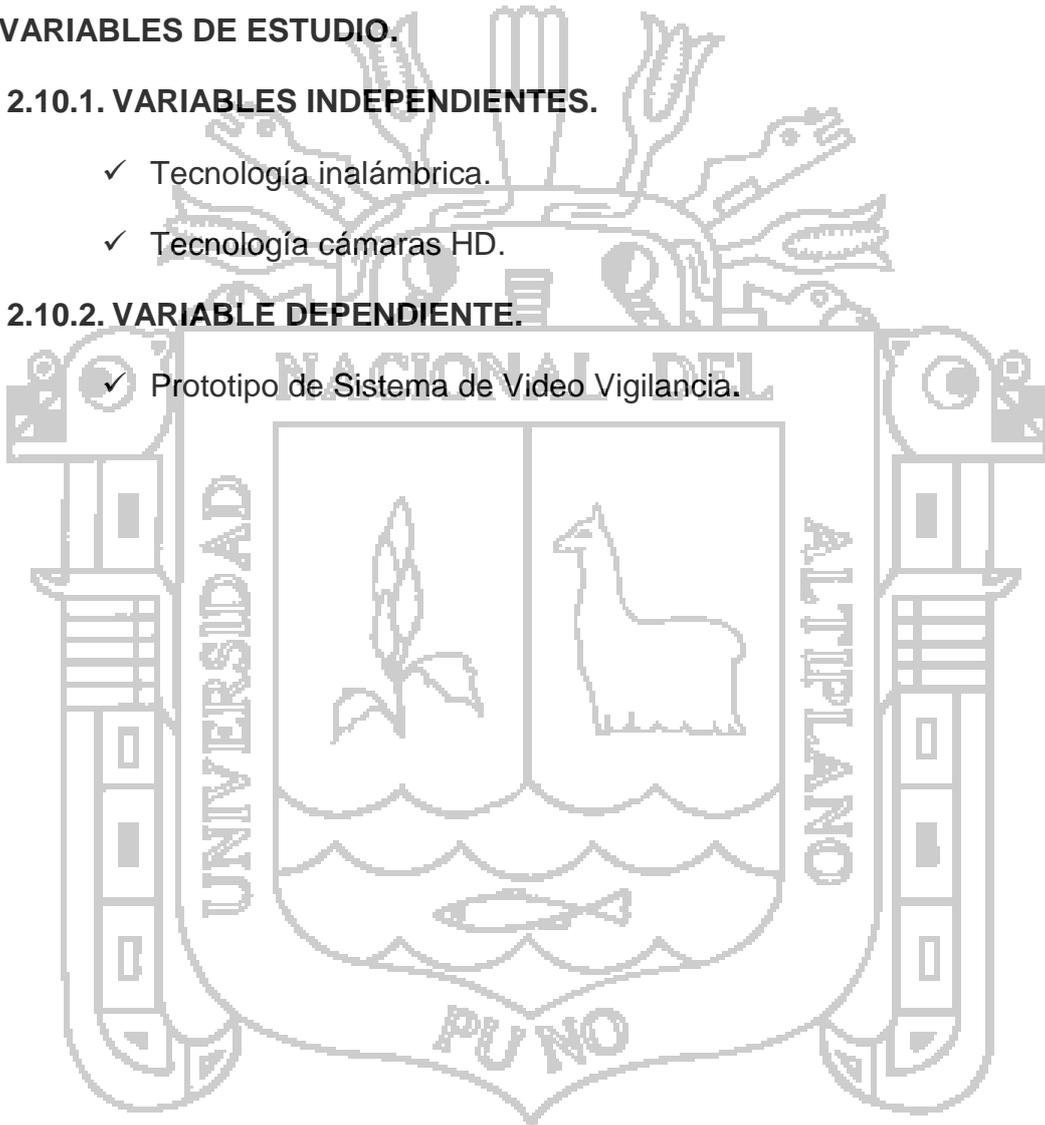


Tabla 2. 10: Variables e Indicadores.

Variables	Dimensionalidad	Indicadores	Índices
<p>Var. Independiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tecnología inalámbrica. ✓ Tecnología cámaras HD. 	<p>Radiación punto a punto.</p> <p>Radiación multipunto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Tipo •Modulación •Frecuencia •Alcance •Cobertura •Resolución en pixeles. •Ancho de banda. 	<ul style="list-style-type: none"> •Bueno •Regular •Malo
<p>Var. Dependiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Prototipo de Sistema de Video Vigilancia. 	<p>Estándar IEEE 802.11n.</p> <p>Protocolo TCP/IP.</p> <p>Telemática</p> <p>Teleinformática</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Links de LoS y NLoS •Perfiles de trayectorias •Inferencia estadística •Campos Electro-magnéticos •Directividad de radiación •Ancho de Haz •Sensibilidad •Estabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> •Óptimo •No óptimo
<p>Variable Interviniente</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Experto Humano 	<p>Estaciones fijas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Calidad del servicio (QoS) 	<ul style="list-style-type: none"> •Bueno •Regular •Malo

CAPITULO III

METODO DE INVESTIGACIÓN

3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El nivel de investigación para el presente trabajo es: Descriptivo y Aplicativo.

3.2. AREA DE INVESTIGACIÓN.

El área en que se fundamenta el siguiente trabajo es en el área de: Telemática y Telecomunicaciones.

3.3. LINEA DE INVESTIGACIÓN: Telemática

3.4. POBLACIÓN.

La Ciudad de Juliaca, actualmente es una ciudad en pleno crecimiento comercial, con una población de 225,146 habitantes y con una tasa anual de crecimiento del 2.5 %.¹⁶Debido a este acelerado crecimiento también sus problemas y necesidades son evidentes el comercio informal, el tránsito, inseguridad ciudadana entre otros, que se originan debido a factores propios de la ciudad convirtiéndose en un problema incontrolable para las autoridades.

3.5. MUESTRA.

La muestra que se toma para análisis del presente trabajo de investigación es del 10%, que representa 2,251 habitantes.

3.6. TÉCNICAS.

3.6.1. OBSERVACION:

Se utilizó para el comportamiento del sistema aplicando el software de simulación Radio mobile y el software de AXIS DesignTool, para la evaluación final de los subsistemas.

¹⁶INEI Censos Nacionales de Población y vivienda, población nominalmente censada según departamento y distrito por sexo y años 2007 Pag. 105.

3.7. INSTRUMENTOS.

3.7.1. FICHA DE OBSERVACION:

Los resultados obtenidos, aplicando la técnica de la observación y aplicando el enfoque cuantitativo de la presente investigación fueron anotados en las respectivas tablas.



CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN AREA DE INVESTIGACIÓN

4.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA

4.1.1. UBICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE LA CIUDAD DE JULIACA.

Juliaca es una ciudad altiplánica, capital de la Provincia de San Román, de la Región Puno en el Sur del Perú, que se encuentra a 3.825 metros sobre el nivel del mar, tiene una extensión de 533,47 km² y una población aproximada de 225,146 habitantes según censo del 2007.

Siendo Juliaca una ciudad que está creciendo considerablemente, el índice delincencial también se ha incrementado. La división de serenazgo, de acuerdo a las intervenciones y llamadas de auxilio ha determinado los lugares en donde es más recurrente los actos delincuenciales dentro de la ciudad. En estas calles se produce constantes robos y asaltos a transeúntes que circulan en forma normal; estos puntos son los siguientes:

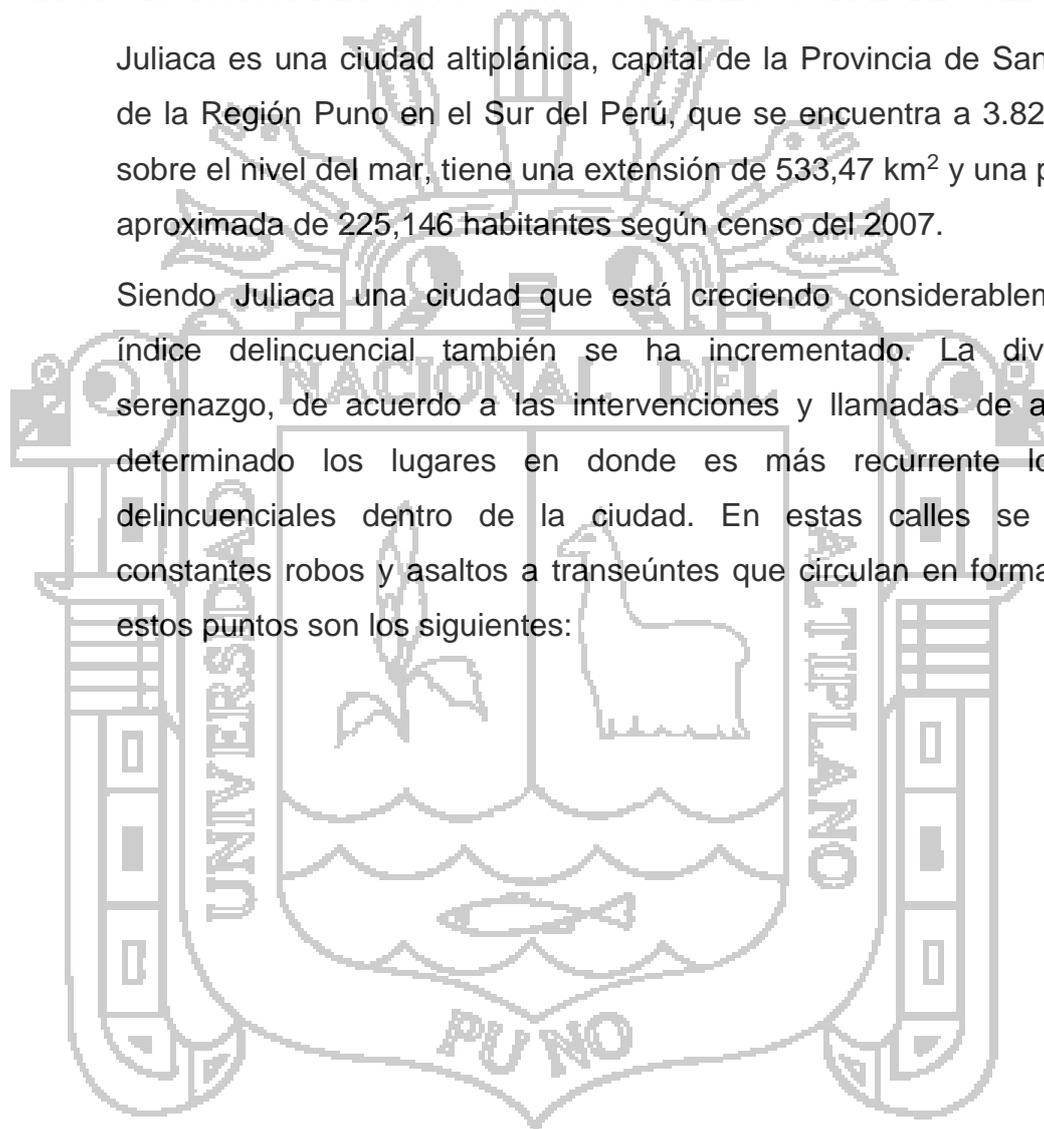


Tabla 4. 1: Lugares donde se presentan con mayor frecuencia actos delincuenciales.

