

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA  
PARA EL BARRIO CALLUMA ALTO EN LA PARROQUIA DE PIFO”**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**GANCINO COCHA ESTALIN JAVIER  
estalin.gancino@epn.edu.ec**

**IGLESIAS QUISTANCHALA KEVIN ALEXANDER  
kevin.iglesias@epn.edu.ec**

**DIRECTOR: ING. MÓNICA VINUEZA RHOR  
monica.vinueza@epn.edu.ec**

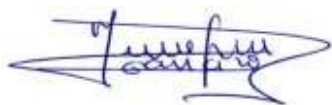
**Quito, marzo 2021**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Gancino Cocha Estalin Javier y Iglesias Quistanchala Kevin Alexander declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación COESC, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines de lucro académico a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente. En el caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



---

Gancino Cocha Estalin Javier



---

Iglesias Quistanchala Kevin Alexander

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Gancino Cocha Estalin Javier e Iglesias Quistanchala Kevin Alexander, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, reading "Mónica Vinuesa R", enclosed within a blue oval. Below the signature is a horizontal line.

**Ing. Mónica Vinuesa Rhor MSc.  
DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar un sincero agradecimiento, en primer lugar, a Dios por brindarme salud, fortaleza y derramar muchas bendiciones en mi vida.

A la Ing. Mónica Vinueza, MSc. por su apoyo en el desarrollo de este trabajo de titulación.

A mis padres Luis Gancino y Lourdes Cocha quienes son mi motor y mi mayor inspiración, gracias por su apoyo incondicional, por educarme y hacer de mí una persona de valores, por motivar a seguir adelante con mis estudios profesionales.

Agradezco de manera especial a mi hermana Deysi Elizabeth por el apoyo y el cariño que me ha brindado siempre.

A mis familiares cercanos, de manera especial a mi tía Piedad por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme.

A los compañeros que conformamos el proyecto Calluma por su entrega y dedicación.

¡Gracias a todos!

**Estalin.**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico con mucho cariño a:

A Dios por darme fuerza para alcanzar uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres, Luis Gancino y Lourdes Cocha, mis héroes, quienes han trabajado duro y han estado siempre acompañando y apoyándome, sus bendiciones a lo largo de mi vida me protegen y me llevan por el camino del bien.

A mi hermana Deysi Elizabeth, por el apoyo incondicional que siempre me ha brindado.

A mi tía Piedad, a quien quiero mucho y fue quien me impulsó a dar el primer paso en la Universidad.

**Estalin.**

## **AGRADECIMIENTO**

Primero que nada, quiero agradecer a Dios por sus bendiciones y apoyo a lo largo de mi formación profesional.

A mis padres que me han apoyado en cada decisión que he tomado, por inspirarme a ser mejor persona y luchar en momentos duros sin perder la esperanza de que todo va a mejorar.

A mi hermana por su compañía cuando más lo necesité.

A mis amigos, son más que una familia, siempre me brindaron su ayuda cuando lo necesitaba.

A los docentes y personal de la Escuela Politécnica Nacional y Escuela de Formación de Tecnólogos por su profesionalismo, y sus enseñanzas tanto para mi vida profesional como personal.

**Kevin.**

## **DEDICATORIA**

A mi madre Dora, por inspirarme cada día, por luchar ante los problemas que nunca faltan, por su amor brindado en cada acto y palabra, sobre todo por permitir mi desarrollo profesional sin preocupaciones económicas.

A mi padre Gustavo, por sacrificar sus estudios por mantener a su familia, por su amor brindado en cada acto.

A mi hermana mayor Mary, por ser como una segunda madre, por su compañía y el cuidado que me daba desde pequeño.

**Kevin.**

# ÍNDICE GENERAL

<b>DECLARACIÓN</b> .....	i
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	16
1.1 Marco Teórico .....	17
➤ Sistema de Video Vigilancia o Circuito Cerrado de Television (CCTV) .....	17
➤ Funcionamiento de un CCTV .....	19
➤ Cámaras de red .....	19
➤ Consideraciones y componentes básicos de las cámaras de red.....	21
➤ Medios de Transmisión.....	24
➤ Conectores.....	27
➤ Procesamiento y almacenamiento de datos .....	29
➤ Tecnologías de red orientadas a la video vigilancia IP.....	31
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	35
2.1 Metodología exploratoria .....	35
2.2 Metodología aplicada .....	35
2.3 Metodología documental .....	35
2.4 Metodología analítica.....	35
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	36
3.1 Análisis de la situación actual.....	37



3.2	Requerimientos del sistema .....	37
➤	Estudio de Campo .....	39
➤	Sistema de referencia para indicar la posición de cada cámara .....	40
➤	Determinación de sectores estratégicos .....	41
3.3	Diseño del sistema de videovigilancia.....	52
➤	Diseño del sistema de videovigilancia Centralizado .....	52
➤	Selección de la tecnología para sistema CCTV centralizado .....	62
➤	Cálculo del presupuesto de atenuación .....	68
➤	Características Técnicas de los dispositivos empleados.....	68
➤	Diseño del sistema de videovigilancia Sectorizado .....	72
➤	Selección de la tecnología para el sistema CCTV sectorizado .....	76
➤	Características Técnicas de los dispositivos empleados.....	76
➤	Capacidad de transferencia y almacenamiento para el sistema centralizado .....	78
➤	Capacidad de transferencia y almacenamiento para el sistema sectorizado .....	80
➤	Direccionamiento IP.....	81
3.4	Presupuesto referencial.....	82
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>85</b>
4.1	Conclusiones.....	85
4.2	Recomendaciones .....	86
<b>5.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>87</b>
<b>6.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>93</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sistema CCTV híbrido .....	19
Figura 1.2 Tipo de cámaras IP fijas .....	20
Figura 1.3 Tipo de cámaras PTZ .....	21
Figura 1.4 Distancia focal de un lente.....	21
Figura 1.5 Resoluciones en Megapíxeles.....	23
Figura 1.6 Topología en estrella .....	25
Figura 1.7 Cable de par trenzado .....	26
Figura 1.8 Conexión RJ45 según las Normas ANSI/TIA 568A y 568B.....	28
Figura 1.9 Tipos de pulido en conectores de Fibra óptica .....	29
Figura 1.10 Diagrama de almacenamiento NAS .....	30
Figura 1.11 Topología física en estrella en <i>Ethernet</i> IEEE 802.3 .....	31
Figura 3.1 Mapa - Barrio Calluma Alto - calles principales .....	36
Figura 3.2 Toma de medidas de las calles. ....	39
Figura 3.3 Simbología en el diseño centralizado.....	41
Figura 3.4 Sector 1, diseño centralizado. ....	42
Figura 3.5 Sector 2, diseño centralizado. ....	43
Figura 3.6 Sector 3, diseño centralizado. ....	43
Figura 3.7 Sector 4, diseño centralizado. ....	44
Figura 3.8 Sector 5, diseño centralizado. ....	44
Figura 3.9 Sector 6, diseño centralizado. ....	45
Figura 3.10 Sector 7, diseño centralizado. ....	46
Figura 3.11 Sector 8, diseño centralizado. ....	46
Figura 3.12 Sector 9, diseño centralizado. ....	47
Figura 3.13 Simbología en el diseño sectorizado.....	47
Figura 3.14 Sector 1, diseño sectorizado. ....	48
Figura 3.15 Sector 2, diseño sectorizado. ....	48
Figura 3.16 Sector 3, diseño sectorizado. ....	49
Figura 3.17 Sector 4, diseño sectorizado. ....	49
Figura 3.18 Sector 5, diseño sectorizado. ....	50
Figura 3.19 Sector 6, diseño sectorizado. ....	50
Figura 3.20 Sector 7, diseño sectorizado. ....	51

Figura 3.21 Sector 8, diseño sectorizado. ....	51
Figura 3.22 Sector 9, diseño sectorizado. ....	52
Figura 3.23 Diseño de la red en AutoCAD, CCTV centralizado.....	54
Figura 3.24 Diagrama de red, sistema centralizado.....	55
Figura 3.25 Simulación de cámara <i>Dahua</i> tipo domo en <i>IP Video System Design Tool</i> .....	59
Figura 3.26 Simulación de cámara <i>Dahua</i> tipo bala en <i>IP Video System Design Tool</i> .....	60
Figura 3.27 Esquema de monitoreo centralizado.....	61
Figura 3.28 Interfaz calculadora CCTV.....	62
Figura 3.29 Diseño de la red en AutoCAD, CCTV sectorizado.....	73
Figura 3.30 Diagrama de red, sistema sectorizado.....	74
Figura 3.31 Esquema de monitoreo sectorizado.....	76
Figura 3.32 Espacio de almacenamiento requerido .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Comparativa de los sistemas CCTV analógico, híbrido y digital .....	17
Tabla 1.2 Categoría, velocidad y frecuencia de cable par trenzado .....	26
Tabla 1.3 Comparativa fibra óptica SMF vs MMF .....	27
Tabla 1.4 Comparativa tecnologías de red PON .....	33
Tabla 3.1 Longitud de las calles principales del barrio Calluma Alto .....	39
Tabla 3.2 Azimut y ángulo de elevación de las cámaras de seguridad .....	40
Tabla 3.3 Longitud de cable de fibra óptica .....	63
Tabla 3.4 Longitud del cable UTP en la red de acceso .....	64
Tabla 3.5 Rango de atenuación óptica en transceptores según la clase .....	65
Tabla 3.6 Perdidas en los divisores ópticos .....	65
Tabla 3.7 Perdidas en los elementos de un enlace de fibra óptica .....	65
Tabla 3.8 Atenuación por enlace ascendente .....	67
Tabla 3.9 Atenuación por enlace descendente .....	67
Tabla 3.10 Parámetros ópticos de clase A .....	68
Tabla 3.11 Presupuesto de atenuación del sistema CCTV .....	68
Tabla 3.12 Características técnicas de cámara domo IP .....	69
Tabla 3.13 Características técnicas de cámara tipo Bala IP .....	69
Tabla 3.14 Características técnicas de NVR 32 CH .....	70
Tabla 3.15 Características técnicas de OLT .....	70
Tabla 3.16 Características técnicas de ONU .....	71
Tabla 3.17 Características técnicas de <i>switch</i> .....	71
Tabla 3.18 Características técnicas del Servidor NAS .....	71
Tabla 3.19 Características técnicas de <i>Splitter</i> .....	72
Tabla 3.20 Longitud del cable UTP/FTP .....	75
Tabla 3.21 Características técnicas de cámara domo IP .....	77
Tabla 3.22 Características técnicas de cámara tipo Bala IP .....	77
Tabla 3.23 Características técnicas de NVR 8 CH .....	78
Tabla 3.24 Capacidad transferencia de acuerdo con el método de compresión .....	78
Tabla 3.25 Capacidad de transferencia .....	79
Tabla 3.26 Capacidad de transferencia y almacenamiento, Sistema centralizado .....	81

Tabla 3.27 Direccionamiento IP, para el sistema centralizado .....	81
Tabla 3.28 Proforma para el diseño Centralizado. ....	83
Tabla 3.29 Proforma para el diseño Sectorizado. ....	84

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.1 Cálculo del tamaño de una imagen .....	24
Ecuación 1.2 Cálculo de la distancia promedio .....	26
Ecuación 1.3 Cálculo del número de bobinas de cable par trenzado .....	27
Ecuación 1.4 Cálculo de la capacidad de almacenamiento de disco .....	30
Ecuación 1.5 Cálculo del decibelio .....	34
Ecuación 1.6 Cálculo del dBm decibelio-milivatio .....	34
Ecuación 3.1 Cálculo de la atenuación total de un enlace de fibra óptica .....	66
Ecuación 3.2 Cálculo del presupuesto de atenuación óptico .....	68

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo realizar el estudio de factibilidad de un sistema de videovigilancia para el barrio Calluma Alto en la parroquia de Pifo, según los requerimientos de la comunidad.

La primera sección describe la problemática actual que enfrenta el barrio Calluma Alto, para ello se realizó un recorrido de las principales calles y pasajes del barrio para conocer de cerca la realidad que enfrentan los moradores y en consecuencia plantear una solución con base a una justificación tecnológica. Esta sección también abarca especificaciones respecto a la cobertura que tendrá la realización del estudio de factibilidad, describe conceptos y términos referentes a la constitución de un sistema CCTV (*Close Circuit Television*).