N°	Calles
1	Jr. Cahuide/mariano nuñez
2	Jr. Sucre/mariano nuñez
3	Jr. Libertad/Jr. Lambayeque
4	Jr. 4 de noviembre/Jr. Huancane
5	Jr. Lima/av. Ferial (laguna temporal)
6	Jr. Mariano nuñez/n. De pierola
7	Jr. 2 de mayo/Jr. San Román
8	Jr. Jorge Chávez/Jr. San roman
9	Jr. Mariano nuñez/Jr. Bolívar
10	Jr. 9 de diciembre/Jr. San Román
11	Av. Circunvalación/Jr. Garcilaso
12	Jr. Cabana/Manuel nuñez butrón
13	Av. Tacna/Manuel nuñez butron
14	Jr. Ayaviri/Jr. Raúl porras
15	Jr. Moquegua/benigno Ballón
16	Jr. Huancane/Raúl porras
17	Av. Circunvalación/Jr. San Martín
18	Av. Huancane/av. Perú
19	Jr. Circunvalación/av. Huancane
20	Av. Normal/av. El sol
21	Jr. Libertad/Jr. Sucre
22	Jr. Huáscar/Jr. Junín
23	Jr. Ayacucho/Jr. Huáscar
24	Jr. Ricardo palma/Jr. Jauregui.
25	Jr. Piura/la rinconada iii etapa (piscina)
26	Jr. Unión/Jr. Bolívar
27	Av. Circunvalación/av. Tacna
28	Jr. 2 de mayo/Jr. Ica
29	Jr. Salaverry/Jr. Jáuregui
30	Jr. Calixto arestegui/Jr. Ayacucho

Mapa Distribución de Estaciones de Vigilancia

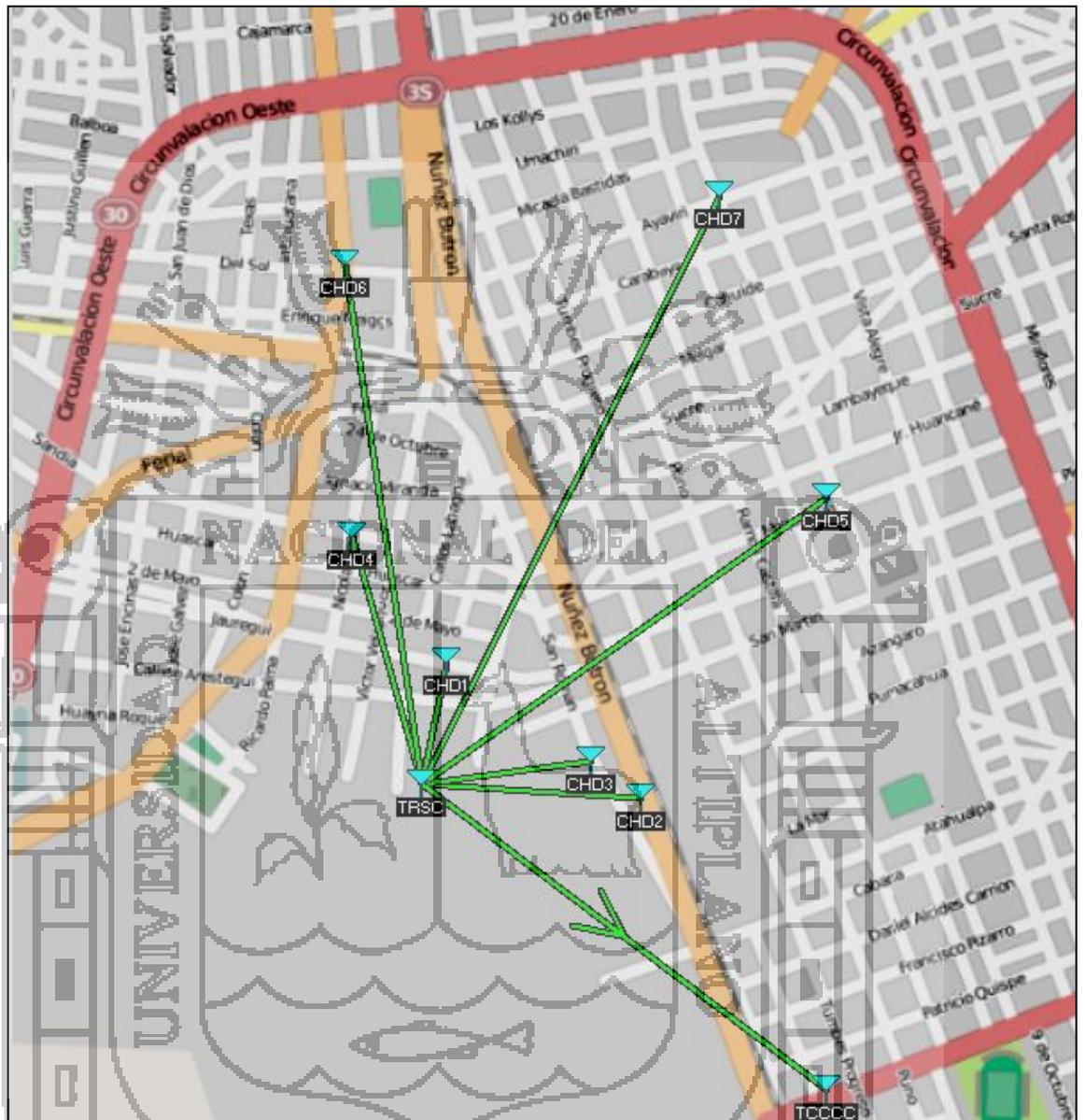


Figura 4. 1: Distribución de estaciones de vigilancia IP

CAPITULO V

EXPOSICIÓN Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

5.1. CALCULO ANCHO DE BANDA.

5.1.1. FORMULA CALCULO DE ANCHO DE BANDA.

A continuación vamos a determinar el ancho de banda teórico necesario es decir, sin formato de compresión y sin tomar en cuenta el tamaño real de bits a transmitirse. Para los cálculos se tomará en cuenta una resolución Full HDTV de 1920 x 1080 pixeles, 24 bits por pixel (color real) y una frecuencia de 10 imágenes por segundo.

$$I(\text{imagen}) = 24 \frac{\text{bits}}{\text{pixel}} \times 2073600 \text{ pixeles} = 49766400 \frac{\text{bits}}{\text{imagen}}$$

$$R = I(\text{imagen}) \times \text{frecuencia}$$

$$R = 49766400 \frac{\text{bits}}{\text{imagen}} \times 10 \frac{\text{imagenes}}{\text{segundo}} = 497.66 \text{Mbps}$$

$$\text{HDTV}_{1\text{CAMARA}} = 497.66 \text{Mbps}$$

5.1.2. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO.

Los productos de vídeo en red utilizan el ancho de banda de red y el espacio de almacenamiento basándose en sus configuraciones, esto depende de lo siguiente:

- Escena: Complejidad de imagen
- Resolución de imagen
- Imágenes por segundo
- Tipo de compresión de vídeo: Motion JPEG, MPEG-4, H.264
- Número de cámaras
- Si la grabación será continua o basada en eventos
- Número de horas al día que la cámara estará grabando
- Cuanto tiempo deben almacenarse los datos.

5.1.3. SIMULACION CON AXIS DESIGN TOOL.

A causa de diversas variables que afectan a los niveles de frecuencia de bits media, los cálculos son aproximados. Una herramienta útil para el cálculo de los requisitos de ancho de banda y almacenamiento es AXIS DesignTool.

La tabla 12 muestra el espacio requerido en disco para almacenamiento de acuerdo a la variación de factores como: Fotogramas por segundo, Formato, tiempo de grabación. Con algunos cambios en una escena, las cifras pueden ser un 20% inferior. La cantidad de movimiento de una escena puede tener un gran impacto en el almacenamiento requerido.

Cámara	Formato	Velocidad binaria aprox. (Kbps)	Imágenes por segundo	MB/hora	Horas de funcionamiento	GB/día
No. 1	CIF	110	5	49.5	8	0.4
No. 2	CIF	250	15	112.5	8	0.9
No. 3	4CIF	600	15	270	12	3.2
No. 4	HDTV	2230	10	1003.5	12	12.04
No. 5	FULL HDTV	5030	10	2263.5	12	27.16

Tabla 5. 1: Cálculo de requisitos de ancho de banda y almacenamiento.

Utilizando AXIS DesignTool.

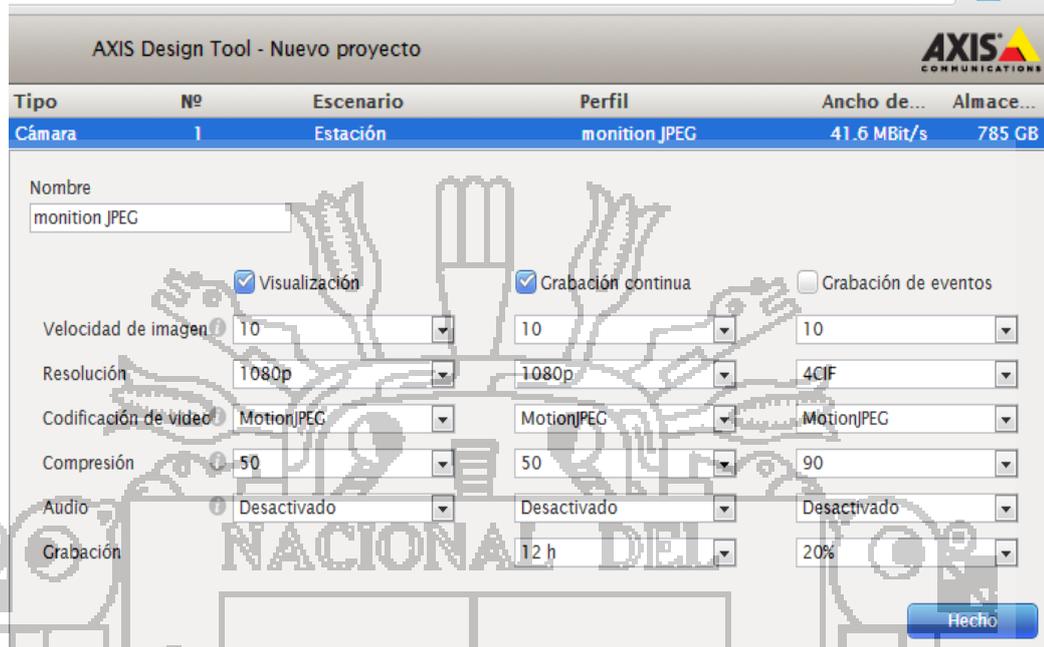


Figura 5. 1: Calculo de ancho de banda para el formato Motion JPEG

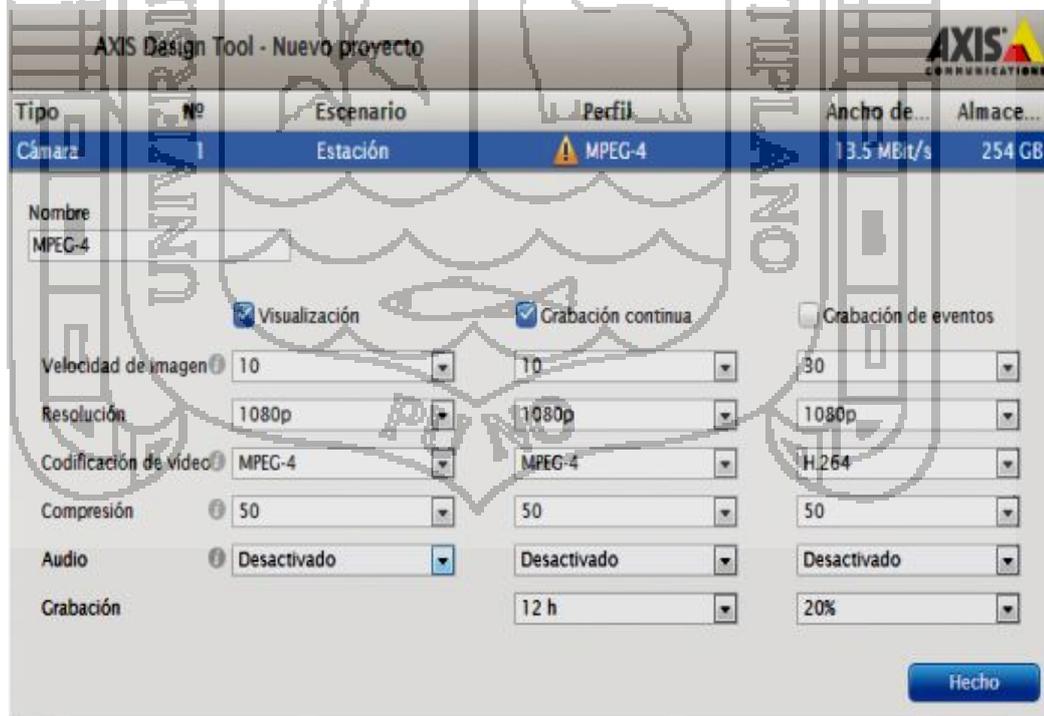


Figura 5. 2: Cálculo de ancho de banda para formato MPEG-4

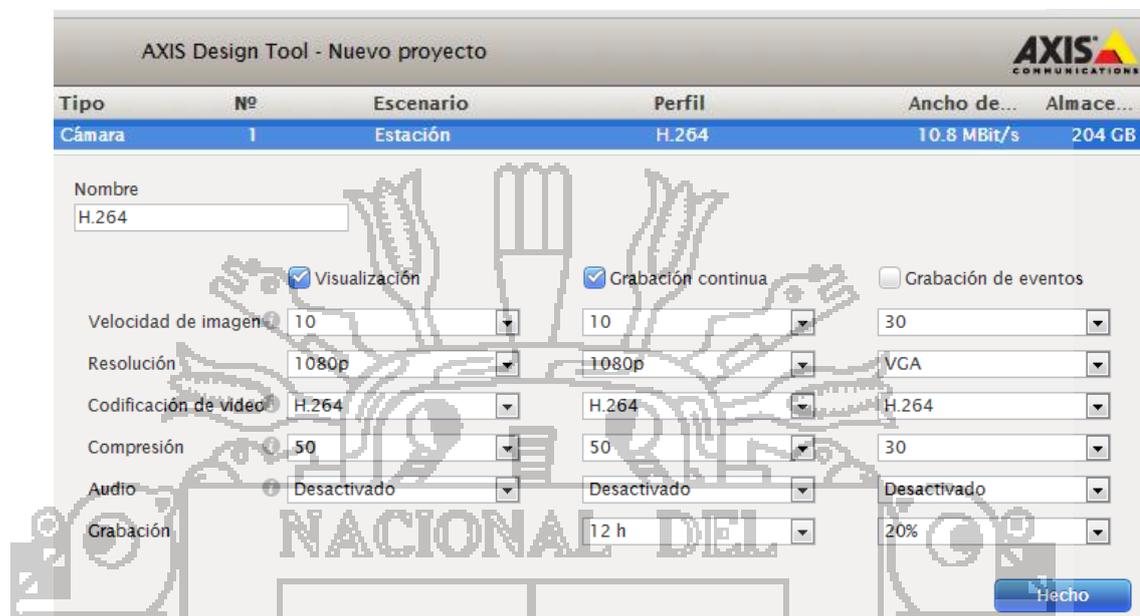


Figura 5. 3: Calculo de ancho de banda copara el formato H- 264

Tabla 5. 2: Calculo de ancho de banda con AXIS Design Tool

Resolución	Codificación de video	Velocidad de imagen	Mbps
Full HDTV	Monition JPG	10	41.6
1080p	MPG-4	10	13.5
1080p	H264	10	10.8

5.2. ELECCIÓN DE LAS CÁMARAS IP.

5.2.1. CÁMARAS DE RED CON RESOLUCIÓN HDTV.

Una de las exclusivas ventajas que el vídeo de red aporta al mercado de la video vigilancia es la posibilidad de traspasar los límites de la frecuencia de imagen y la resolución PAL/NTSC tradicional y disfrutar de vídeo de alta resolución con la máxima precisión de imagen. Incluso las cámaras de red de 1 megapíxel ofrecen una resolución como mínimo tres veces mejor que las cámaras CCTV analógicas. La resolución HDTV implica que la imagen resulta muy agradable para la vista. Muestra una imagen en formato panorámico 16x9, ideal para las pantallas y los televisores más modernos, y ya existen cámaras de red que ofrecen una resolución de 8 megapíxeles y más.

5.2.2. CÁMARA VIVOTEK SD8362E FULL HDTV.

La cámara VIVOTEK SD8362E forma parte de la línea de productos de la serie SUPREME que ofrece una resolución de 2 MP o 1080p con una calidad de imagen impresionante. Con la adopción de las lentes del zoom de 20x, la SD8362E es capaz de capturar los detalles con una calidad inmejorable. La carcasa con clasificación IP-66 protege la estructura de la cámara contra la lluvia y la suciedad en un rango de temperatura situado entre los -40°C y los 55°C. Esta característica permite su utilización bajo condiciones atmosféricas extremas. Es muy adecuada para la monitorización en espacios amplios en interiores / exteriores como aeropuertos, autopistas y parkings, donde son necesarias una alta precisión y fiabilidad.

La SD8363E admite la tecnología de compresión de alto rendimiento H.264 / MPEG-4 / MJPEG y ofrece una calidad de vídeo extra rápida con una resolución de hasta 60 fps 720 p y 30 fps a 1080p. Gracias a la tecnología WDR, la SD836E puede superar las condiciones exigentes de iluminación para generar una calidad de imagen cercana a las habilidades del ojo humano. Con su sofisticado mecanismo de inclinación / panorámica, la cámara ofrece un movimiento preciso y rápido con un

movimiento panorámico continuo de 360° y una inclinación de 90°. Los usuarios podrán controlar fácilmente la posición de las lentes con el ratón o el joystick para realizar el seguimiento del objeto de interés, así como configurar hasta 128 posiciones pre configurado, para la monitorización.

Como ocurre con todas las cámaras VIVOTEK nocturnas / diurnas, la SD8362E se caracteriza por su filtro extraíble IR-cut, ofreciendo imágenes nítidas las 24 horas del día. La detección del audio es otra de las nuevas características disponibles en la SD8362E. Gracias al reconocimiento del aumento o descenso del volumen de un sonido, se asegura otra capa más en la detección de una intrusión. Con otras características avanzadas, como la ranura de tarjeta SD/SDHC, 802.3 de conformidad con PoE Plus y vídeo de alta calidad a 60 fps, la SD8362E es la mejor elección para las aplicaciones de vigilancia en exterior más exigentes.



Figura 5. 4: Camara Full HD.

5.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CAMARA.

- Sensor CMOS SONY con Alta Definición Completa
- Hasta 60 fps a 720p HD
- Hasta 30 fps a 1080p Full HD
- Lentes del zoom de 20x
- Filtro IR removible para función día / noche
- Panorámica continua de 360° e Inclinación de 90°
- Compresión en tiempo real de H.264, MPEG-4 y MJPEG (Código Triple)
- WDR Pro para obtener una visibilidad inmejorable en ambientes de alto contraste
- Resistencia anti vandalismo y protección (IP66)
- Rango de temperatura amplio de -40°C ~ 55°C para condiciones atmosféricas adversas
- Detección de audio para alertas instantáneas
- 802.3 integrada de conformidad con PoE Plus
- Máscaras de privacidad en 3D para protección adicional
- Ranura de tarjeta SD/SDHC integrada para almacenamiento interno

5.3. ELECCIÓN DE DISPOSITIVOS INALÁMBRICOS PARA LOS RADIO ENLACES PUNTO A PUNTO Y BACKHAUL.

Para realizar las conexiones de una red inalámbrica existen una serie de dispositivos que cumplen esa función y manejan un solo estándar que es la IEEE 802.11, las mismas sirven para el manejo de video en redes ya que para enviar la señal de video esa señal es digitalizada previamente.

Entre los dispositivos más comunes se tiene: Antenas Internas y Externas, Punto de Acceso, Punto de Extensión, Bridge Inalámbrico(Punto a Punto), Switch Inalámbrico, Router Switch Inalámbrico.

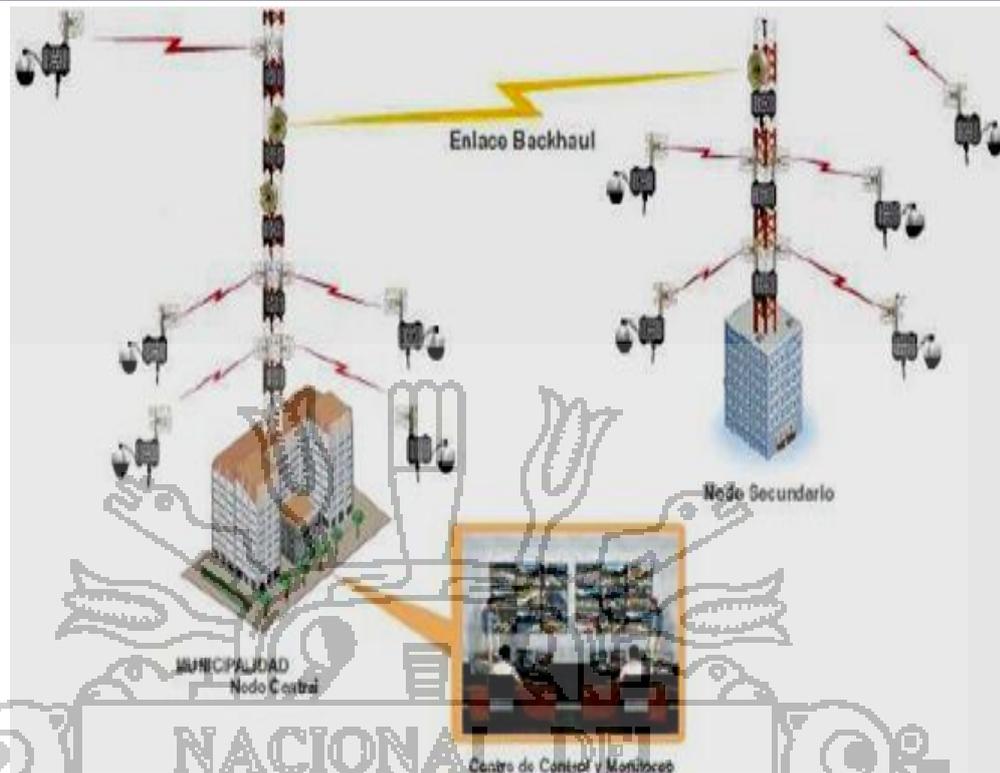


Figura 5. 5: Aplicación Típica de Video Vigilancia Inalámbrica.

5.3.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS.

- ✓ Características del Procesador: Atheros MIPS 24KC, 400MHz
- ✓ Memoria: 32MB SDRAM, 8MB Flash
- ✓ Interface de Red: 1 X 10/100 Base-TX (Cat. 5,RJ-45)
- ✓ Certificaciones inalámbricas: FCC Part 15.247, IC RS210, CE
- ✓ Conformidad ROHS: Si
- ✓ Frecuencia de funcionamiento: 5475MHz-5825MHz
- ✓ Características de la caja: Exterior, plástico UV estabilizado
- ✓ Mounting Kit: Kit de montaje en mástil incluido
- ✓ Alimentación:24V, inyector PoE incluido (POE-24)
- ✓ Método de Alimentación: PoE pasivo (pares 4,5+; 7,8 retorno)
- ✓ Temperatura de funcionamiento: -30C to 75C
- ✓ Tamaño de la antena 420mm de diámetro

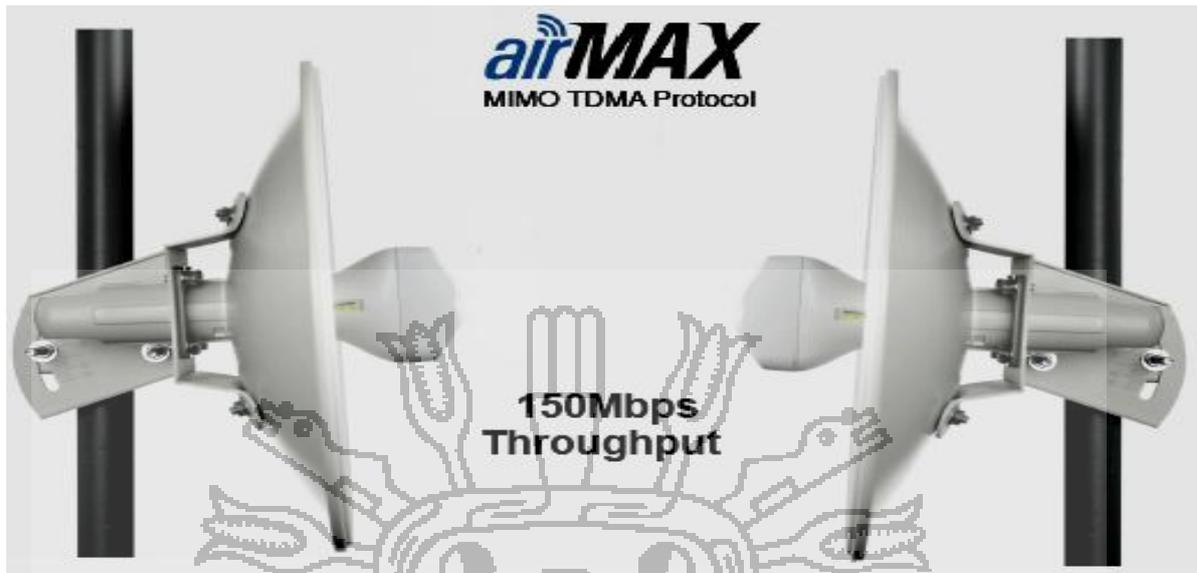


Figura 5. 6: Antena Parabolica AirMax.