La segunda sección está enfocada en la metodología utilizada, se explican los procedimientos realizados con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

La tercera sección está enfocada en los resultados y discusiones del estudio de factibilidad, se verifican los requerimientos del sistema, se determinan los sectores estratégicos de monitoreo, se consideran los requerimientos de diseño, se describen las características de los dispositivos que conforman el diseño del sistema CCTV. Adicionalmente se presenta el presupuesto referencial considerando los siguientes aspectos: costos entre proveedores, disponibilidad de los dispositivos en el mercado local, y garantía de los equipos.

En la cuarta sección se describen conclusiones y recomendaciones sobre el estudio de factibilidad del sistema CCTV realizado.

**Palabras Clave:** CCTV, Videovigilancia.

## **ABSTRACT**

*The objective of this work is to carry out a feasibility study of a video surveillance system for the Calluma Alto neighborhood in the parish of Pifo, according to the requirements of the community.*

*The first section describes the current problems faced by the Calluma Alto neighborhood, for which a tour of the main streets and passages of the neighborhood was conducted to learn about the reality faced by the residents and consequently propose a solution based on a technological justification. This section also includes specifications regarding the coverage of the feasibility study and describes concepts and terms related to the constitution of a CCTV (Close Circuit Television) system.*

*The second section is focused on the methodology used, explaining the procedures carried out in order to meet the proposed objectives.*

*The third section is focused on the results and discussions of the feasibility study, the system requirements are verified, the strategic monitoring sectors are determined, the design requirements are considered, and the characteristics of the devices that make up the CCTV system design are described. Additionally, the reference budget is presented considering the following aspects: costs among suppliers, availability of the devices in the local market, and equipment warranty.*

*The fourth section describes conclusions and recommendations on the feasibility study of the CCTV system.*

**Keywords:** CCTV, Video surveillance.



## 1. INTRODUCCIÓN

Pifo es una parroquia rural del cantón Quito, localizada en el extremo nororiental del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Está constituido por 34 barrios entre los cuales se encuentra el barrio Calluma Alto, lugar al que se enfoca este proyecto.

El creciente nivel de inseguridad donde robos, saqueos, actos vandálicos, el consumo y expendio de sustancias psicotrópicas son problemas que aquejan a la ciudadanía todos los días, problemáticas que se pensaría ocurren únicamente en las ciudades más grandes del país como Guayaquil, Quito o Cuenca, sin embargo, Pifo siendo una parroquia rural del cantón Quito no está exenta de esta problemática.

En la parroquia Pifo, particularmente el barrio Calluma Alto no cuenta con un sistema de video vigilancia por ende las calles Oriente, Triángulo del Ciclista, calle A y calle B se encuentran vulnerables a actos vandálicos e inseguridad.

Los moradores del barrio han percibido un considerable incremento de consumo de alcohol, sustancias psicotrópicas y los problemas que este tipo de actividades conllevan, como: robos a personas y casas, así como también la afectación a pequeños negocios.

El presente proyecto se centra en determinar un circuito cerrado de televisión para el barrio, que vigile principalmente el ingreso a los hogares del barrio Calluma, así como espacios estratégicos de vigilancia para contrarrestar la delincuencia.

El proyecto realizará el estudio que determine los requerimientos del sistema CCTV, diseño de planos, cálculos de la capacidad de transmisión y capacidad de almacenamiento requeridas por el sistema.

Finalmente, se realizará el cálculo del presupuesto referencial de los equipos que conformaran el sistema de videovigilancia.

## 1.1 Marco Teórico

### ➤ Sistema de Video Vigilancia o Circuito Cerrado de Television (CCTV)

Las siglas CCTV provienen del inglés “*Closed Circuit Television*” que traducido al español significa “Circuito Cerrado de Television”. Un CCTV se enfocado en el control, supervisión, y registro de actividades físicas en un lugar o área de interés. La denominación de circuito cerrado se diferencia del sistema de televisión tradicional en el acceso limitado de los usuarios a la información, es decir que, un usuario para acceder a la información del sistema CCTV deberá tener permiso el cual debe ser otorgado por el administrador del sistema [1].

Los CCTV permiten una mejor respuesta frente a alertas o incidentes en las zonas monitoreadas mediante la visualización y reproducción de videos captados con las cámaras que conforman el sistema mediante monitores. Los sistemas CCTV puede ser de tres tipos: analógico, híbrido y digital IP [2].

En la Tabla 1.1 se describen las características de las tres tecnologías de los sistemas de videovigilancia en donde se detallan los tipos de grabadores requeridos, tipos de cámaras, medios de transmisión, distancia de los medios de transmisión, gestión e inteligencia de los sistemas. Se considera importante esta comparativa ya que en base a esta tabla se seleccionará el tipo de sistema de videovigilancia a diseñar para el barrio Calluma Alto.

Tabla 1.1 Comparativa de los sistemas CCTV analógico, híbrido y digital [3]; [4].

Denominación	Sistema Analógico	Sistema Híbrido	Sistema Digital IP
<b>Grabador</b>	VCR ( <i>Video Cassette Recorder</i> ) son grabadores en casete.	DVR ( <i>Digital Video Recorder</i> ), NVR ( <i>Network Video Recorder</i> ) y Servidores de video con <i>software</i> de gestión de video. El grabador es imprescindible en este tipo de sistemas.	NVR, servidor de video o la propia cámara IP. Los dos primeros no son obligatorios en la conformación de un sistema CCTV.
<b>Gestión e Inteligencia</b>	Reproducción de video simple	El DVR agrega funciones extras a las cámaras analógicas como; gestión remota, alarma de audio, gestión de video y almacenamiento.	Disponen inteligencia de red como; función de servidor con mayores opciones y calidades, además admiten gestión remota.

Denominación	Sistema Analógico	Sistema Hibrido	Sistema Digital IP
<b>Cámara</b>	Analógicas	Analógicas mejoradas	Digitales IP
<b>Función de las Cámaras</b>	La señal capturada por el sensor de imagen es convertida en una onda electromagnética la cual es transmitida mediante cable coaxial hasta el VCR.	La señal capturada por el sensor de imagen es convertida en una onda electromagnética la cual es transmitida mediante cable coaxial o par trenzado hasta el grabador el cual recibe la señal y la digitaliza para su posterior almacenamiento o transmisión a internet.	La señal capturada por el sensor de imagen es convertida en una onda electromagnética la cual es digitalizada y comprimida en la misma cámara posteriormente realiza el almacenamiento o transmisión de la información.
<b>Calidad de video</b>	Video en blanco y negro o a color de baja calidad.	Video analógico a color con resoluciones inferiores a las digitales. Digitalizado por el DVR	Video a color con mejor resolución, calidad y prestaciones.
<b>Medios de Transmisión</b>	Mediante cable coaxial se conectan las cámaras al grabador analógico y de este hacia un monitor.	El cable coaxial generalmente RG56 conecta a las cámaras con el grabador. Actualmente se utiliza cable Par Trenzado UTP con transceptores de video.	La conexión entre las cámaras y los conmutadores de red o NVR se realiza mediante cable Par Trenzado o vía Inalámbrica WI-FI
<b>Capacidad de ampliación</b>	El número de canales del grabador analógico puede limitar la ampliación del sistema.	También se limita por el número de canales del DVR.	Provee mayor escalabilidad con la infraestructura de red existente o mediante convertidores o extensores.
<b>Distancia de Transmisión</b>	Coaxial=100 m.	Coaxial=100 m. Coaxial con transceptores activos= 2000 m Par trenzado= 300 m. Par Trenzado con transceptores pasivos =1200 m.	Par trenzado= 100 m. Fibra óptica usando conversores de medios= varios kilómetros Inalámbrica LAN= varios metros Inalámbrica MAN= varios kilómetros

### ➤ **Funcionamiento de un CCTV**

Con el desarrollo de nuevas tecnologías los sistemas CCTV han evolucionado por ende existen varios tipos; analógicos, digitales, con conexión mediante cables o inalámbricos que pueden variar en la forma de funcionamiento, sin embargo, los componentes básicos generalmente son los mismos: cámaras, cables (para los sistemas cableados), grabador y monitor [3].

La cámara capta la imagen de video, la cual es enviada al DVR o NVR y desde este se transmite la señal hacia un monitor que reproduce la imagen de video en tiempo real. Los sistemas CCTV que disponen conexión a Internet admiten acceso remoto a las cámaras desde cualquier parte del mundo mediante computadores de escritorio o dispositivos móviles [3].

En la Figura 1.1 se muestra un sistema CCTV el cual se constituye de una o varias cámaras de videovigilancia conectadas a un DVR o NVR y de este a un monitor.



Figura 1.1 Sistema CCTV híbrido [4].

### ➤ **Cámaras de red**

Una cámara de red se encarga de capturar y transferir una señal de audio y video mediante una infraestructura red estandarizada compatible con los dispositivos de red como: un computador o un grabador de video [5].

Una cámara de red de acuerdo con el ambiente de operación se puede clasificar en: cámara para interiores o exteriores, de acuerdo con la tecnología puede ser cámara analógica o digital y de acuerdo con sus funcionalidades y capacidades puede ser: fija, domo fijo, PTZ (*Pan Tilt Zoom*) o domo PTZ [5].

## Tipos de cámaras de seguridad

Gracias al avance de la tecnología en esta área actualmente existe una amplia gama de posibilidades que de acuerdo con sus características y funcionalidades se clasifican en:

- **Cámara IP fija**

Es una cámara con una conexión de red IP. También se puede describir como una cámara y una computadora combinados en una sola unidad. La información de video capturada se transporta a través de una red IP mediante conmutadores de red, la información se graba en un servidor de PC con *software* de administración de video [4].

La Figura 1.2 muestra cuatro tipos de cámaras IP fijas. Este tipo de cámaras son muy útiles para la captura de imágenes claras con buen enfoque.



Figura 1.2 Tipo de cámaras IP fijas [4].

- **Cámara IP con Movimiento y Zoom**

Este tipo de cámaras se utiliza para cubrir grandes dimensiones, demandan de un administrador en el centro de monitoreo ya que incorporan movimiento sobre giro, inclinación y zoom. Las cámaras PTZ más conocidas son del tipo: mecánicas, no mecánicas y domo [6].

Una cámara PTZ tiene la capacidad de mover su lente en forma horizontal a 360° y vertical a 180°, tiene además la capacidad de ampliación (zoom). Los movimientos pueden ser controlados remotamente por un operador usando dispositivos como: *mouse*, *joystick* o control remoto. Ver Figura 1.3 [7].

Normalmente la ampliación de imagen o zoom puede variar entre 10x y 26x, adicionalmente este tipo de cámaras poseen zoom digital hasta 16x [6].



Figura 1.3 Tipo de cámaras PTZ [7].

➤ **Consideraciones y componentes básicos de las cámaras de red**

• **Lente**

El lente constituye los ojos de un sistema de videovigilancia. Sus funciones principales son: controlar la cantidad de luz que ingresa al sensor a través de la apertura manual o automática del iris y determinar la escena que se muestra en el monitor [8].

Los lentes dependiendo de la distancia focal se clasifican en: fijos (simples) o varifocales.

El tamaño del lente tiene que ver con el área de visualización que se requiere cubrir y la distancia a la que se encuentra dicha área respecto a la cámara. Una distancia focal pequeña ofrece mayor visualización de campo, pero con una considerable reducción de detalle, por otra parte, una distancia focal grande, permite una menor visualización del campo de visión, pero con una mayor captación de detalle, ver Figura 1.4 [8].

Los lentes varifocales agregan flexibilidad al sistema de videovigilancia ya que un mismo lente puede enfocar de forma precisa diferentes escenas.

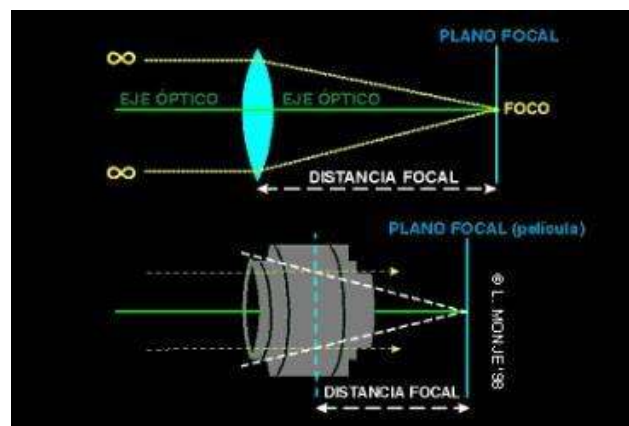


Figura 1.4 Distancia focal de un lente [9].