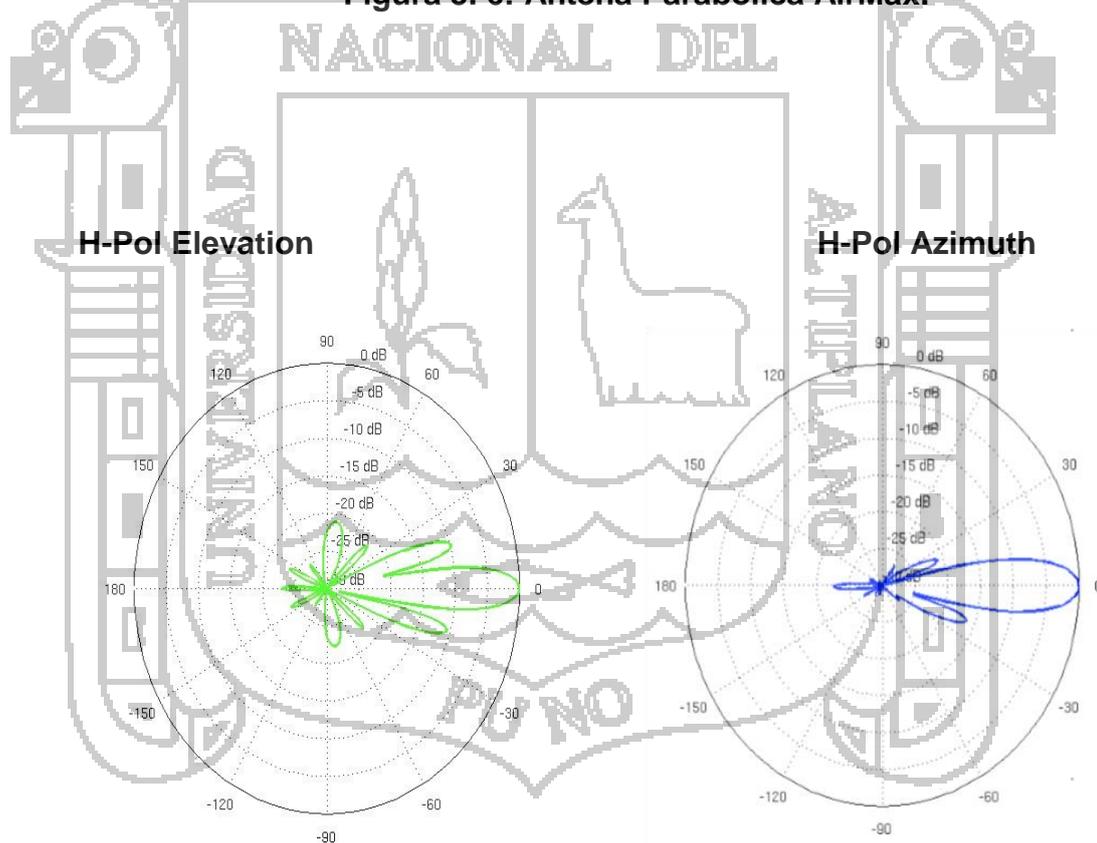


Figura 5. 7: Patrones de Radiación.

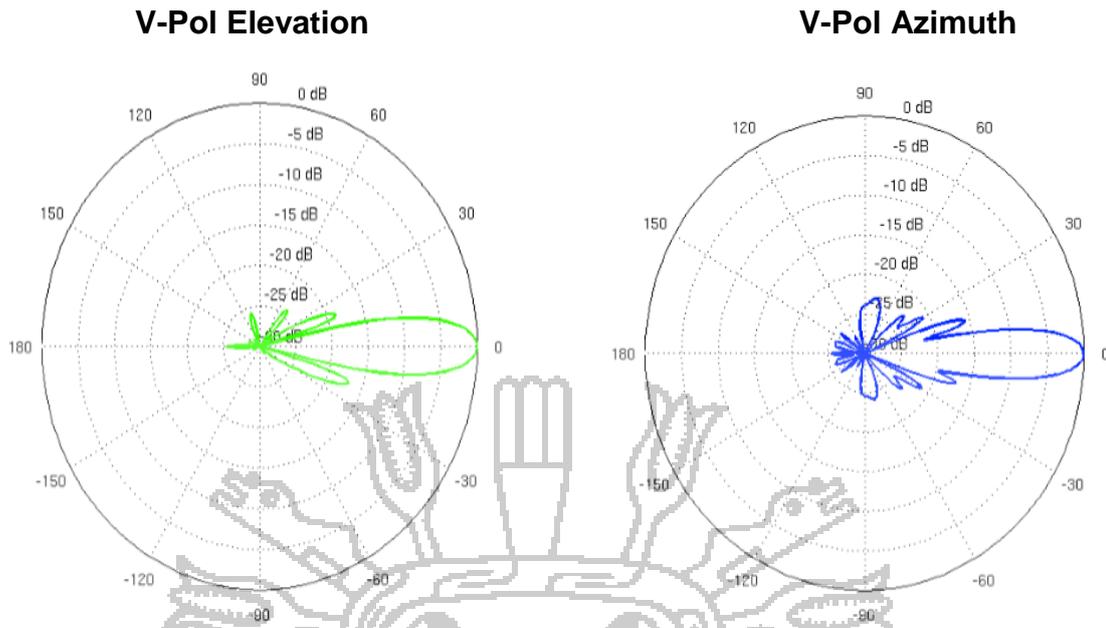


Figura 5. 8: Patrones de Radiación.

5.4. CALCULO DE ALCANDE DE RADIO ENLACE PUNTO A PUNTO.

A continuación se desarrolla el cálculo teórico, con los datos técnicos específicos de los equipos seleccionados, para determinar la distancia teórica (alcance) del radio enlace. Cabe recalcar que se usa la menor potencia de transmisión y menor sensibilidad de recepción de los equipos **NanoBridge M5** y así garantizando la máxima transferencia de datos que es el **MCS15 a 300 Mbps**

$$P_{Tx} - \alpha_{Tx} + G_{Tx} - FSL + G_{Rx} - \alpha_{Rx} - margen \geq Sensibilidad_{Rx}$$

DONDE:

P_{Tx}

Potencia de transmisor

α_{Tx}

Perdida por cable y conectores

G_{Tx}

Ganancia de la antena del transmisor

FSL

Perdida en el espacio

G_{Rx}

Ganancia de la antena receptora

α_{Rx}	Perdida de cable y conectores de receptor
<i>margen</i>	Margen
<i>Sensibilidad_{Rx}</i>	Sensibilidad del Receptor

5.4.1. CALCULO DE DISTANCIAS CORTAS.

Para el cálculo de alcance de radio enlace a distancias cortas entre las cámaras de video y la repetidora utilizamos el equipo seleccionado **Ubiquiti AIRMAX NanoBridge Serie M, 5GHz 22dBi polarización dual, Antena parabólica**. El Nanobridge con antena MIMO de gran ganancia ofrece una relación coste/rendimiento sin igual. Rendimiento Real hasta 150 Mbps y un alcance superior a 10km. El equipo NanoBridge M basado en la revolucionaria tecnología AirMax de Ubiquiti y el protocolo TDMA permite la escalabilidad y realizar enlaces gran fiabilidad y alto rendimiento.

$$18\text{ dBm} - 0 + 22\text{ dBi} - FSL + 22\text{ dBi} - 0 - 15\text{ dBm} \geq -75\text{ dBm}$$

$$18\text{ dBm} + 22\text{ dBi} - FSL + 22\text{ dBi} - 15\text{ dBm} = -72\text{ dBm}$$

$$FSL = 122\text{ dB}$$

$$FSL = 20\log_{10}f(\text{MHz}) + 20\log_{10}D(\text{Km}) + 32,45[\text{dB}]$$

$$122\text{ dB} = 20\log_{10}(5800) + 20\log_{10}D + 32,45$$

$$\log_{10}D = 0,7141$$

$$D = 5,1772602[\text{Km}]$$

$$D = 5177.2602[\text{m}]$$

Dado que los equipos se usan para los radio enlaces punto a punto para las cámaras CHD1, CHD2, CHD3, CHD4 ya que este último es el más distante de los 4, que está a 600m se verifica que el equipo seleccionado cumple con los resultados.

5.4.2. CALCULO DE DISTANCIAS LARGAS.

Para el cálculo de alcance de radio enlace a distancias largas entre las cámaras de video y la repetidora utilizamos el equipo seleccionado **Ubiquiti AIRMAX NanoBridge Serie M, 5GHz 25dBi polarización dual, Antena parabólica**. El Nanobridge con antena MIMO de gran ganancia ofrece una relación coste/rendimiento sin igual. Rendimiento real hasta 150 Mbps y un alcance superior a 20km. El equipo NanoBridge M basado en la revolucionaria tecnología AirMax de Ubiquiti y el protocolo TDMA permite la escalabilidad y realizar enlaces gran fiabilidad y alto rendimiento.

$$18 \text{ dBm} - 0 + 25 \text{ dBi} - FSL + 25 \text{ dBi} - 0 - 15 \text{ dBm} \geq -75 \text{ dBm}$$

$$18 \text{ dBm} + 25 \text{ dBi} - FSL + 25 \text{ dBi} - 15 \text{ dBm} = -72 \text{ dBm}$$

$$FSL = 128 \text{ dB}$$

$$FSL = 20 \log_{10} f(\text{MHz}) + 20 \log_{10} D(\text{Km}) + 32,45 [\text{dB}]$$

$$128 \text{ dB} = 20 \log_{10} (5800) + 20 \log_{10} D + 32,45$$

$$\log_{10} D = 1,0141$$

$$D = 10,329992 [\text{Km}]$$

$$D = 10329,992 [\text{m}]$$

Dado que los equipos se usan para los radio enlaces punto a punto para las cámaras CHD5, CHD6, CHD7 ya que este último es el más distante de los 3, que está a 1530m se verifica que el equipo seleccionado cumple con los requerimientos.

5.4.3. RADIO ENLACE BACKHAUL.

i. AF24 AIRFIBER24 GHZ PUNTO A PUNTO.

AirFiber es un verdadero revolucionario de 24 GHz Punto a Punto de radio de Ubiquiti Networks. Con un diseño compacto y altamente eficiente, ofrece un rendimiento revolucionario más de 1,4 Gbps, y un enlace superior a 13 kilómetros.

AirFiber marca el comienzo de una nueva era en la tecnología inalámbrica y con relación costo/rendimiento sin igual, tecnología de portadora de clase Backhaul.

AirFiber opera en una frecuencia sin licencia de 24 GHz. Cualquier persona en el mundo puede comprar y operar AirFiber sin permisos especiales, trámites o costos adicionales de licencia. Los usuarios son libres de localizar, implementar y operar AirFiber prácticamente en cualquier lugar que elija.

ii. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

- ✓ FDD = (2) 100 MHz canales y TDD = (1) 100 MHz channel
- ✓ Frecuencia Operación 24.05 – 24.25 GHz
- ✓ Dimensiones 649 x 426 x 303 mm
- ✓ Peso 10,5 kg (montaje incluido)
- ✓ Max. Consumo de potencia < 50W
- ✓ Fuente de alimentación 50V, 1.2A PoE Giga Adapter
- ✓ Alimentación a través de Ethernet método pasivo (42-58VDC)
- ✓ Certificación CE, FCC, IC
- ✓ Kit de montaje en mástil (incluido)
- ✓ Temperatura de funcionamiento -40 a 55 ° C (-40 a 131 ° F)

- ✓ Puerto de datos (1) Puerto Ethernet 10/100/1000
- ✓ Puerto Auxiliar (1) RJ-12,
- ✓ Máximo Rendimiento 1.4+ Gbps
- ✓ Máximo Rango 13+ km
- ✓ Paquetes por segundo > 1 Millón
- ✓ Encriptación 128-Bit AES

Tabla 5. 3: Especificaciones de sensibilidad y rendimiento de irMax M5 en configuración punto a punto.

Modulación	Sensibilidad	FDD Capacidad	TDD Capacidad
64QAM	-66 dBm	1500 Mbps	760 Mbps
16QAM	-72 dBm	1000 Mbps	507 Mbps
QPSK MIMO	-78 dBm	500 Mbps	253 Mbps
QPSK SISO	-80 dBm	250 Mbps	127 Mbps
¼x QPSK SISO	-87 dBm	62.5 Mbps	31.7 Mbps



Figura 5. 9: Enlace Punto a Punto

5.5. CENTRAL DE MONITOREO.

5.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE MONITOREO.