La distancia focal (Figura 1.4) se mide en milímetros y se refiere a la distancia entre el lente y el sensor de imagen, por otra parte, el punto focal es el punto donde se coloca el sensor de imagen [9].

Las cámaras con distancia focal pequeña poseen un ángulo de apertura grande lo cual permite observar zonas amplias, pero con un nivel de detalle reducido y por el contrario cámaras con distancia focal grande poseen un ángulo de apertura pequeño lo cual reduce el área de observación de una imagen sin embargo el área capturada tiene un gran nivel de detalle. Los objetos de acuerdo con la distancia focal pueden ser angulares (angular de visión grande) o teleobjetivos (ángulo de visión estrecho). Para calcular la distancia focal requerida, se debe conocer parámetros como; altura, anchura y distancia del escenario u objetivo a enfocar [9].

Otra característica importante del lente es la corrección del IR (infrarrojo), pues la luz infrarroja afecta a la correcta reproducción del color. Actualmente todas las cámaras a color poseen un filtro que corrige la luz IR [9].

- **Sensor de imagen**

Se encarga de capturar la imagen definida por el lente a través de los pixeles que conforman el sensor [10].

Las tecnologías con que se fabrica este tipo de sensores son: CCD (*Charge Coupled Device*) o CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*). En los dos casos se utilizan semiconductores de metal-óxido distribuidos en forma de matriz y en el mercado se encuentran de: 1/4", 1/3", 1/2" y 2/3" medidos en forma diagonal en pulgadas [9].

- **Compresión**

Es la anulación de información redundante mediante la aplicación de filtros. Entre los métodos más comunes de compresión están [9]:

MPEG-4: Es un estándar de compresión que permiten reducir hasta 1,5 Mbps en la transmisión de audio y video en entornos de ancho de banda limitados

H.264: Conocido como el estándar de compresiones de video digital de nueva generación, proporciona mayor resolución de video que MPEG-4 a la misma velocidad de bit y ancho de banda, o igual calidad de video con velocidades de bit inferiores

H.265: Conocida también como MPEG-H parte 2, es un método de compresión mejorado respecto al H.264 ya que ofrece mayor compresión de video digital.

- **Resolución**

La resolución de la imagen generalmente se describe en PPP (píxeles por pulgada). Las resoluciones más altas significan que hay más píxeles por pulgada (PPP), lo que da como resultado más información de píxeles y crea una imagen nítida de alta calidad, por el contrario, las imágenes con resoluciones bajas tienen menor número de píxeles y menor calidad de imagen [11]. La Figura 1.5 muestra la calidad de imagen según la resolución.



Figura 1.5 Resoluciones en Megapíxeles [11].

Para tener una idea de la diferencia entre la resolución de una cámara de seguridad, la Figura 1.5 muestra una comparación de resoluciones de cámara de seguridad diferentes.

- Resolución de imagen de 2 MP (1920 × 1080)
- Resolución de imagen de 1.3 MP (1280 × 960)
- Resolución de imagen de 960H (948 × 480)
- Resolución de imagen de D1 (704 × 480)
- Resolución de imagen de CIF (352 × 240)

El número total de píxeles en una imagen se obtiene multiplicando la cantidad de píxeles horizontales (Ph) por los verticales (Pv), al resultado se divide por 1 millón para expresarlo en megapíxeles. Ver Ecuación 1.1 [11].



$$Pt = \frac{Ph * pv}{1 * 10^6}$$

Ecuación 1.1 Cálculo del tamaño de una imagen [11].

Por ejemplo, una cámara de seguridad con 1920 (H) x 1080 (V) píxeles equivale a 2,073,600 píxeles, dividido por 1,000,000 es 2.07. Esto se considera una cámara de seguridad de alta resolución de 2 megapíxeles (2MP).

- **Compatibilidad**

En tecnologías de red IP los dispositivos como cámaras o grabadores de video no son compatibles entre sí, sobre todo por la variedad de fabricantes, es por eso que ONVIF (*Open Network Video Interface Forum*) o Foro Abierto de Interfaz de Video de Red en español, promueve y proporciona interfaces estandarizadas con el fin de garantizar la interoperabilidad entre productos de videovigilancia de diferentes marcas basados en IP [12].

- **Medios de Transmisión**

Los medios de transmisión son el canal por el que viaja la información desde el transmisor hasta el receptor. Estos pueden ser alámbricos o inalámbricos.

Los cctv actuales implementan su infraestructura de red generalmente usan tres tipos de medios de transmisión para interconectar dispositivos que conforman el sistema [13]:

- Cable metálico par trenzado.
- Fibra óptica.
- Tecnología inalámbrica.

Cada medio de transmisión requiere codificación de señal diferente.

En el cable par trenzado la codificación de los datos se realiza mediante impulsos eléctricos. En fibra óptica la codificación de los datos se realiza a través de pulsos de luz visible o infrarroja. Con tecnología inalámbrica la codificación de los datos se realiza a través de ondas electromagnéticas [13].

Cada tipo de medio transmisión posee ventajas y desventajas, la elección de uno u otro dependerá de las condiciones del área o lugar donde se requiere implementar, algunos de los criterios que determinen la elección de un medio de transmisión pueden ser [13]:

- Distancias máximas a transmitir la información.
- El ambiente donde se instalará el medio de transmisión.
- Cantidad de datos y ancho de banda requerido.
- Costos del medio de transmisión y de la instalación.

La topología de red describe la forma en que los nodos se conectan a la red. La topología es a menudo una función de las distancias geográficas y del medio de transmisión involucrado.

La topología física que se emplea habitualmente es estrella [14].

Topología Estrella: Los nodos se conectan a un punto central formando así una estrella. Los ajustes de configuración se realizan en el nodo central. Esta topología se puede apreciar en la Figura 1.6.

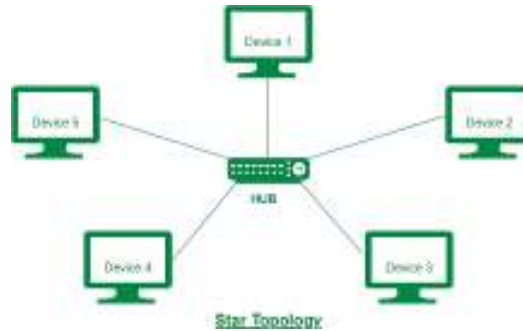


Figura 1.6 Topología en estrella [15].

Otra consideración importante a tener en cuenta es saber, qué combinación de señales se va a transmitir en la red:

- Sin comprimir, todo analógico: cámaras y transmisión analógicas.
- Comprimido, todo IP: cámaras IP y transmisión IP.
- Híbrido: cámaras analógicas, transmisión analógica e IP.
- Mixto: cámaras analógicas e IP, transmisión analógica e IP.

**Cable de par trenzado:** Este tipo de medio de transmisión está constituido por pares trenzados de hilo de cobre aislados entre sí, el trenzado es necesario para minimizar la radiación electromagnética y resistir las interferencias externas, además ayuda a limitar la interferencia con otros pares trenzados adyacentes (diafonía) [16].

El cableado de red de par trenzado está constituido por 4 pares trenzados de hilo de cobre forrados con plástico y una cubierta aislante protectora, es el medio de transmisión alámbrico más usado para la implementación de cableado estructurado, se lo puede encontrar de dos

tipos, con blindaje STP (*Shielded Twisted Pair*) y sin blindaje UTP (*Unshielded Twisted Pair*). Ver Figura 1.7. [16].



Figura 1.7 Cable de par trenzado [16].

Los cables UTP tienen una distancia operativa de 100 metros máximo, se clasifican por categorías de acuerdo con la velocidad nominal. La Tabla 1.2 resume los tipos y velocidades de cableado por categoría más actualizados [17].

Tabla 1.2 Categoría, velocidad y frecuencia de cable par trenzado [18].

CATEGORIA	VELOCIDAD (Mbps)	FRECUENCIA (MHz)
Cat. 5	100	100
Cat. 5e	100	1000
Cat. 6	250	1000
Cat. 6a	500	10000
Cat. 7	600	10000
Cat. 7a	1000	10000
Cat. 8	2000	40000

A continuación, se detalla la Ecuación 1.2 empleada para el cálculo de la distancia promedio y la Ecuación 1.3 empleada para el cálculo del número de bobinas de cable par trenzado en donde se consideran distancias máximas y mínimas entre el centro de monitoreo y las cámaras.

$$DP = \frac{DM + Dm}{2} + \left( \frac{DM + Dm}{2} \right) * 10\% + 2.5 m$$

Ecuación 1.2 Cálculo de la distancia promedio [19].

Donde:

DP: Distancia Promedio.

DM: Distancia máxima.

Dm: Distancia mínima.

$$NB = \frac{NC + DP}{305}$$

Ecuación 1.3 Cálculo del número de bobinas de cable par trenzado [19].

Donde:

NB: Número de Bobinas.

NC: Número de cámaras.

**Fibra óptica:** Esta constituida de un hilo con núcleo de cristal o plástico por el que viaja una señal luminosa. Al núcleo lo cubre un revestimiento de material especial, el mismo que refleja la luz y evita que esta escape, las capas superiores protegen al núcleo de la humedad y eventuales daños externos [20].

La fibra se clasifica básicamente en dos tipos: fibra óptica monomodo SMF (*Single Mode Fiber*) y fibra óptica multimodo MMF (*Multi Mode Fiber*), en la Tabla 1.3 se muestra una comparativa de los dos tipos.

Tabla 1.3 Comparativa fibra óptica SMF vs MMF [20].

Monomodo (SMF)	Multimodo (MMF)
Núcleo: cristal de 8 -10 micras	Núcleo: cristal o plástico de 50 o 62.4 micras
Cubierta: 125 micras	Cubierta: 125 micras
Menor dispersión de luz	Mayor dispersión de luz
Cobertura: hasta 100kms	Cobertura: hasta 2kms
Fuente de luz: laser	Fuente de luz: led

## ➤ Conectores

### • Conector RJ45

Existen dos tipos de conectores RJ45: T568A y T568B. Son estándares de cableado estructurado que especifican la distribución de los cuatro pares de hilo de cobre según el color. Ver Figura 1.8 [21].

En redes *Ethernet* 10/100BASE-T, únicamente se usan dos pares el color naranja y verde mientras que los dos restantes color marrón y azul se suelen utilizar para conexiones de telefonía fija u otras aplicaciones de *Ethernet*.

La conexión del cable puede ser de forma cruzada o directa dependiendo del tipo de conexión que se requiera, para ello se realiza una combinación de los estándares T568A y T568B en el

caso de una conexión de cable cruzado o una repetición del mismo estándar para conexión de cable directo es decir T568A y T568A o T568B y T568B [21].

Cable de red cruzado. - Son utilizados para conectar dos dispositivos de computación del mismo tipo, por ejemplo, dos computadores mediante interfaz de red. En cuanto a la distribución de los colores de los pares de cobre son distintos en cada extremo [21].

Cable de red directo. - Se utiliza en redes LAN (*Local Area Network*) para conectar computadores a un enrutador. En cuanto a la distribución de los colores de los pares de cobre estos coinciden en los ambos extremos [21].

Los estándares T568A y T568B dictan la distribución de los hilos de cobre en los conectores RJ45, la diferencia entre los dos radica básicamente en el orden en el que se encuentran los pares de hilo de cobre según el color. Ver Figura 1.8.

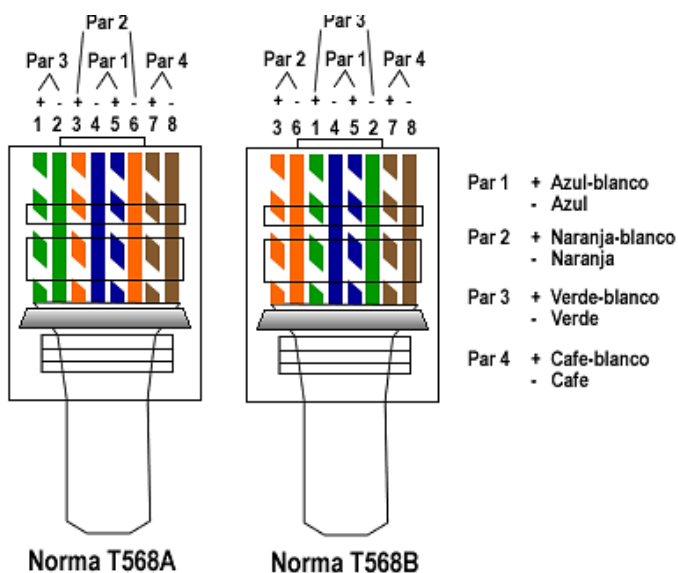


Figura 1.8 Conexión RJ45 según las Normas ANSI/TIA 568A y 568B [21].

- **Conectores de fibra óptica**

Hay diferentes tipos de conectores de fibra óptica en la actualidad, sin embargo, todos se integran en los siguientes mecanismos [22]:

Férula: Es uno de los componentes más importantes de la fibra. Se encarga de alinear, sujetar y proteger la fibra. Las férulas se fabrican en plástico, cerámica o metal.

Acoplamiento: Fija el conector en su lugar.

Cuerpo: Es el componente que sujeta la férula.

Según el pulido de las férulas los conectores de fibra se clasifican en [22]:

- PC (*Physical Contact*), tiene una ligera curvatura en el pulido para eliminar espacios de aire entre férulas. El rango de pérdidas de retorno en estos conectores esta entre -30 y -40 dB (decibeles)
- UPC (*Ultra Physical Contact*), La curvatura del pulido es mayor que en PC. El rango de pérdidas de retorno en estos conectores esta entre -40 y -55 dB. Este tipo de conectores son ideales para la transmisión de Tv y data.
- APC (*Angled Physical Contact*), las férulas en este tipo de conectores tienen un ángulo de 8° con el fin de conseguir mejor acoplamiento. Su pérdida de retorno es de -60 dB

La Figura 1.9 muestra los tres tipos de pulidos de las férulas en los conectores de fibra óptica.

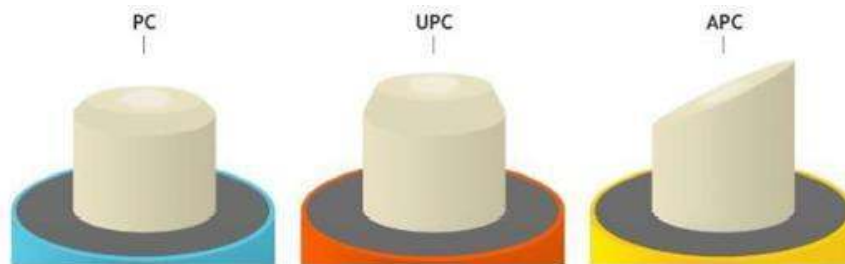


Figura 1.9 Tipos de pulido en conectores de Fibra óptica [22]:

### ➤ **Procesamiento y almacenamiento de datos**

#### • **Equipo de grabación**

En un sistema CCTV es fundamental un equipo de grabación para almacenar la información capturada por las cámaras del sistema para un eventual análisis. La grabación digital ofrece varias ventajas como: menor espacio de almacenamiento gracias a la compresión de video, la calidad de imagen es mayor [23].

MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 son los formatos de archivos que se utilizan para guardar las grabaciones de video [23].

Los sistemas CCTV basados en cámaras IP utilizan equipos videograbadores denominados NVR (*Network Video Recorder*), mientras que los sistemas que emplean cámaras analógicas se utilizan videograbadores denominados DVR (*Digital Video Recorder*) [23].

- **Almacenamiento**

La elección del tamaño de disco de almacenamiento es importante para guardar información de video de manera continua y con posibilidad de escalabilidad de un CCTV. Generalmente la capacidad de los discos requeridos para almacenamiento de CCTV está en el orden de los Terabytes.

La Ecuación 1.4 permite calcular la capacidad de almacenamiento requerido en un disco duro. El cálculo se obtiene en base a la velocidad de transmisión y del número de días requeridos de grabación.

$$DD = \left( \frac{V_{txT}}{8} * 3600s * 24h \right) * nd$$

Ecuación 1.4 Cálculo de la capacidad de almacenamiento de disco [9].

Donde:

V<sub>txT</sub>= Velocidad de transmisión total.

nd: Número de días de grabación.

- **NAS (Network Attached Storage)**

La Figura 1.10 presenta la arquitectura de almacenamiento en una red LAN, donde todos los dispositivos conectados tienen acceso a una misma fuente de almacenamiento. Este tipo de arquitectura es ideal para redes LAN pequeñas pues es limitada en ancho de banda, por otra parte, ofrece la ventaja de fácil instalación y gestión [24].

Para redes LAN que requieren alta velocidad y mayor capacidad de almacenamiento existen las SAN (Storage Area Network) [24].

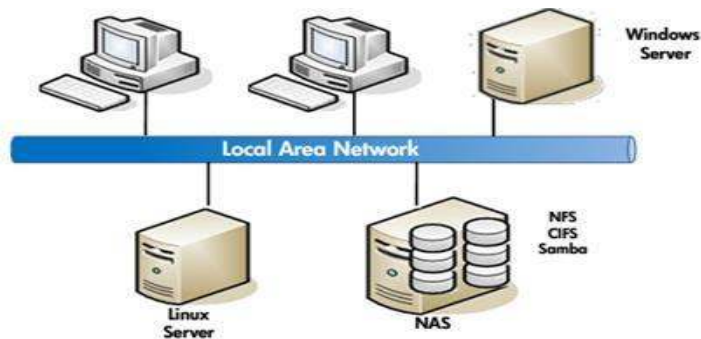


Figura 1.10 Diagrama de almacenamiento NAS [25].

### ➤ Tecnologías de red orientadas a la video vigilancia IP

Una red de videovigilancia permite la intercomunicación entre dispositivos o usuarios a ella conectados, con el fin de compartir recursos e información para su correcto funcionamiento [26].

Generalmente se implementan con la arquitectura de red TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) [26].

Existen varias tecnologías de transmisión de video, sin embargo, *Ethernet* ha tenido mayor alcance en la implementación de sistemas CCTV.

- ***Ethernet* IEEE 802.3**

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.3 surge en base a *Ethernet*, es la tecnología predominante en redes LAN. *Ethernet* está constituida básicamente por tarjetas de red, repetidores, *switches*, concentradores (*hub*), medio de transmisión, equipos de comunicación de datos y equipos terminales de datos [9].

En la Figura 1.11 se presenta la topología más utilizada en *Ethernet* IEEE 802.3

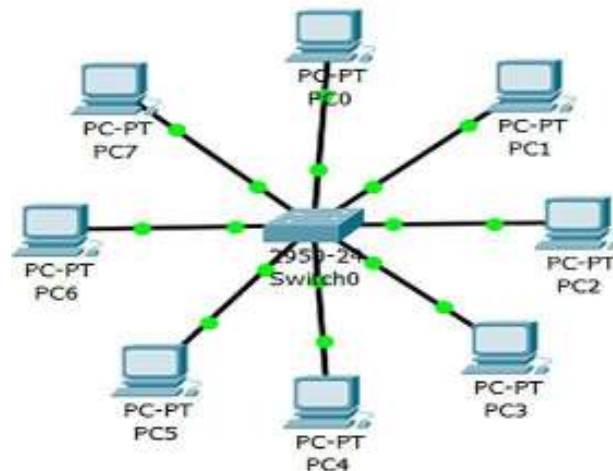


Figura 1.11 Topología física en estrella en *Ethernet* IEEE 802.3 [27].

Este tipo de redes posee un nodo central *switch* que opera en primera instancia como *hub* mientras obtiene todas las direcciones MAC de los equipos conectados, luego opera como conmutador, estableciendo así una comunicación punto a punto, es decir conecta únicamente el equipo transmisor [9].



Con *Ethernet* se puede implementar sistemas de videovigilancia utilizando fibra óptica mediante conversores de medios [9].

Otra manera de implementar es mediante la utilización de *switches* de fibra óptica, aunque esto implique precios elevados

- **Redes PON (*Passive Optical Network*)**

Son redes que cubren la última milla, se implementan en redes LAN y MAN [28]

Una red PON está conformada por redes punto a multipunto con un amplio ancho de banda implementada a través de dispositivos ópticos activos y pasivos y enlaces compartidos de fibra óptica. Los equipos activos se ubican únicamente en la central y la casa del cliente. Este tipo de redes tienen alcance de hasta 20 kilómetros central – cliente. Los equipos más importantes que conforman una red son: el OLT (*Optical Line Terminal*), ONU u ONT (*Optical Network Unit / Optical Network Terminal*).

Algunas de las ventajas de este tipo de redes es que requieren una inversión relativamente baja en implementación y mantenimiento, además se puede agregar servicios como los *triple play* en la misma infraestructura de red [28].

Elementos principales que constituyen una red PON:

**OLT:** Es uno de los elementos activos más importantes de la red, gestiona la tasa de transferencia de datos hacia el usuario final por medio de la fibra óptica, tiene la capacidad de atender a múltiples usuarios a través un mismo puerto. Entre las funciones más importantes del OLT se incluyen la corrección de errores y la gestión de potencia óptica en los puertos [28].

**Splitter:** Elemento pasivo divisor de fibra óptica que posee una entrada y 2, 4, 8, 16, 32, 64 o 128 salidas. La selección de uno u otro dependerá de la división admitida por el puerto PON [28].

**Fibra óptica:** Por lo general la más utilizada en este tipo de redes es del tipo monomodo [28].

**ONU u ONT:** Es otro de los elementos activos más importantes de la red, ubicado en la residencia del cliente y es el encargado de transformar las señales eléctricas en señales ópticas y viceversa, ofrece interfaces para datos, televisión, telefonía IP, etc [28].

La Tabla 1.4 muestra una comparativa de la evolución de las redes PON como respuesta a una mayor demanda de capacidad de transmisión de datos, la velocidad de transmisión y

nuevos servicios. Esta tecnología tiene características importantes como: la relación de segmentación o de *splitter*, ancho de banda mayor a 1 Gbps, alcance de 20 km, permite implementar varios servicios en la misma red, etc.

Tabla 1.4 Comparativa tecnologías de red PON [28].

CARACTERISTICAS	EPON	GEPON	GPON	10GEPON
<b>Organización</b>	IEEE EFM	IEEE EFM	UIT FSAN	IEEE EFM
<b>Estándar</b>	802.3ah	802.3 ah	G.984.x	802.3av
<b>Modo de transmisión</b>	Simétrico	Simétrico	Simétrico	Asimétrico Simétrico /
<b>Velocidades de transmisión Up/Down en Gbps</b>	1,25 / 1,25	1,25 / 1,25	1,25 / 1,25	10,31 / 10,31 1,25 / 10,31
<b>Nivel de división pasiva min/máx. por puerto</b>	1:16/1:32	1:32/1:64	1:64/1:128	1:16/1:32/ 1:64
<b>Fibra óptica</b>	SMF	SMF	SMF	SMF
<b>Enlace máximo del OLT al ONT (km)</b>	10 o 20	20	20 o 60	20
<b>Protocolo de capa 2</b>	<i>Ethernet, TDM, TDMA</i>	<i>Ethernet, TDM, TDMA</i>	<i>Ethernet, ATM, TDM, TDMA</i>	<i>Ethernet, TDM, CWDM</i>
<b>Codificación de línea</b>	8B/10B	8B/10B	NRZ	<i>UP: 8B/10B DOWN: 64B/66B</i>
<b>Banda de longitud de onda (λ)</b>	<i>Up: 1300nm Down: 1400nm</i>	<i>Up: 1260-1360nm Down: 1480-1500nm</i>	<i>Up: 1260-1360nm Down: 1480-1500nm 1550-1560nm</i>	<i>Up: 1260-1280nm (10Gbps) Down: 1575-1580nm (10Gbps)</i>
<b>Seguridad Downstream</b>	<i>DES (Data Encryption Standard)</i>	<i>AES (Advanced Encryption Standard)</i>	AES	DES
<b>Corrección de errores</b>	No definido	No definido	<i>FEC (Forward Error Correction)</i>	FEC
<b>Eficiencia (dependiente del servicio)</b>	<i>Up: 60% Down: 80%</i>	No definido	<i>Up: 93% Down: 94%</i>	No definido
<b>Aplicación</b>	Redes LAN, PON FTTx	Redes PON FTTx, <i>Triple Play</i>	Redes PON FTTx, <i>Triple Play</i> , <i>Televigilancia y datos.</i>	Aplicaciones avanzadas en redes de largo alcance.