Cabe recalcar que se puede usar cualquier computadora que cumpla con las mínimas características establecidas y no necesariamente una portátil, ya que en el mercado se encuentran adaptadores inalámbricos USB y PCI que pueden adaptarse sin problema al sistema de video vigilancia.

5.5.2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA GESTOR DE VIDEO.

Un sistema de gestión de video puede admitir muchas características diferentes. A continuación, se enumeran algunas de las principales características que debe cumplir:

- ✓ Visualización simultánea de video desde varias cámaras
- ✓ Localización y visualización del estado de la conexión de los dispositivos de video de la red
- ✓ Configuración de direcciones IP
- ✓ Grabación de video y audio
- ✓ Configurar el tipo de compresión (Motion JPEG, MPEG-4, H.264) para la grabación y el número de fotogramas por segundo.
- ✓ Funciones de gestión de eventos con video inteligente, como detección de movimiento de video
- ✓ Administración y gestión de cámaras
- ✓ Opciones de búsqueda y reproducción
- ✓ Configuración de unidades únicas o múltiples
- ✓ Gestión de actualizaciones de firmware de unidades múltiples.
- ✓ Gestión de los derechos de acceso de los usuarios
- ✓ Hoja de configuración que permite a los usuarios obtener, en una sola ubicación, un resumen de todas las configuraciones de cámara y de grabación.

5.6. UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS.

Una vez seleccionados los equipos procedemos a definir la ubicación de los mismos. Las cámaras IP para vigilancia estarán ubicadas en puntos estratégicos puntuales de tal forma que permitirán mejorar la seguridad, el control y prevención de riesgos. Analizando estos puntos donde se podrá incrementar la seguridad se tiene los siguientes sitios donde ubicaremos las cámaras. Tomando referencia de los puntos críticos mencionados anteriormente, se ubican puntos en Plazas y Mercados de mayor tránsito peatonal, se colocan cámaras Domos PTZ Full HDTV. Tomado las coordenadas de Google Earth.

Tabla 5. 4: Ubicación de las camaras domosPTZ full HDTV.

Nombre	Ubicación	Coordenadas Latitud /Longitud
CHD1	Plaza de Armas (Jr. Salaverry/Jr. Jauregui)	15°29'37.27"S 70° 8'7.33"O
CHD2	Plaza Bolognesi (Jr. Mariano Nuñez/Jr. Loreto)	15°29'47.54"S 70° 7'52.27"O
CHD3	Calle Union (Jr. Jorge Chávez / Jr. San Román)	15°29'44.79"S 70° 7'56.04"O
CHD4	Mercado Sta. Bárbara (Jr. Lampa / Jr. Sandia)	15°29'27.75"S 70° 8'14.60"O
CHD5	Mercado Túpac Amaru (Jr. Moquegua / Jr. Raúl Porras)	15°29'24.87"S 70° 7'36.80"O
CHD6	Mercado las Mercedes (Av. Sol / Av. Normal)	15°29'7.21"S 70° 8'15.18"O
CHD7	Mercado San José (Jr. Raúl Porras / Jr. Ayaviri)	15°29'2.12"S 70° 7'46.16"O
TRSC	Torre de Radio Enlace (Reservorio de Agua, Sta. Cruz)	15°30'9.58"S 70° 7'37.78"O
TCCCC	Torre de Radio Enlace (Cerro Colorado, Centro de Control)	15°29'46.50"S 70° 8'9.30"O

Utilizando Programa de Simulación Para Radio Enlaces Radio Mobile, se ingresa los datos de la tabla.

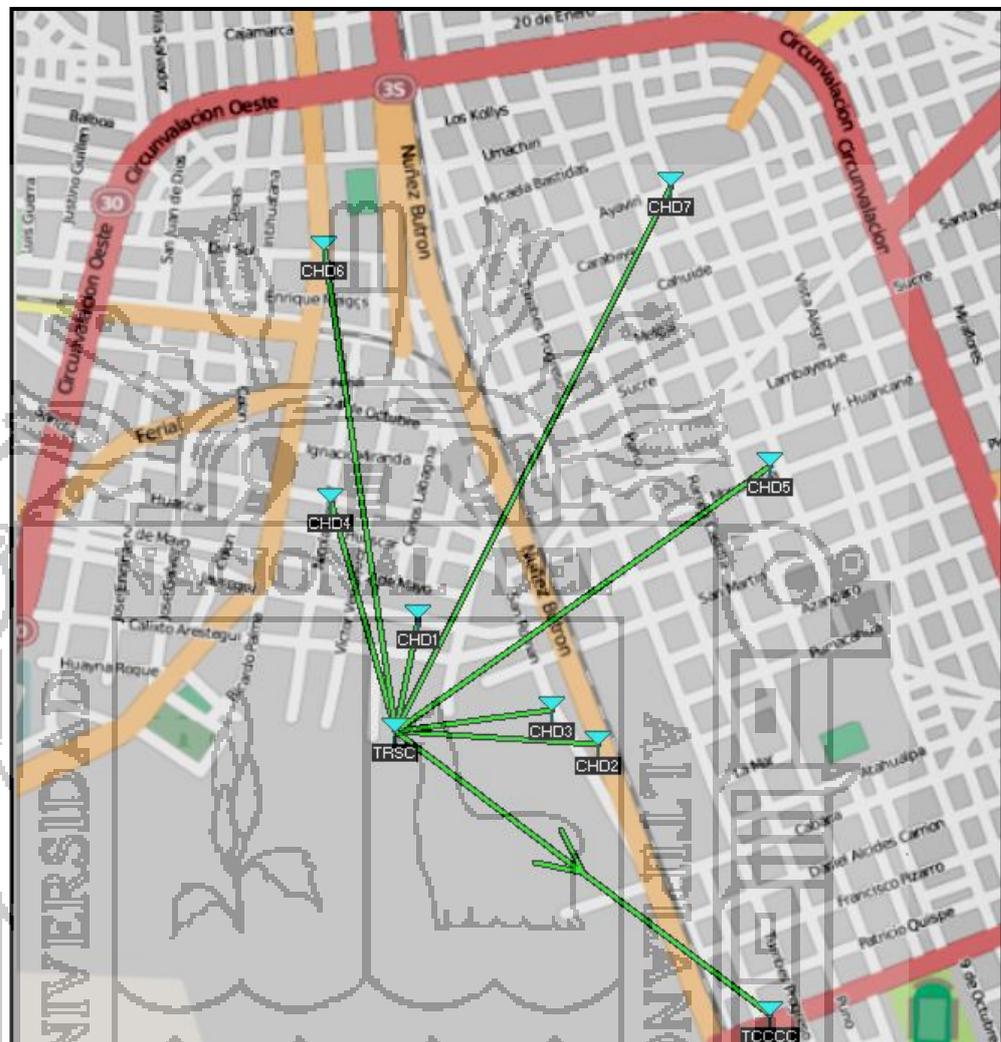


Figura 5. 10: Ubicación de las Camaras

La central de monitoreo se encuentra en la oficina de seguridad ciudadana ubicado en la salida Puno, barrio cerro colorado, el monitoreo se realiza mediante una computadora que esta enganchada a la red inalámbrica del sistema de video vigilancia, utilizando el software propio de las cámaras o un software proporcionado por Vivotek. El almacenamiento se realiza en la central de monitoreo, para la grabación de video se usa el software proporcionado por Vivotek.

5.7. IMPLEMENTACIÓN

A continuación se muestra paso a paso la configuración de cada equipo para el radio enlace del sistema de video vigilancia:

5.7.1. CONFIGURACION DE ENLACE PUNTO A PUNTO INALÁMBRICO CON UBIQUITI NANOBIDGE M5

Este equipo viene por defecto como estación para sistemas WISP, en este proyecto trabajará como punto de acceso. Para poder ingresar a la configuración del equipo tenemos que colocar direcciones IP estáticas que estén en el rango de trabajo del equipo en la tarjeta de área local como se muestra en la figura 3.8.

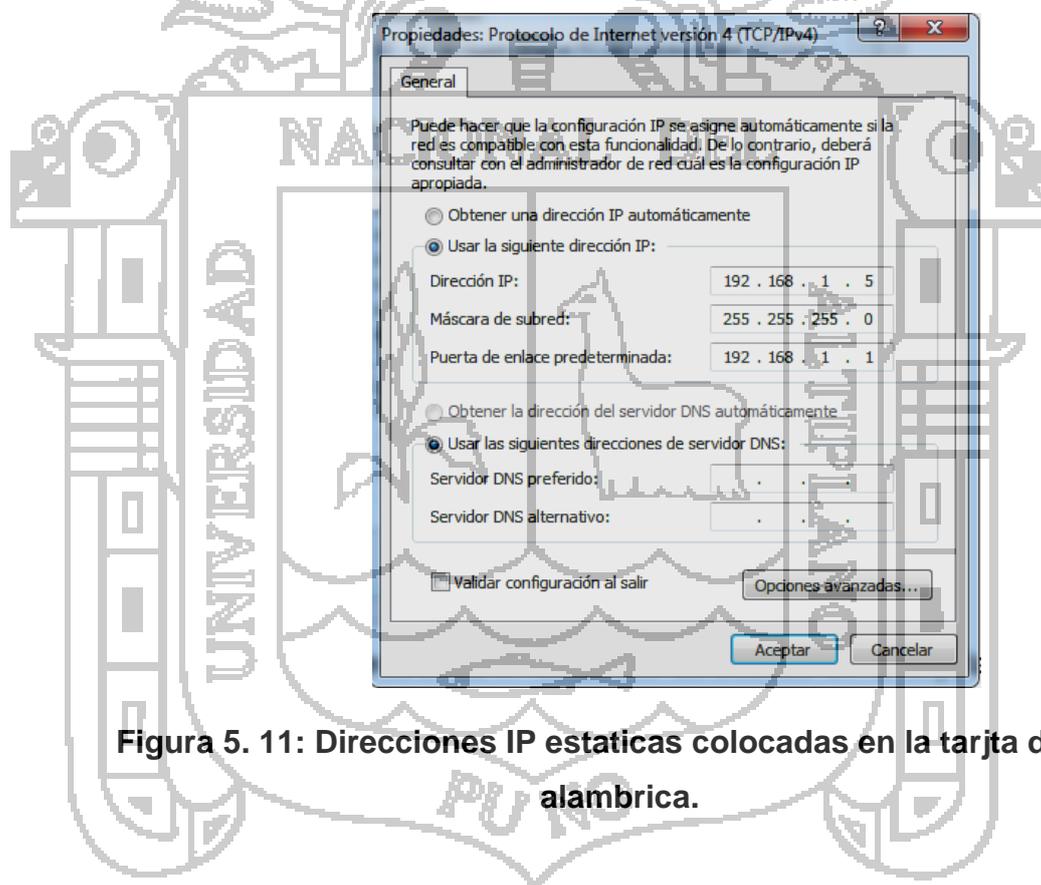


Figura 5. 11: Direcciones IP estaticas colocadas en la tarjeta de res alambrica.

La dirección IP por defecto del equipo es la 192.168.1.20, colocamos esta dirección en el browser de nuestro explorador de Internet, aparece una ventana que nos pide usuario y password que por defecto son *ubnt* y *ubnt* como muestra la figura 3.9.



Figura 5. 12: Usuario y contraseña de la Nano Bridge M5.

A continuación aparece la página principal de la configuración de la NanoBridgeM5 donde muestra los valores por defecto, en la parte superior están las diferentes pestañas como: Main, Wireless, Network, Advanced, Services, System.

Para que nuestro equipo trabaje como punto de acceso vamos a la pestaña *Wireless*, luego en *Modo Inalámbrico* (por defecto está en *Estación*) seleccionamos la opción *Punto de Acceso*, en la siguiente opción *SSID* colocamos el nombre de la red inalámbrica "CHD7" es el radio enlace de la cámara 7 que es mayor distancia.

Para que los cambios queden guardados damos clic en *Cambiar* luego en *Aplicar*, el procedimiento aquí descrito está ilustrado en la figura.

5.7.2. CONFIGURACION DE UBIQUITI NANOBIDGE M5 COMO PUNTO DE ACCESO.

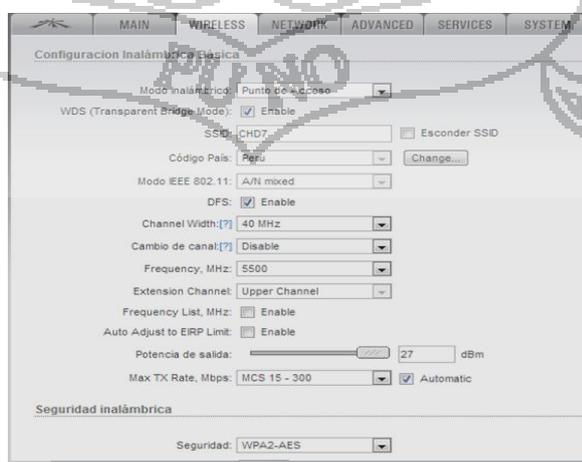


Figura 5. 13: Configuración NanoBridge M5 como Punto de acceso.

Luego de que terminen de aplicarse los cambios vamos a la pestaña Network, en Network Settings en la opción Bridge IP Address colocamos por *Estático*, IP *192.168.1.251*, para que los cambios queden guardados damos click en *Cambiar* luego en *Aplicar* como muestra la siguiente figura.

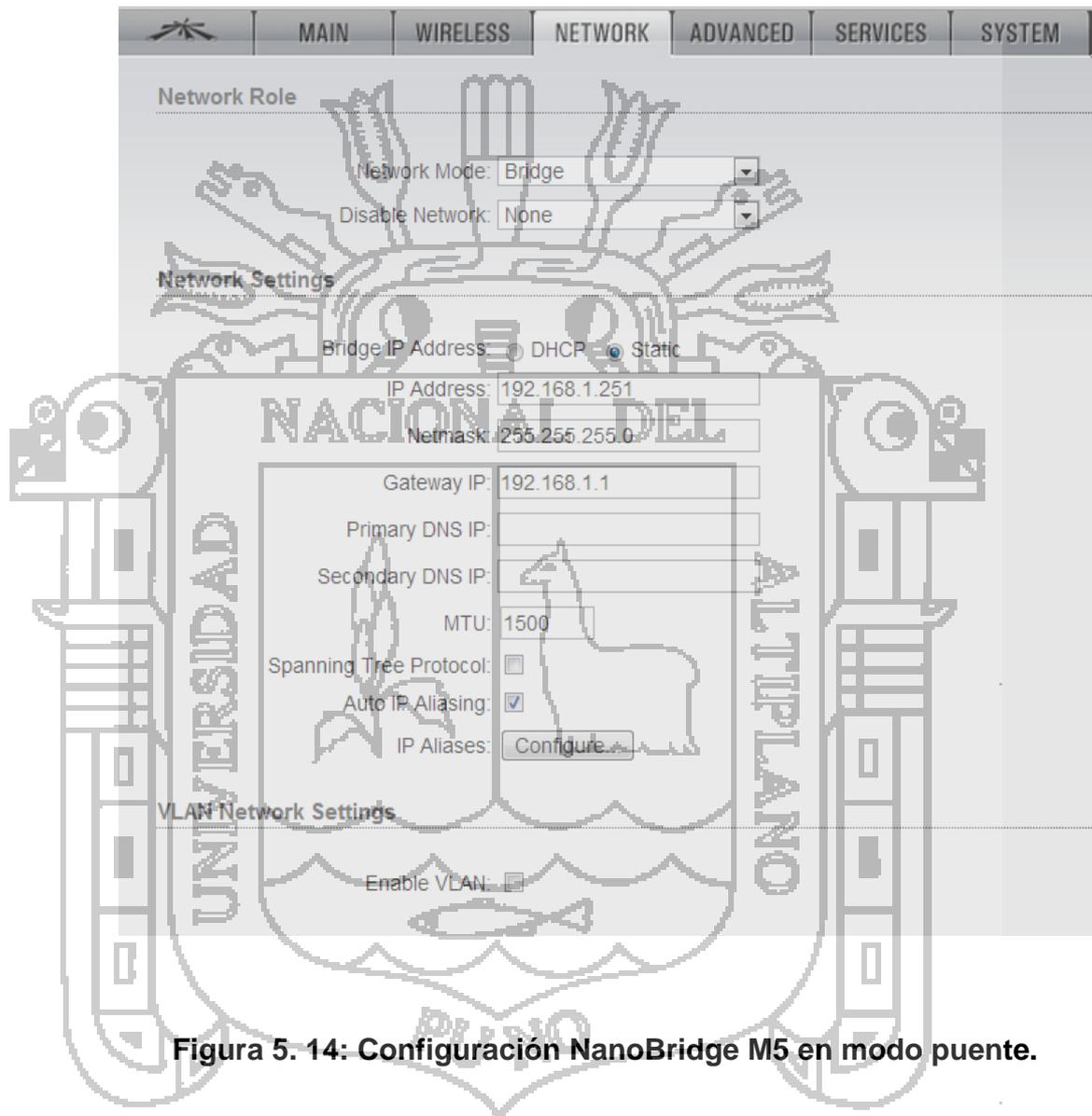


Figura 5. 14: Configuración NanoBridge M5 en modo puente.

5.7.3. CONFIGURACION DE UBIQUITI NANOBRIDGE M5 MOD ESTACION.

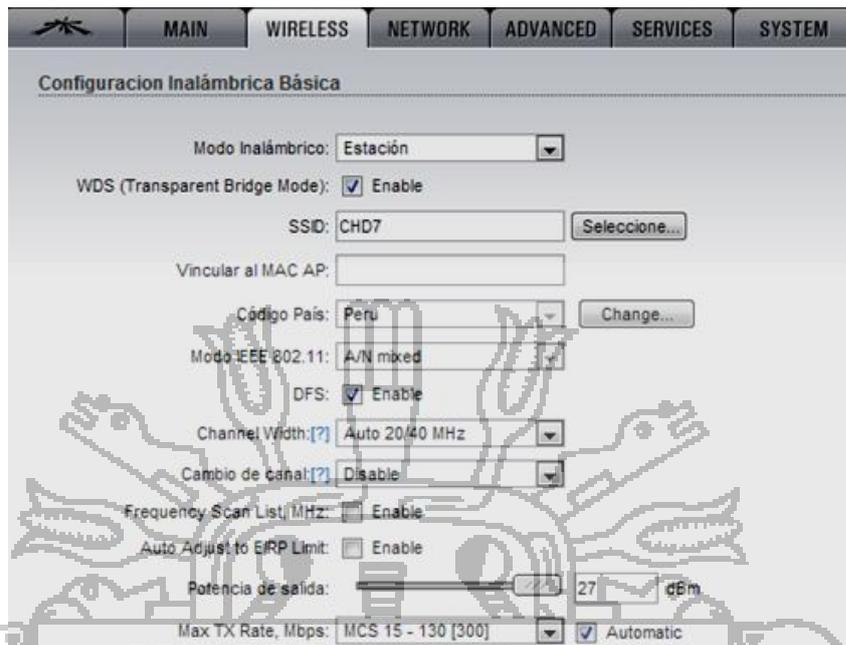


Figura 5. 16: Nano Bridge M5 en modo estación.

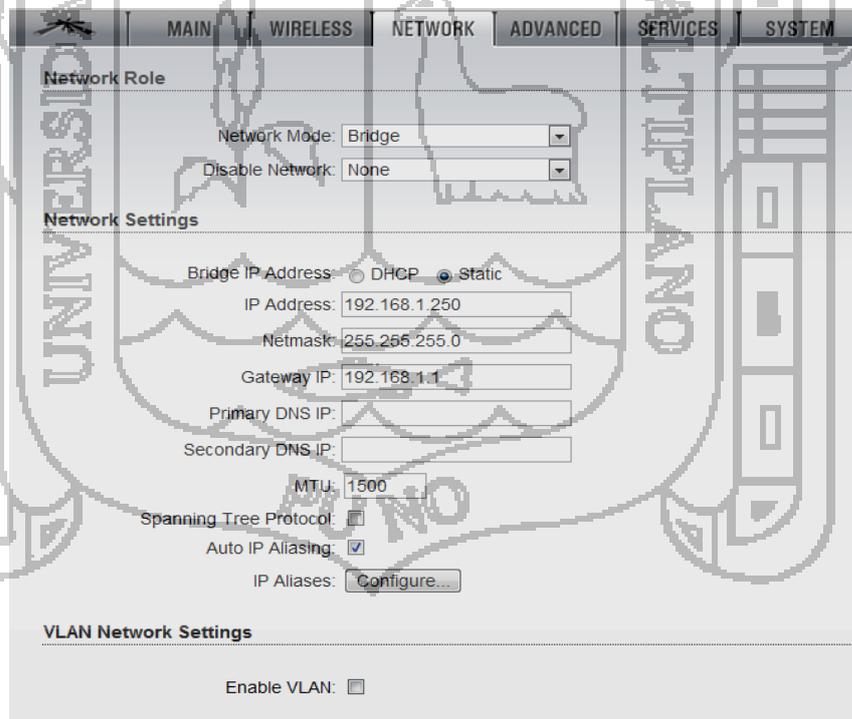


Figura 5. 15: Configuración en Modo Estación.