- **Presupuesto de enlace óptico**

Este presupuesto se puede determinar en base a la potencia óptica y pérdida óptica. En ambos casos se refiere a la cantidad de pérdidas aceptables desde el transmisor al receptor. La potencia óptica tiene un rango máximo y mínimo y el nivel de atenuación debe mantenerse dentro de un rango que garantice la comunicación [29].

La atenuación óptica, se refiere a la disminución de la potencia de la señal óptica y se calcula sumando todas las pérdidas generadas en los dispositivos que conforman la red como medios de transmisión, conectores, empalmes, *splitters*, etc. Los valores permitidos de atenuación lo especifican la norma EIA/TIA 568 y el fabricante de los dispositivos [29].

La pérdida de potencia se expresa en decibelios (dB), unidad que se utiliza para expresar la relación de 2 valores. La ganancia se expresa como un valor positivo mientras que la atenuación como un valor negativo [29].

$$dB = 10 \log (P_s/P_e)$$

Ecuación 1.5 Cálculo del decibelio [30].

Donde:

dB: Decibelios.

Ps: Potencia de salida.

Pe: Potencia de entrada.

La potencia en el transmisor y la sensibilidad en el receptor se miden en decibelio milivatio (dBm), esta es una medida de relación a milivatio (mW).

$$dBm = 10 \log (mW)$$

Ecuación 1.6 Cálculo del dBm decibelio-milivatio [30].

Donde:

dBm: Potencia en dBm

mw: Potencia en milivatios

## **2. METODOLOGÍA**

Para la realización del presente proyecto se aplicaron los siguientes métodos de investigación; exploratoria, aplicada, documental y analítica. A continuación, se describe como estas metodologías influyen en el desarrollo del proyecto.

### **2.1 Metodología exploratoria**

Mediante el método exploratorio se realizó un reconocimiento personal del lugar y mediante la aplicación *Google Maps*, posteriormente se tomó las medidas de las calles Oriente, Triángulo del ciclista, calle A y calle B, donde se establecieron los puntos de vulnerabilidad para la ubicación de los equipos de video vigilancia (cámaras, cable y demás dispositivos requeridos) para los dos diseños del sistema de video vigilancia.

### **2.2 Metodología aplicada**

Se aplicó conocimientos adquiridos durante la formación académica.

Se utilizó *Google Maps* y *Adobe Illustrator* para realizar una imagen del sector del barrio y exportarla a *AutoCAD* y así se realizó el plano con mayor facilidad y precisión. Luego se exportó el plano diseñado en *AutoCAD* al software "*IP Video System Design Tool*" y se ubicó las cámaras en el plano diseñado en *AutoCAD*.

### **2.3 Metodología documental**

Con el método documental se profundizó en temas relacionados con sistemas de videovigilancia, con ayuda de páginas web, libros, revistas, documentos técnicos, etc.

### **2.4 Metodología analítica**

Se empleó el método analítico, mediante una pequeña charla con ciertos moradores sobre los puntos vulnerables en el barrio y complementando con la información topográfica se evaluaron y determinaron los sectores para colocar los equipos de videovigilancia.

Se realizó una investigación de los diferentes componentes de un sistema de videovigilancia como son: cámaras, medios de transmisión, NVR's, monitores y demás accesorios requeridos. Mediante un análisis de estudio de las diferentes opciones en base a las características funcionales determinadas por el fabricante, se eligió los equipos de video vigilancia que más se acoplaron al diseño.

Se elaboró dos diseños de sistemas de video vigilancia: el primero, un centro de monitoreo centralizado ubicado en el GAD Parroquial en la calle Amazonas, con la posibilidad de conexión al sistema nacional ECU 911 para una mejor cobertura y respuesta por parte de las autoridades tanto locales como nacionales, el segundo diseño se dividió en pequeños sistemas distribuidos en las calles antes mencionadas para cubrir un sector específico.

Por último, se presentó un informe de la propuesta más viable para los moradores del barrio Calluma Alto en base al diseño de sistema de videovigilancia de las calles Oriente, Triángulo del Ciclista, calle A y calle B, la misma que se presentó en una socialización a los vecinos del barrio.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo de titulación tiene como finalidad realizar un estudio de factibilidad de un sistema de videovigilancia para el barrio Calluma Alto en la parroquia de Pifo para solventar la problemática de inseguridad. A continuación, en la Figura 3.1, se muestran las distintas calles en las cuales se requiere la instalación de las cámaras.



Figura 3.1 Mapa - Barrio Calluma Alto - calles principales [70].

Ubicación GPS: 0°14'9.08"S, 78°19'50.33"W

A: Calle Oriente

B: Calle A

C: Calle B

### **3.1 Análisis de la situación actual**

El barrio Calluma Alto y las principales calles que lo conforman; calle Oriente, calle A y calle B cuenta con domicilios, tiendas, pequeños negocios y fábricas, por ende, es un barrio con movimiento, lo que a su vez lo convierte en presa de la inseguridad sobre todo en el cuidado de niños y domicilios en si del patrimonio de cada morador del barrio. Actualmente el barrio no dispone de un sistema de videovigilancia para contrarrestar de alguna manera el problema de inseguridad. Los moradores del barrio afirman que los principales problemas de inseguridad son: la venta de sustancias psicotrópicas, asaltos a transeúntes, centros de diversión nocturna y el consumo de alcohol. Por ello los moradores del barrio Calluma consideran que la implementación de este proyecto mejoraría las condiciones de seguridad y control del sector en el futuro.

### **3.2 Requerimientos del sistema**

Los moradores de Calluma Alto requieren disponer de un sistema de videovigilancia para ello luego del estudio de campo realizado y de acuerdo con el área que se desea cubrir se determinó que la solución de CCTV deberá cumplir con los siguientes requisitos generales:

- Diseñar una infraestructura de red para transmitir señales de video en un área aproximada de 2km, en tiempo real en un régimen de grabación 24x7 durante 30 días.
- La solución debe ser escalable tanto en el incremento de dispositivos como en el almacenamiento de la información.
- El centro de control deberá estar compuesto por un sistema de visualización, una plataforma de operación de video y equipos de transmisión.
- La ubicación de las cámaras deberá ser en los postes de la Empresa Eléctrica Quito

#### **Especificaciones Técnicas**

- Las cámaras deberán cumplir con los siguientes requerimientos:
  - Las cámaras en su mayoría deben ser tipo domo ya que por el sensor y la distancia focal poseen mayor ángulo de visión el cual puede llegar a los 130° o más, también por seguridad ya que a simple vista no se nota el lente y sería difícil inutilizar este tipo de cámaras [31].

- El túnel de la calle Oriente es un punto crítico por la delincuencia por tal motivo la cámara debe ser tipo bala ya que apuntan a una dirección fija y al tener un menor ángulo de visión la imagen captada será de mejor calidad en la dirección que esté colocada la cámara [31].
- Cámaras compatibles con el protocolo ONVIF (*Open Network Video Interface Forum*). Este protocolo estandariza la forma en que productos IP dentro de la industria de la video vigilancia se comuniquen entre sí [32].
- Cámaras con tecnología CMOS para una gran resolución y buena calidad de imagen, además es una tecnología menos costosa que la tecnología CCD, por ende, las cámaras serán más baratas [33].
- Cámaras con certificación de protección contra polvo y agua, ya que las mismas se colocarán en la intemperie y estarán expuestas a las inclemencias del tiempo, por ende, se requieren dispositivos que contrarresten los factores del clima.
- Cámaras con protección antivandálico, para evitar que se roben el dispositivo.
- Cámaras que dispongan de visión diurna/nocturna automática, ya que se requiere grabación 24/7.
- Cámaras con alcance de 50 metros, que cubran el área de monitoreo requerido por los moradores del barrio.
- Grabación de video en formato H.264 y H.265 a 30 FPS (*Frames Per Second*), ya que ofrecen mejores prestaciones respecto a la compresión de video sobre todo el formato H.265 y en cuanto a los 30 FPS para garantizar la correcta visualización de video.
- Gestión de grabación de video por 30 días continuos.
- Dispositivos de transmisión y recepción como: OLT, ONU, NVR deben ser seleccionados para una escalabilidad del 50%. En el caso de la ONU debe incluir tecnología POE (*Power Over Ethernet*).
- Por el radio de cobertura del sistema de video vigilancia, para alcanzar mayores velocidades de transmisión y recepción y su mayor ancho de banda se debe trabajar con tecnología PON [34].
- Por el radio de cobertura del sistema de video vigilancia, sectores de difícil acceso eléctrico se debe trabajar con equipos con tecnología POE para transferir energía eléctrica y datos a través del cable de red UTP/FTP [35].

### ➤ Estudio de Campo

En la Figura 3.2 se observan los recorridos realizados en varias visitas al barrio, se observó que los sectores de mayor vulnerabilidad son: quebradas, casas abandonadas, lotes baldíos y túnel donde no existe ningún tipo de vigilancia; además considerando estos sectores de vulnerabilidad se analizaron los puntos estratégicos de colocación de cámaras para la videovigilancia.

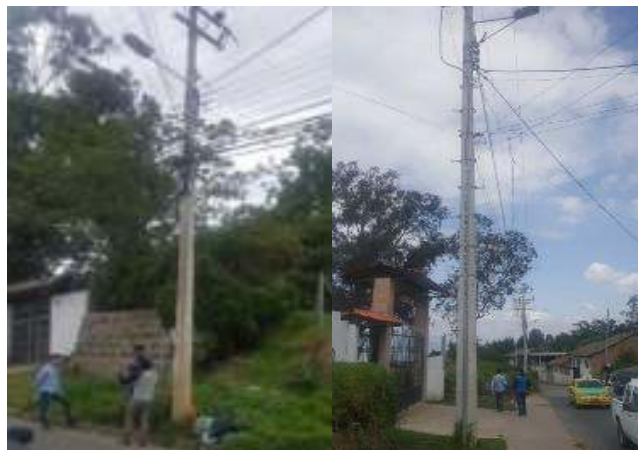


Figura 3.2 Toma de medidas de las calles.

Las acciones realizadas fueron:

- Tomar la medida de las calles.
- Verificar la posibilidad de tendido de cableado, caso contrario evaluar la posibilidad de conexión inalámbrica.

Para tomar las medidas de las calles se consideró el largo y ancho de cada una para el diseño gráfico en AutoCAD y así realizar un mapa a escala de la zona de trabajo en el cual se determina la cobertura, enlaces, la distribución de cámaras y equipos de CCTV.

La Tabla 3.1 detalla las dimensiones de las calles principales del Barrio Calluma Alto.

Tabla 3.1 Longitud de las calles principales del barrio Calluma Alto.

Calle	Longitud (mts)	Ancho (mts)	Área (Mts <sup>2</sup> )
Oriente	1660	8.70	14442
Calle A	400	6.10	2440
Calle B	100	6.10	610



➤ **Sistema de referencia para indicar la posición de cada cámara**

En la Tabla 3.2 se detalla para cada cámara de seguridad el “azimut” el cual es un ángulo que se da entre un satélite y el norte, también se detalla el ángulo de elevación el cual es un ángulo vertical entre el satélite y el observador [36], para ello se utilizó la aplicación “*SatFinder*”, se tomó como referencia al satélite Amazonas 3 el cual sirvió como objeto para que sea apuntado por las cámaras de seguridad, la aplicación dio valores de azimut y ángulos de elevación, estos valores se tomaron a las 10 de la mañana en el punto donde irá cada cámara [37].

Tabla 3.2 Azimut y ángulo de elevación de las cámaras de seguridad.