5.7.4. PRUEBAS DEL RADIO ENLACE.

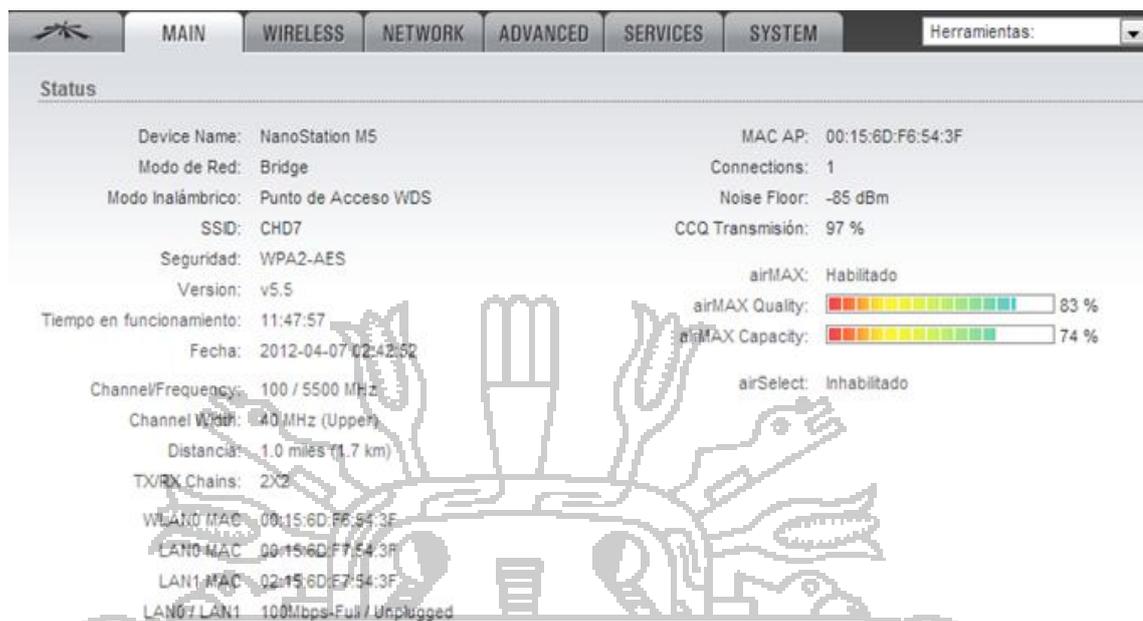


Figura 5. 17: Prueba de Radio Enlace en modo Punto de acceso

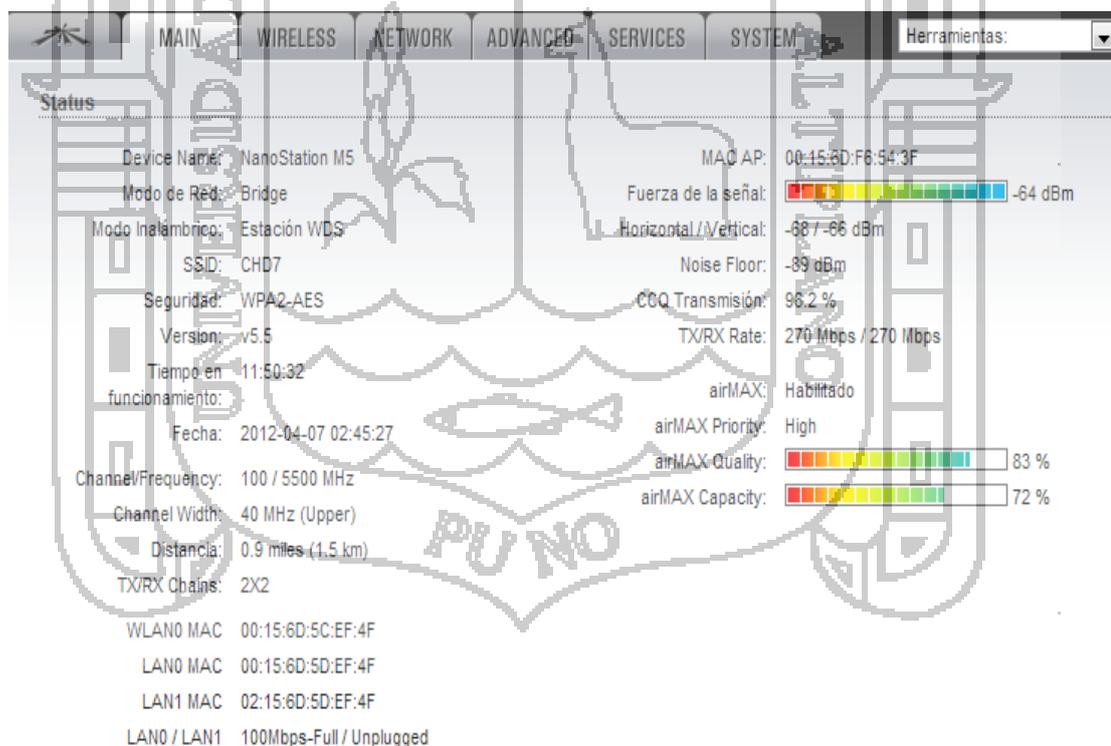


Figura 5. 18: Prueba de radio enlace en modo Estación.

```

C:\Users\agustin>arp -a

Interfaz: 192.168.1.5 --- 0xb
Dirección de Internet           Dirección física           Tipo
192.168.1.1                     f8-d1-11-ac-da-a8        dinámico
192.168.1.250                   00-15-6d-5c-ef-4f        dinámico
192.168.1.251                   00-15-6d-f6-54-3f        dinámico
192.168.1.255                   ff-ff-ff-ff-ff-ff        estático
224.0.0.22                      01-00-5e-00-00-16        estático
224.0.0.252                     01-00-5e-00-00-fc        estático
239.255.255.250                 01-00-5e-7f-ff-fa        estático

C:\Users\agustin>ping 192.168.1.1

Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=254

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms

C:\Users\agustin>ping 192.168.1.250

Haciendo ping a 192.168.1.250 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.250: bytes=32 tiempo<1m TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.250:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\agustin>ping 192.168.1.251

Haciendo ping a 192.168.1.251 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.251: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.251: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.251: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.251: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

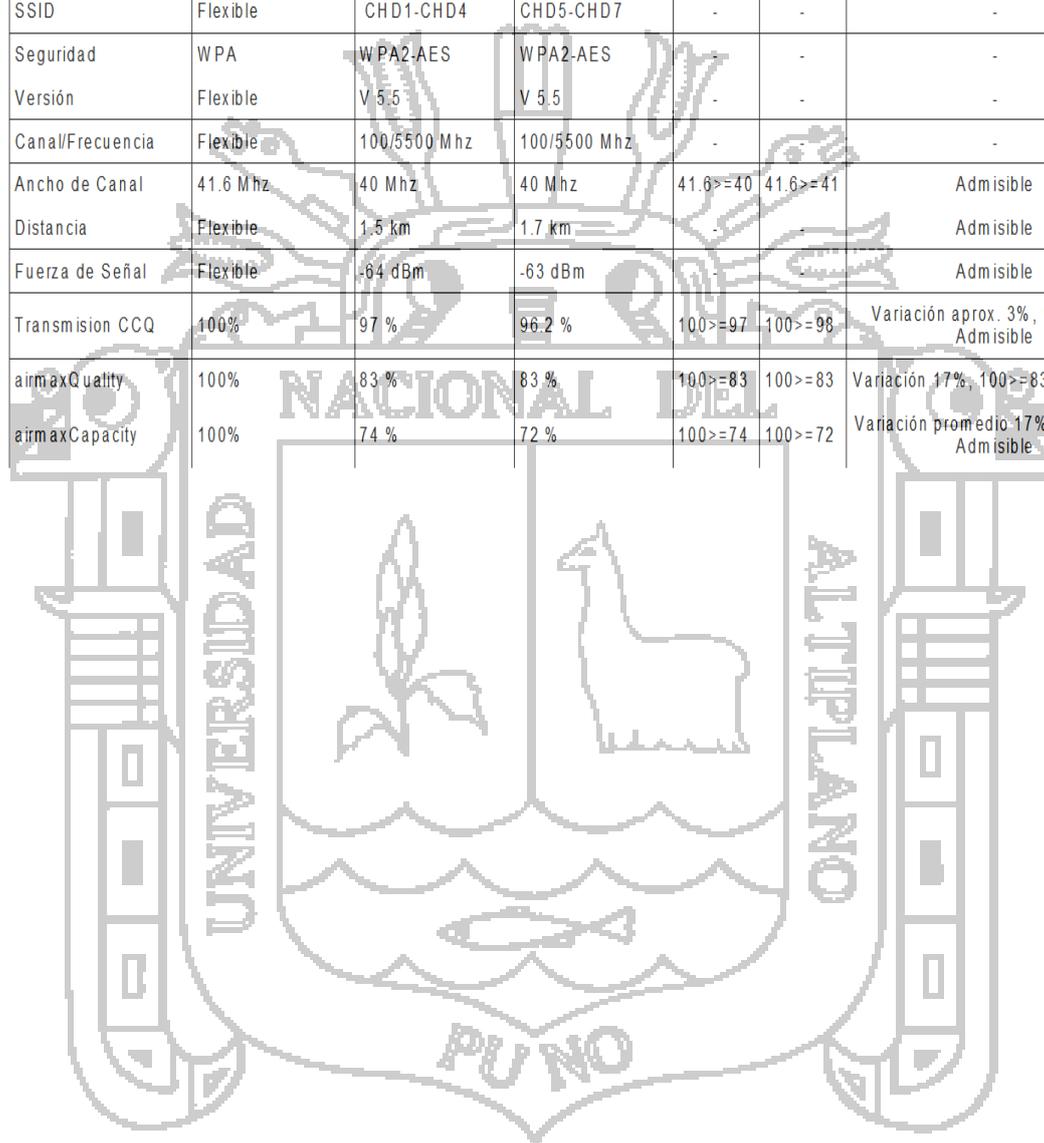
Estadísticas de ping para 192.168.1.251:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:

```

Figura 5. 19: Verificación de enlace con el comando Ping.

Tabla 5. 5: Resumen de Analisis.

CARACTERISTICAS DE ENLACE INALAMBRICO	DATOS REFERENCIALES ANALITICOS	LINK CHD1-CHD4	LINK CHD5-CHD7	% LINK CHD1-CHD4	% LINK CHD1-CHD4	Observaciones
Modo de Red	Flexible	punto -punto	punto -punto	-	-	-
Modo Inalámbrico	Flexible	wds	wds	-	-	-
SSID	Flexible	CHD1-CHD4	CHD5-CHD7	-	-	-
Seguridad	WPA	WPA2-AES	WPA2-AES	-	-	-
Versión	Flexible	V 5.5	V 5.5	-	-	-
Canal/Frecuencia	Flexible	100/5500 Mhz	100/5500 Mhz	-	-	-
Ancho de Canal	41.6 Mhz	40 Mhz	40 Mhz	41.6>=40	41.6>=41	Admisible
Distancia	Flexible	1.5 km	1.7 km			Admisible
Fuerza de Señal	Flexible	-64 dBm	-63 dBm			Admisible
Transmision CCQ	100%	97 %	96.2 %	100>=97	100>=98	Variación aprox. 3%, 100>=98. Admisible
airmaxQuality	100%	83 %	83 %	100>=83	100>=83	Variación 17%, 100>=83. Admisible
airmaxCapacity	100%	74 %	72 %	100>=74	100>=72	Variación promedio 17%, 100>=73. Admisible



CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS

5.7.5. PORCENTAJE DE VARIACIÓN:

- ✓ Transmisión CCQ, presenta una variación de 3%, considerando el promedio de porcentual de 97.5%, comparando con el dato base referencial del 100%. Por tanto, es admisible la comunicación vía enlace inalámbrico.
- ✓ AirMaxQuality. presenta una variación de 17%, considerando el promedio de porcentual de 83%, comparando con el dato base referencial del 100%. Por tanto, es admisible la comunicación vía enlace inalámbrico, que mantiene en la parte experimental una comunicación óptima, demostrable como se observa en las figuras: 5.17, 5.18 y 5.19. Considerando la relación frecuencia vs ancho de banda, y cobertura vs alcance de la señal.

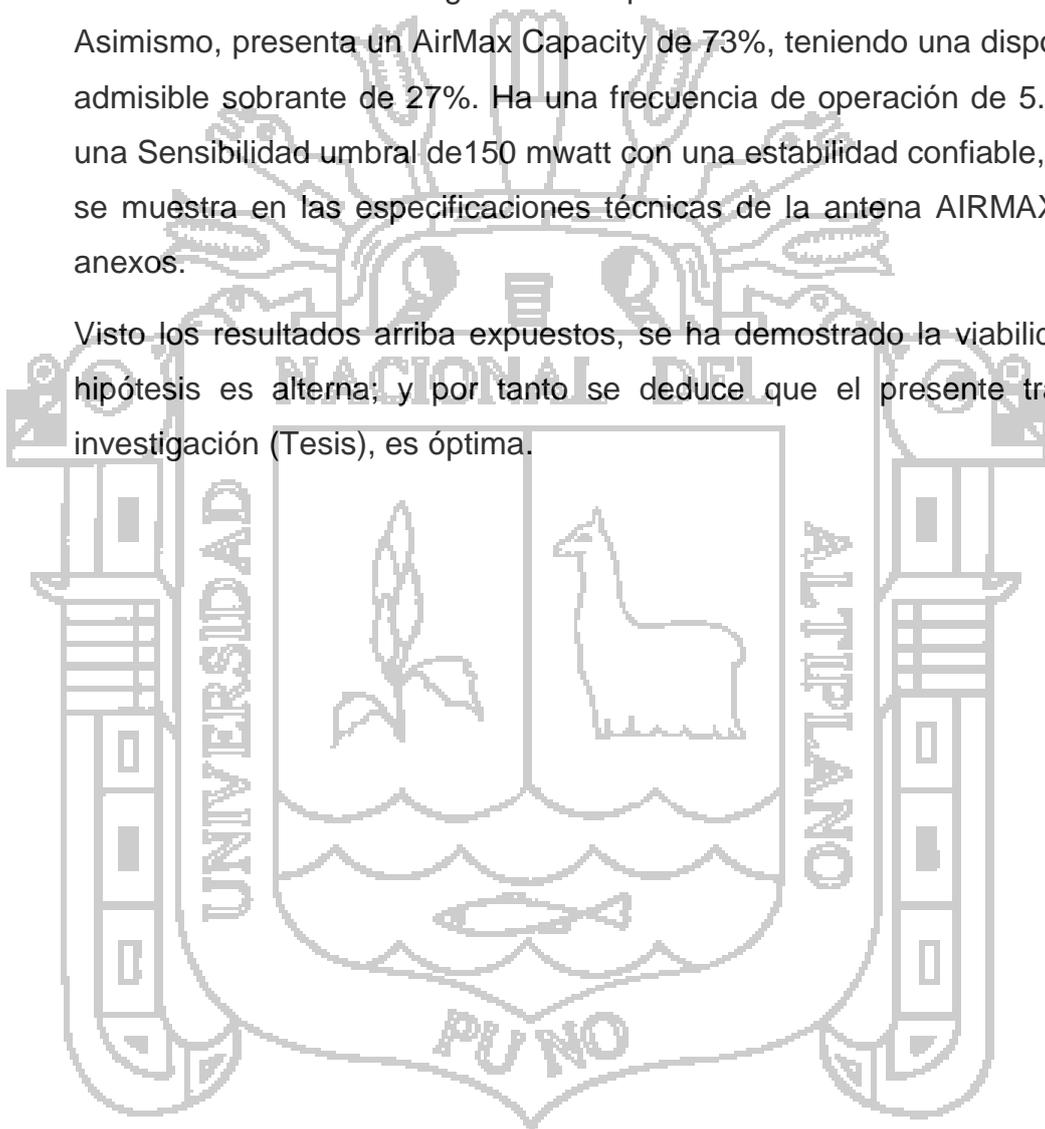
De las relaciones, planteadas se deduce, el cumplimiento de los objetivos específicos propuestos, que mientras mayor sea la frecuencia (simulada a 5.8GHz, banda SHF), el ancho de banda será menor (simulada a 40MHz); y ello, merituará proporcionalmente menor cobertura pero mayor alcance a estaciones de vigilancia remotos (enlace punto a punto).