Denominación	Cámaras	Azimut	Ángulo de Elevación
<b>Sector 1</b>	Cam1	256°	-4.41°
	Cam2	340°	-5.11°
	Cam3	289°	-5.55°
<b>Sector 2</b>	Cam4	283°	-5.91°
	Cam5	254°	-6.17°
	Cam6	277°	-6.43°
<b>Sector 3</b>	Cam7	201°	-6.98°
	Cam8	26°	-7.62°
	Cam9	10°	-8.03°
<b>Sector 4</b>	Cam10	293°	-8.73°
	Cam11	279°	-8.99°
	Cam12	274°	-9.49°
	Cam13	280°	-10.07°
<b>Sector 5</b>	Cam14	124°	-10.87°
	Cam15	319°	-11.44°
	Cam16	318°	-11.82°
	Cam17	295°	-12.04°
<b>Sector 6</b>	Cam18	302°	-12.71°
	Cam19	297°	-13.33°
	Cam20	356°	-13.97°
	Cam21	319°	-14.15°
	Cam22	312°	-14.79°
<b>Sector 7</b>	Cam23	301°	-15.25°
	Cam24	301°	-15.87°
	Cam25	300°	-16.09°
<b>Sector 8</b>	Cam26	295°	-16.45°
	Cam27	290°	-16.99°
	Cam28	289°	-17.21°
<b>Sector</b>	Cam29	295°	-17.79°
	Cam30	294°	-18.07°
	Cam31	297°	-18.47°

### ➤ **Determinación de sectores estratégicos**

Se ha determinado como sector estratégico aquel sector libre de obstáculos, posibilidad de tendido de cable de red y lejos del alcance de los transeúntes para evitar manipulación o robo. Adicionalmente se consideró que el poste de energía eléctrica donde se colocaría la cámara no tenga un transformador ya que esto podría ocasionar ruido electromagnético y afectar la información procedente de la cámara, en el estudio de campo se tomaron fotos de los sectores estratégicos los cuales se pueden apreciar en el ANEXO A.

A continuación, se presenta un esquema por cada sector que ha sido seleccionado como estratégico. En los esquemas se representan las ubicaciones y coberturas de las cámaras en cada sector, las distancias que se muestran son entre las cámaras y cada ONU para el diseño centralizado y las distancias entre las cámaras y cada NVR para el diseño sectorizado, se aclara que no son distancias entre cámaras, dichas distancias se establecieron en base a las medidas tomadas en los recorridos de las calles durante el estudio de campo las cuales se les ha añadido un 5% para más holgura.

En la Figura 3.3 se observa la simbología de los elementos empleados en el diseño centralizado para entender de mejor manera las posteriores figuras de cada sector.



Figura 3.3 Simbología en el diseño centralizado.

En la Figura 3.4 se observa el primer sector estratégico el cual se encuentra ubicado en el Triángulo del Ciclista al final de la calle Oriente. Este sector para el diseño centralizado consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas a la ONU por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul), la ONU (rectángulo azul) se conecta por medio de fibra óptica monomodo (línea entrecortada color naranja) a una caja NAP.

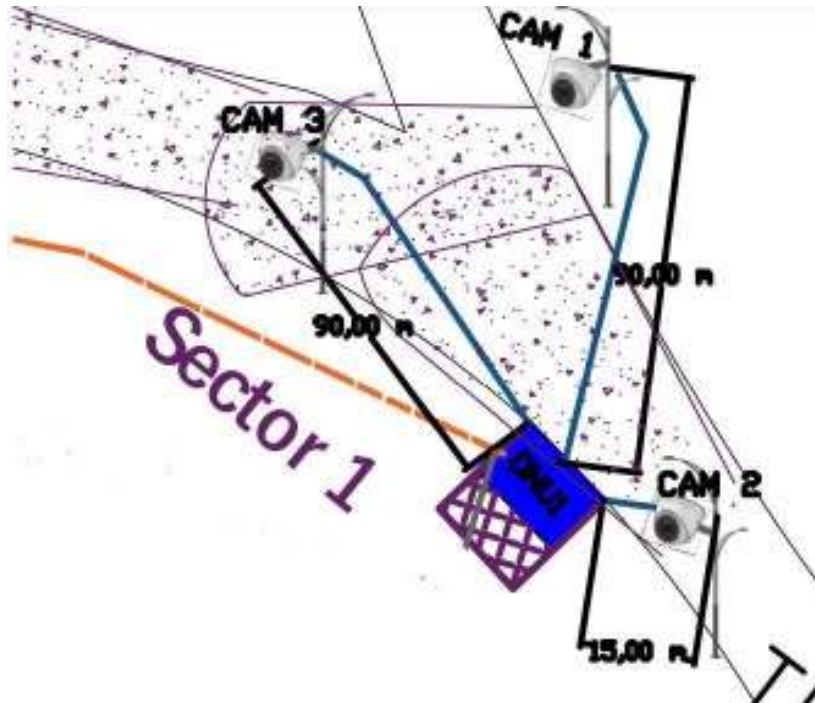


Figura 3.4 Sector 1, diseño centralizado.

En la Figura 3.5 se observa el segundo sector estratégico el cual se encuentra ubicado en la calle Oriente y calle A. Este sector para el diseño centralizado consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas a la ONU por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul), la ONU (rectángulo azul) se conecta por medio de fibra óptica monomodo (línea entrecortada naranja) a una caja NAP (rectángulo morado), además se observa una línea entrecortada color morada la cual hace referencia a la fibra óptica monomodo que conecta la caja NAP con el OLT.

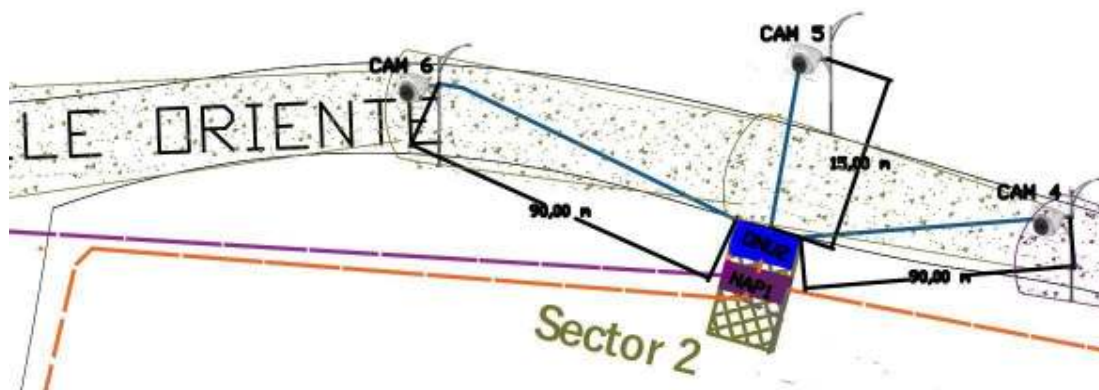


Figura 3.5 Sector 2, diseño centralizado.

En la Figura 3.6 se observa el tercer sector estratégico el cual se encuentra ubicado en la calle A entre calle Oriente y E-20. Este sector para el diseño centralizado consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas a la ONU por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul), la ONU (rectángulo azul) se conecta por medio de Fibra óptica monomodo (línea entrecortada color naranja) a una caja NAP.



Figura 3.6 Sector 3, diseño centralizado.

En la Figura 3.7 se observa el cuarto sector estratégico el cual se encuentra ubicado en la calle Oriente. Este sector para el diseño centralizado consta de 4 cámaras, de las cuales tres serán tipo domo y una será tipo bala (CAM10), la misma que enfoca al túnel debajo de la autopista Troncal de la Sierra, colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas a la ONU por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul) y UTP *Dahua* Cat.5E para las distancias mayores a 100 m (línea azul) [38], la ONU (rectángulo azul) se conecta por medio de Fibra óptica monomodo (línea entrecortada color naranja) a una caja NAP, además se observa una línea entrecortada color morada la cual hace referencia a la Fibra óptica monomodo que conecta una caja NAP con el OLT.

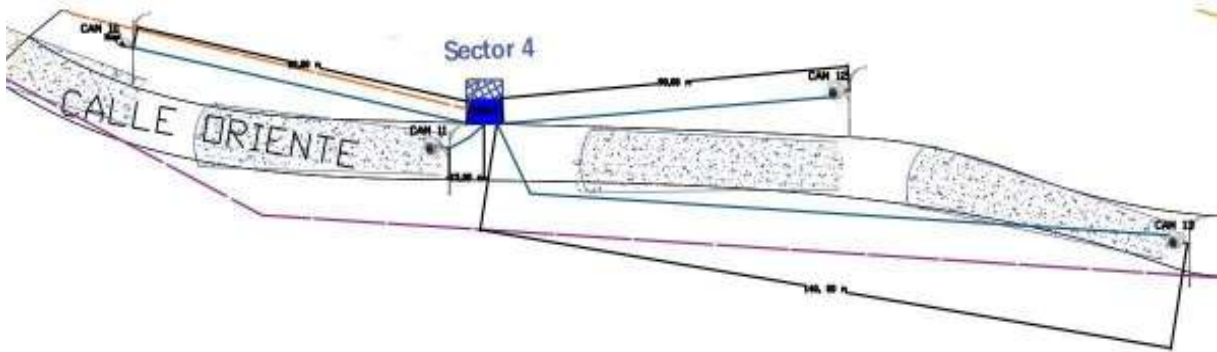


Figura 3.7 Sector 4, diseño centralizado.

En la Figura 3.8 se observa el quinto sector estratégico el cual se encuentra ubicado en la calle Oriente. Este sector para el diseño centralizado consta de 4 cámaras tipo domo, de las cuales una será tipo bala (CAM14), la misma que enfoca al túnel debajo de la autopista Troncal de la Sierra. Las cámaras serán colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas a la ONU por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul) y UTP *Dahua* Cat.5E para las distancias mayores a 100 m (línea azul) [38], la ONU (rectángulo azul) se conecta por medio de Fibra óptica monomodo (línea entrecortada color naranja) a una caja NAP (rectángulo color morado), además se observa una línea entrecortada color morada la cual hace referencia a la Fibra óptica monomodo que conecta la caja NAP con el OLT.

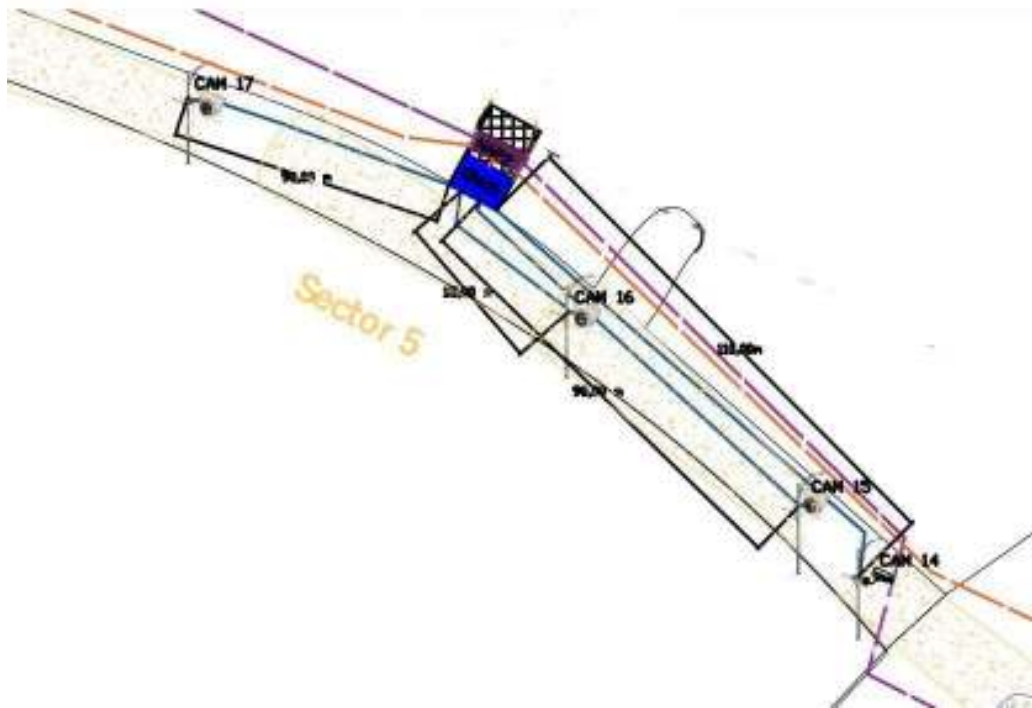


Figura 3.8 Sector 5, diseño centralizado.

En la Figura 3.9 se observa el sexto sector estratégico el cual se encuentra ubicado en la calle Oriente. Este sector para el diseño centralizado consta de 4 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas a la ONU por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul) y UTP *Dahua* Cat.5E para las distancias mayores a 100 m (línea azul) [38], la ONU (rectángulo azul) se conecta por medio de Fibra óptica monomodo (línea entrecortada color naranja) a una caja NAP, además se observa una línea entrecortada color morada la cual hace referencia a la Fibra óptica monomodo que conecta la caja NAP con el OLT.

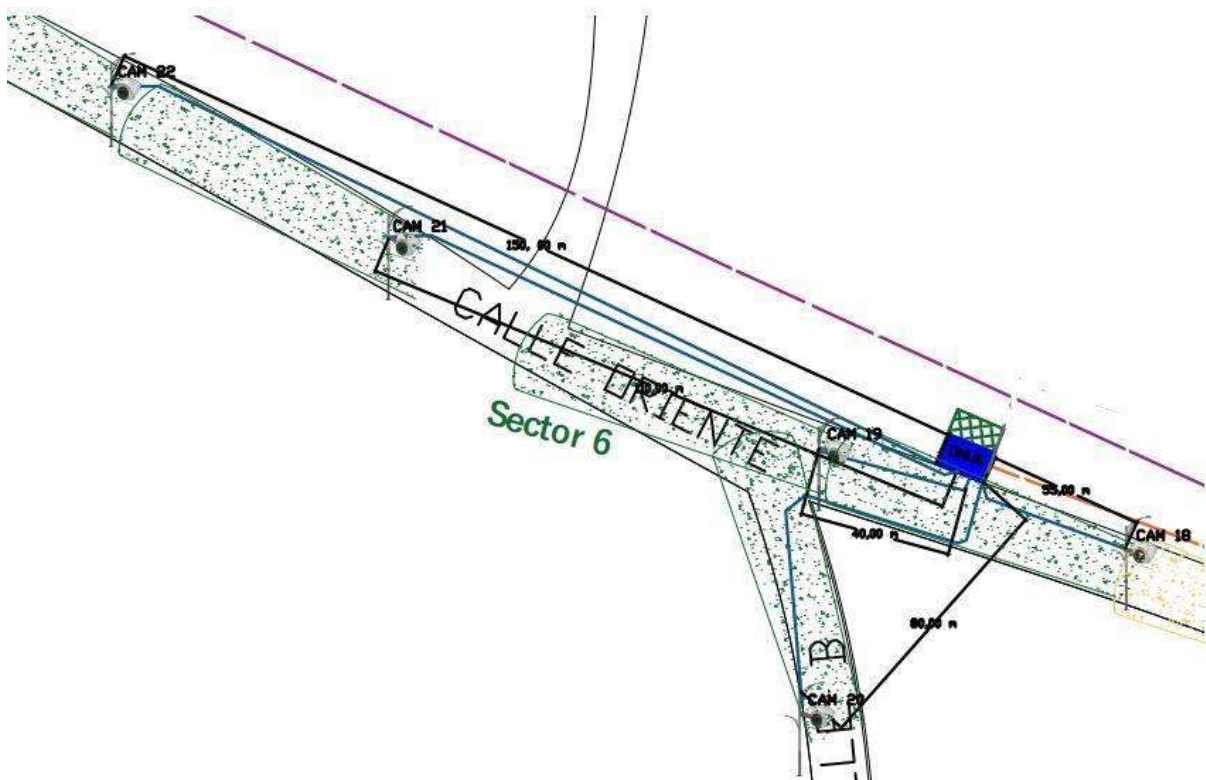


Figura 3.9 Sector 6, diseño centralizado.

En la Figura 3.10 se observa el séptimo sector estratégico el cual se encuentra ubicado en la calle Oriente. Este sector para el diseño centralizado consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas a la ONU por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul), la ONU (rectángulo azul) se conecta por medio de Fibra óptica monomodo (línea entrecortada color naranja) a una caja NAP, además se observa una línea entrecortada color morada la cual hace referencia a la Fibra óptica monomodo que conecta una caja NAP con el OLT.

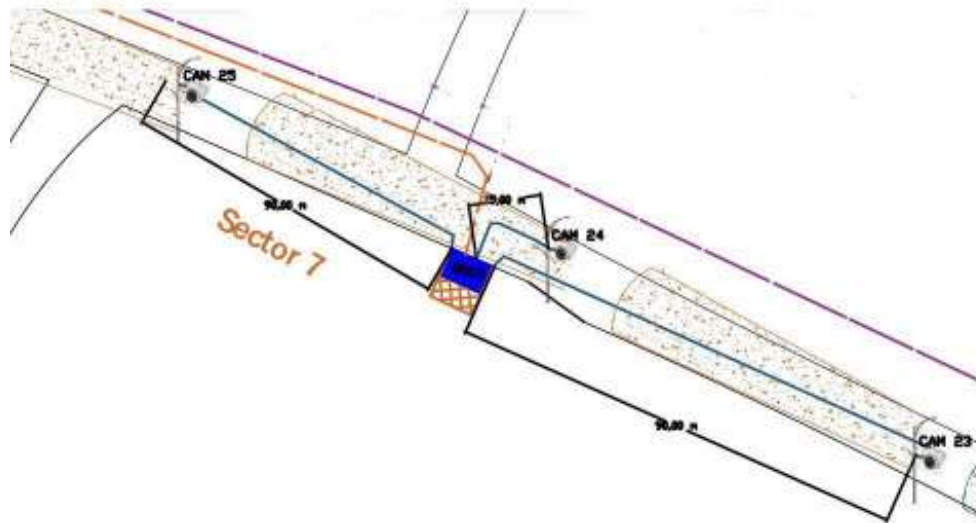


Figura 3.10 Sector 7, diseño centralizado.

En la Figura 3.11 se observa el octavo sector estratégico el cual se encuentra ubicado en la calle Oriente. Este sector para el diseño centralizado consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas a la ONU por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul), la ONU (rectángulo azul) se conecta por medio de Fibra óptica monomodo (línea entrecortada color naranja) a una caja NAP (rectángulo color morado), además se observa una línea entrecortada color morada la cual hace referencia a la Fibra óptica monomodo que conecta una caja NAP con el OLT.

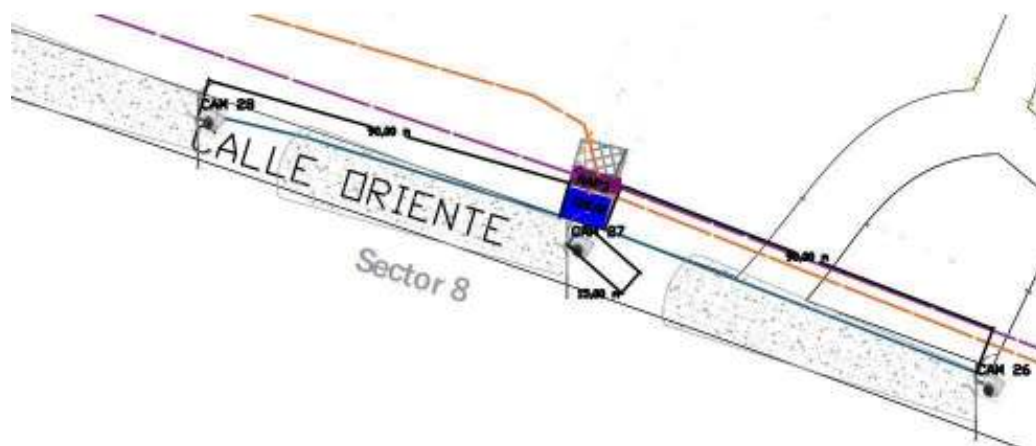


Figura 3.11 Sector 8, diseño centralizado.

En la Figura 3.12 se observa el séptimo sector estratégico el cual se encuentra ubicado en la calle Oriente. Este sector para el diseño centralizado consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas a la ONU por medio de cable FTP Cat.6 (línea

azul), la ONU (rectángulo azul) se conecta por medio de Fibra óptica monomodo (línea entrecortada color naranja) a una caja NAP, además se observa una línea entrecortada color morada la cual hace referencia a la Fibra óptica monomodo que conecta una caja NAP con el OLT.

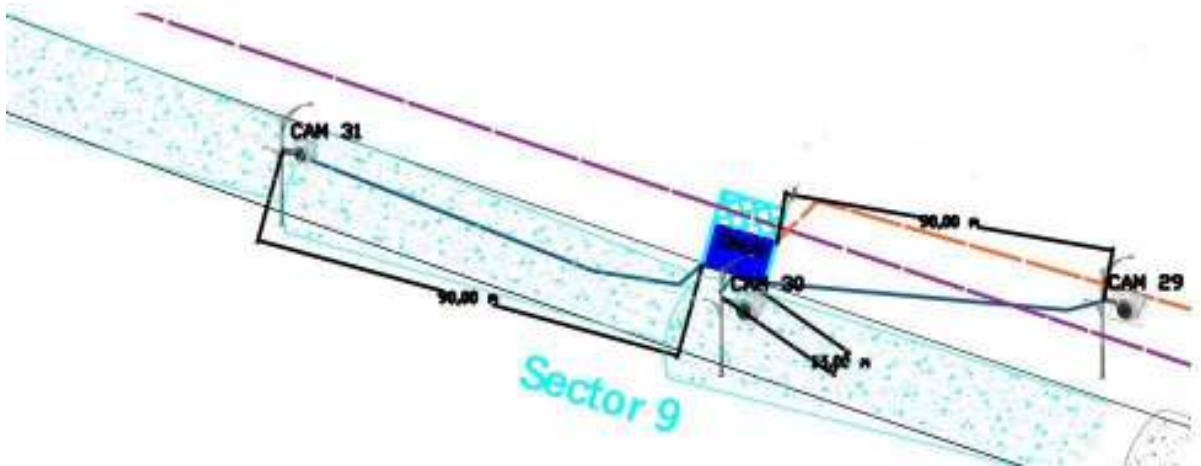


Figura 3.12 Sector 9, diseño centralizado.

En la Figura 3.13 se observa la simbología de los elementos empleados en el diseño sectorizado para entender de mejor manera las posteriores figuras de cada sector.



Figura 3.13 Simbología en el diseño sectorizado.



En la Figura 3.14 se observa el diseño para el primer sector estratégico, ubicado en el Triángulo del Ciclista al final de la calle Oriente, consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas al NVR (rectángulo verde) por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul).

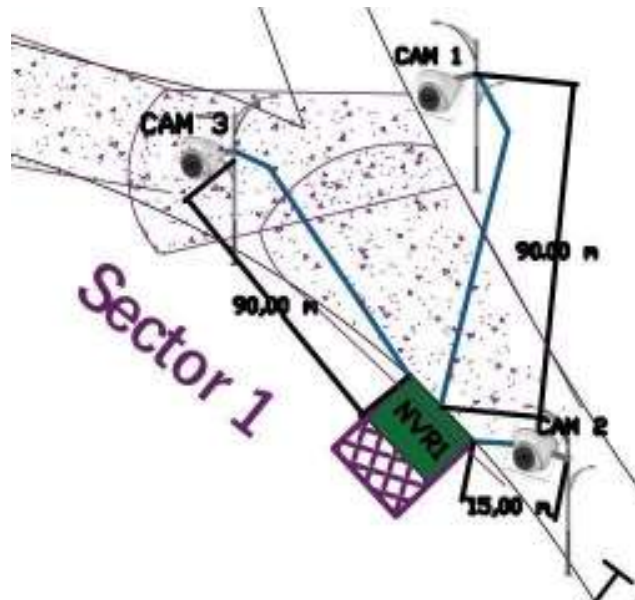


Figura 3.14 Sector 1, diseño sectorizado.

En la Figura 3.15 se observa el diseño para el segundo sector estratégico, ubicado en la calle Oriente, consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas al NVR (rectángulo verde) por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul).