- ✓ Para el proceso piloto se ha empleado para la verificación de datos del sistema de video vigilancia de siete estaciones, capturando muestras como mínimo a 10 fotogramas por segundo hasta un máximo de 60 fotogramas por segundo, tal como puede verificarse en las figuras: 50, 51 y 52, y contrastadas en la Tabla **5.5 RESUMEN DEL ANALISIS**. Con ello se demuestra el objetivo general de la presenta investigación.
- ✓ Utilizando la tecnología inalámbrica WIFI con el estándar IEEE 802.11n, se logró una mayor capacidad de ancho de banda para la transmisión de datos de video empleando la modulación OFDM para un sistema de video vigilancia, tomando muestras a distancias con línea de vista promedio de 1.5Km, con fotogramas arriba especificados.

Para calificar la cuantificación y veracidad de los datos obtenidos en tiempo real concordantes con la simulación del proceso de captura con terminales

de cámaras preestablecidas Vivotek que muestran una resolución 1080 Pixeles x 1920 Pixeles, que representan ser suficientes para el sistema de video vigilancia de acuerdo al análisis matemático obtenido según tabla 5.5, e interactuantes en el subproceso con los terminales irradiantes de $Z_i=50$ Ohmios adaptable a una impedancia de salida, al medio vía RF, de $120\pi=377 \Omega$, con una ganancia de 23 dBi, presentando un AirMaxQuality de 83%, fiable teniendo un margen de disponibilidad de 17% de usabilidad. Asimismo, presenta un AirMax Capacity de 73%, teniendo una disponibilidad admisible sobrante de 27%. Ha una frecuencia de operación de 5.8 GHz, y una Sensibilidad umbral de 150 mwatt con una estabilidad confiable, tal como se muestra en las especificaciones técnicas de la antena AIRMAX M5, en anexos.

Visto los resultados arriba expuestos, se ha demostrado la viabilidad de la hipótesis es alterna; y por tanto se deduce que el presente trabajo de investigación (Tesis), es óptima.



CONCLUSIONES.

- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir que las tecnologías que implementan el estándar 802.11n, permiten transmitir datos a velocidades superiores a 150 Mbps reales, que es ideal para los sistemas de video vigilancia con resolución FULL HDTV 1920 X1080 pixeles.
- ✓ Se efectuó la investigación del sistema de radio enlace inalámbrico entre los diferentes puntos de interconexión con tecnología Wi-Fi en el estándar IEEE 802.11n tales como las estaciones CHD1, CHD2, CHD3, CHD4, CHD5, CHD6, CHD7 donde se ubicaran nuestras cámaras y nuestra central TCCCC.
- ✓ Se realizó el diseño en base a los cálculos demandados en la investigación, siendo del cálculo matemático y el programa radio mobile para su comprobación de datos.
- ✓ En los resultados se encontramos que la tecnología Wi-Fi en el estándar IEEE 802.11n ofrece fidelidad en transporte de videos; por lo cual queda demostrado que es apto para los sistemas de video vigilancia.
- ✓ Se propone utilizar el equipamiento de acuerdo a las figuras 5.4 y 5.6 que está ubicada dentro de la tesis de investigación, ya que se encuentran valores predeterminados para ser tomados en cuenta como referencia al momento de efectuar otros diseños referentes al sistema Wi-Fi en el estándar IEEE 802.11n.

RECOMENDACIONES.

- ✓ Se recomienda utilizar en las instalaciones de video vigilancia cámaras con resolución de video full HD con resolución de 1920x1080 y calidad de imagen de 2 Mb; esto debido a que el estándar 802.11n lo permite de acuerdo al estudio realizado.
- ✓ Se recomienda utilizar el protocolo IEEE 802.11n para la implementación de sistemas para el transporte de voz y video en grandes distancias.
- ✓ Utilizar la tecnología Wi-Fi en el estándar 802.11n para enlazar estaciones distantes para el transporte de video, debido a su bajo costo comparado con otros sistemas y su alto rendimiento.
- ✓ Hacer el levantamiento de puntos geográficos con el GPS por su aproximación y adaptación en grandes extensiones de terreno. Así mismo utilizar Google Earth y Radio Mobile como software de ayuda para el diseño de radioenlace con tecnología Wi-Fi en el estándar 802.11n que es una herramienta de gran apoyo en la actualidad.



BIBLIOGRAFIA

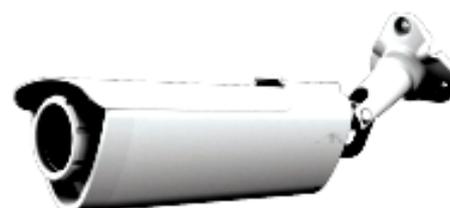
- [1] INEI Censos Nacionales de Población y vivienda, población nominalmente censada según departamento y distrito por sexo y años 2007 Pag. 105.
- [2] http://www.nexo-tech.com/srv_ip.php?menu=2&submenu=2
- [3] http://www.unisolmexico.com/app/biblioteca_ip/video_ip/evolucion_videoip.html
- [4] <http://www.globatelnet.com/Soluciones/video-sobre-ip.html>
- [5] CIF, Common Intermediate Format) formato de video utilizado en sistemas de video conferencia que fácilmente soporta señales NTSC y PAL, es parte del estándar de videoconferencia ITU H.261.
<http://www.alegsa.com.ar/Dic/cif.php>
<http://es.wikipedia.org/wiki/CIF>
- [6] http://www.axis.com/files/whitepaper/wp_axis_hdtv_33947_en_0812_lo.pdf
- [7] <http://trappist.elis.ugent.be/~wheirman/compression/>
<http://www.cs.sfu.ca>
<http://ict.ewi.tudelft.nl/index.php?Itemid=124>
- [8] http://www.axis.com/products/video/about_networkvideo/compression_formats.htm
- [9] Wireless Communication Network &NS_2. LIU JIAN China 2009,[http //ns2.superliu .co.cc](http://ns2.superliu.co.cc)
- [10] the Network Simulator-ns-2” www.isi.edu/nsman/ns/
- [11] Debilitamiento que sufre una señal de RF en su camino.
<http://mx.geocities.com/diexismo73/dicdx.html>
- [12] Siavash Alamouti es un ingeniero iraní y e integrante de Intel que es más conocido por la invención del llamado espacio Alamouti.
- [13] Vahid Tarokh es un ingeniero eléctrico con las contribuciones a las Telecomunicaciones, específicamente para el procesamiento de señales para las comunicaciones inalámbricas.
- [14] Wireless Communication Network &NS_2. LIU JIAN China 2009,[http//ns2. superliu.co.cc](http://ns2.superliu.co.cc)
- [16] Awk Scrip for tcp througput, Silvio Tinti,<http://mailman.isi.edu/pipermail/ns-user/2003-October/036668.html>
- [17] INEI Censos Nacionales de Población y vivienda, población nominalmente censada según departamento y distrito por sexo y años 2007 Pag. 105.

ANEXOS

CAMARA IP AIRVISION.

Specifications

airCam Specifications	
Dimensions	158 x 61.5 x 58.5 mm (without mounting arm) 264 x 61.5 x 58.5 mm (with mounting arm)
Weight	240 g (196 g without mounting arm)
Ports	(1) 10/100 Ethernet
Sensor	Progressive Scan RGB CMOS 1/4"
Lens	4.0 mm/ F1.5
Horizontal of View	47°
Ethernet Ports	Auto MDIX, autosensing 10/100 Mbps
Power LED	Orange
Link/Active LED	Green
Buttons	Factory Reset Button
Power Method	Passive Power over Ethernet (12-24V)
Power Supply	24V/0.5A PoE Adapter included
Maximum Power Consumption	2.4 Watts
Certifications	CE, FCC, IC
Mounting	Wall/Ceiling Adapter Kit included
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)
Operating Humidity	20 - 80% Noncondensing
Video	
Video Compression	H.264
Resolution	1MP/HDTV 720p
Maximum Frame Rate	30 FPS
Image Setting	Brightness, Contrast, Sharpness, Saturation, Noise Reduction, 50Hz/60Hz
General	
Processor	ARM-based 32-bit RISC
Memory	128MB DDR2 SDRAM, 8MB Flash
Connector	RJ-45 10BASE-T/100BASE-TX PoE
Maximum Active Array Size	1280x800
View Angle	47° (H) 31° (V) 54° (D)
Network	
Security	Multiple user access levels with password protection, User access log
Supported Protocols	IPv4/v6, HTTP, UPnP, DNS, NTP, RTSP, DHCP, TCP, UDP, IGMP, RTPC, ICMP, ARP



www.ubnt.com/airvision

Datasheet

airVision

HOJA DE DATOS NANOBIDGE M5

UBIQUITI NETWORKS

TECHNICAL SPECS/DATASHEET

NanoBridge M5: World's First Cost-Effective 5GHz MIMO Bridging Solution

2 MODELS

NBM5-22 (22dBi Antenna)

NBM5-25 (25dBi Antenna)

SYSTEM INFORMATION				
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400MHz			
Memory Information	32MB SDRAM, 8MB Flash			
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface			
REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION				
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE			
RoHS Compliance	YES			
OPERATING FREQUENCY 5470MHz-5825MHz				
TX POWER SPECIFICATIONS				
	DataRate	Avg. TX Tolerance		
AirMax / 11n	MCS0	23 dBm +/-2dB		
	MCS1	23 dBm +/-2dB		
	MCS2	23 dBm +/-2dB		
	MCS3	23 dBm +/-2dB		
	MCS4	22 dBm +/-2dB		
	MCS5	20 dBm +/-2dB		
	MCS6	19 dBm +/-2dB		
	MCS7	18 dBm +/-2dB		
	MCS8	23 dBm +/-2dB		
	MCS9	23 dBm +/-2dB		
	MCS10	23 dBm +/-2dB		
	MCS11	23 dBm +/-2dB		
	MCS12	22 dBm +/-2dB		
	MCS13	20 dBm +/-2dB		
	MCS14	19 dBm +/-2dB		
MCS15	18 dBm +/-2dB			
RX SPECIFICATIONS				
	DataRate	Sensitivity Tolerance		
AirMax / 11n	MCS0	-96 dBm +/-2dB		
	MCS1	-95 dBm +/-2dB		
	MCS2	-92 dBm +/-2dB		
	MCS3	-90 dBm +/-2dB		
	MCS4	-86 dBm +/-2dB		
	MCS5	-83 dBm +/-2dB		
	MCS6	-77 dBm +/-2dB		
	MCS7	-74 dBm +/-2dB		
	MCS8	-95 dBm +/-2dB		
	MCS9	-93 dBm +/-2dB		
	MCS10	-90 dBm +/-2dB		
	MCS11	-87 dBm +/-2dB		
	MCS12	-84 dBm +/-2dB		
	MCS13	-79 dBm +/-2dB		
	MCS14	-78 dBm +/-2dB		
MCS15	-75 dBm +/-2dB			
PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL				
Dimensions	326mm diameter (22dBi) or 420mm diameter (25dBi)			
Weight	135g (feed), 660g(bracket), 750g(dish)			
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Rated Plastic			
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included			
Max Power Consumption	5.5 Watts			
Power Supply	24V Carrier POE Adapter Included (POE-24)			
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)			
Operating Temperature	-30C to 75C			
Operating Humidity	5 to 95% Condensing			
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4			
Antenna Gain	22dBi or 25dBi			
ANTENNA DATA				
Return Loss	H-Pol Elevation	H-Pol Azimuth	V-Pol Elevation	V-Pol Azimuth

Ubiquiti Networks Inc., 91 E. Tasman Dr., San Jose, CA 95134 www.ubnt.com