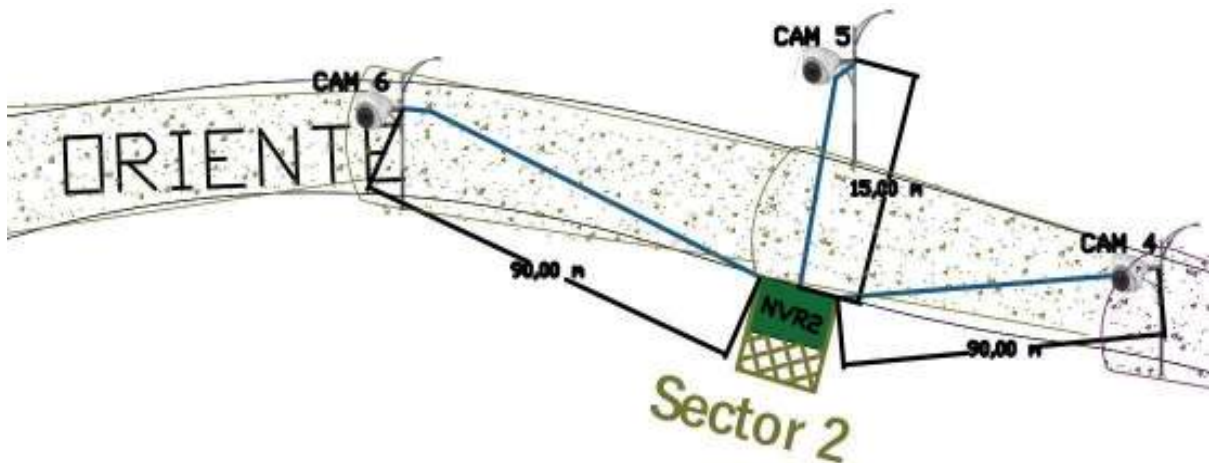


Figura 3.15 Sector 2, diseño sectorizado.

En la Figura 3.16 se observa el diseño para el tercer sector estratégico, ubicado en la calle A, consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas al NVR (rectángulo verde) por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul).

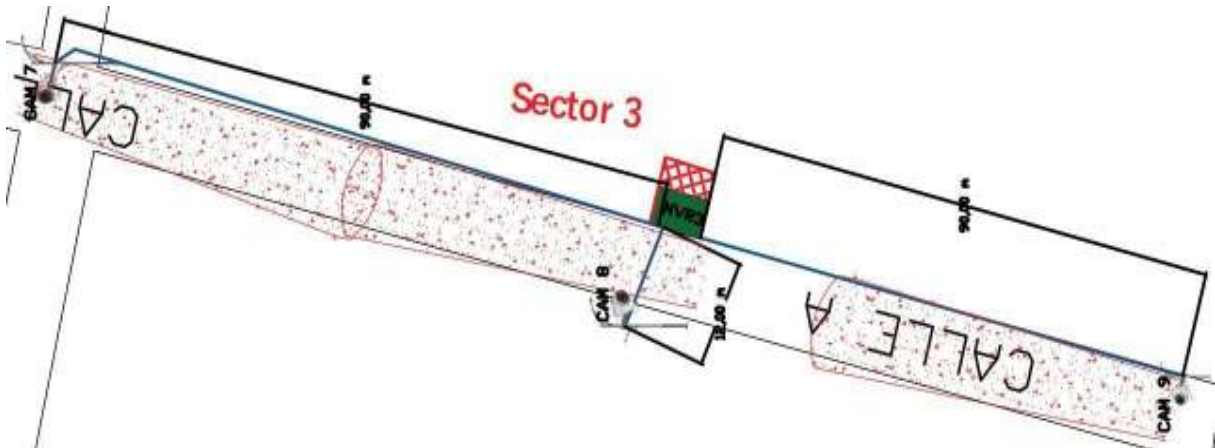


Figura 3.16 Sector 3, diseño sectorizado.

En la Figura 3.17 se observa el diseño para el cuarto sector estratégico, ubicado en la calle Oriente, consta de 4 cámaras, de las cuales tres serán tipo domo y una será tipo bala (CAM10), la misma que enfoca al túnel debajo de la autopista Troncal de la Sierra, conectadas al NVR (rectángulo verde) por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul).

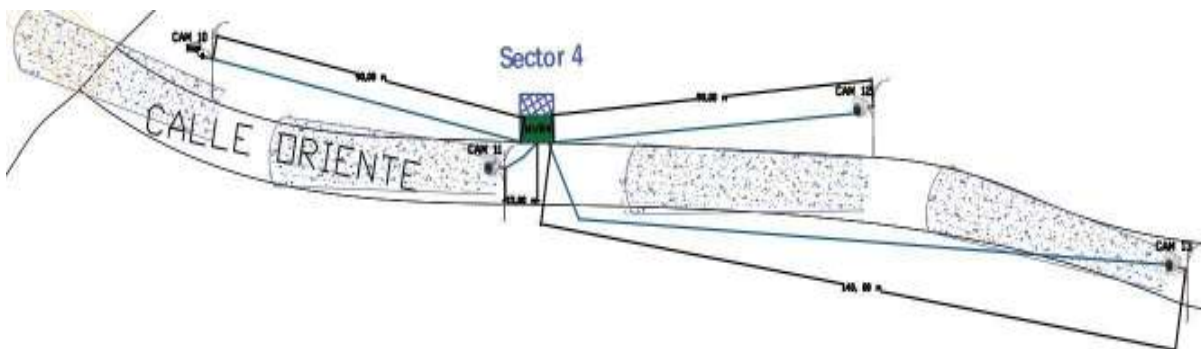


Figura 3.17 Sector 4, diseño sectorizado.

En la Figura 3.18 se observa el diseño para el quinto sector estratégico, ubicado en la calle Oriente, consta de 4 cámaras tipo domo, de las cuales una será tipo bala (CAM14), la misma que enfoca al túnel debajo de la autopista Troncal de la Sierra. Las cámaras serán colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas al NVR (rectángulo verde) por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul).

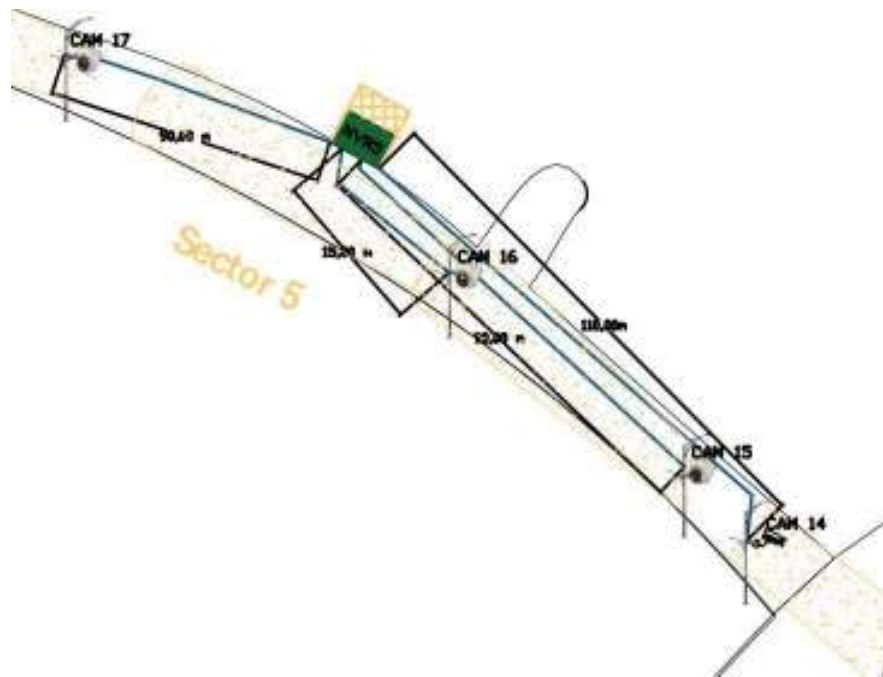


Figura 3.18 Sector 5, diseño sectorizado.

En la Figura 3.19 se observa el diseño para el sexto sector estratégico, ubicado en la calle Oriente, consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas al NVR (rectángulo verde) por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul).

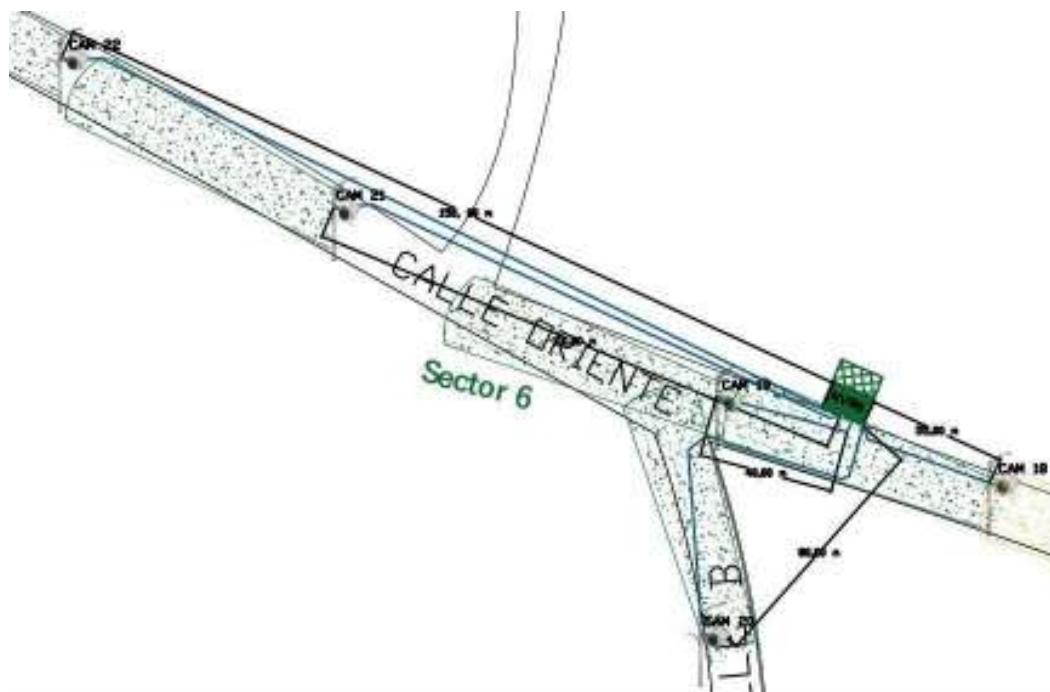


Figura 3.19 Sector 6, diseño sectorizado.

En la Figura 3.20 se observa el diseño para el séptimo sector estratégico, ubicado en la calle Oriente, consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas al NVR (rectángulo verde) por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul).

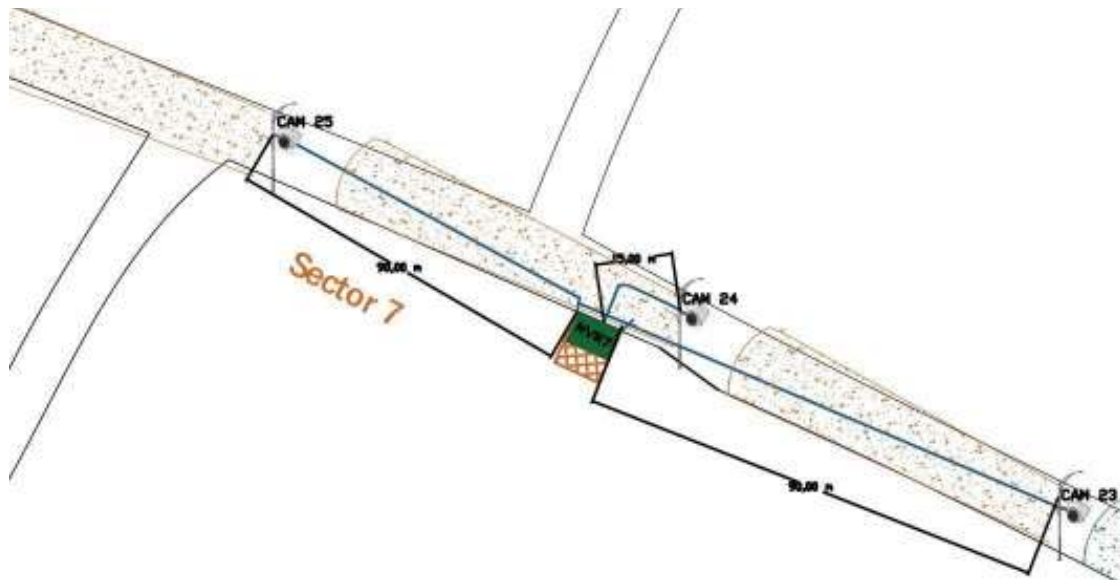


Figura 3.20 Sector 7, diseño sectorizado.

En la Figura 3.21 se observa el diseño para el octavo sector estratégico, ubicado en la calle Oriente, consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas al NVR (rectángulo verde) por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul).

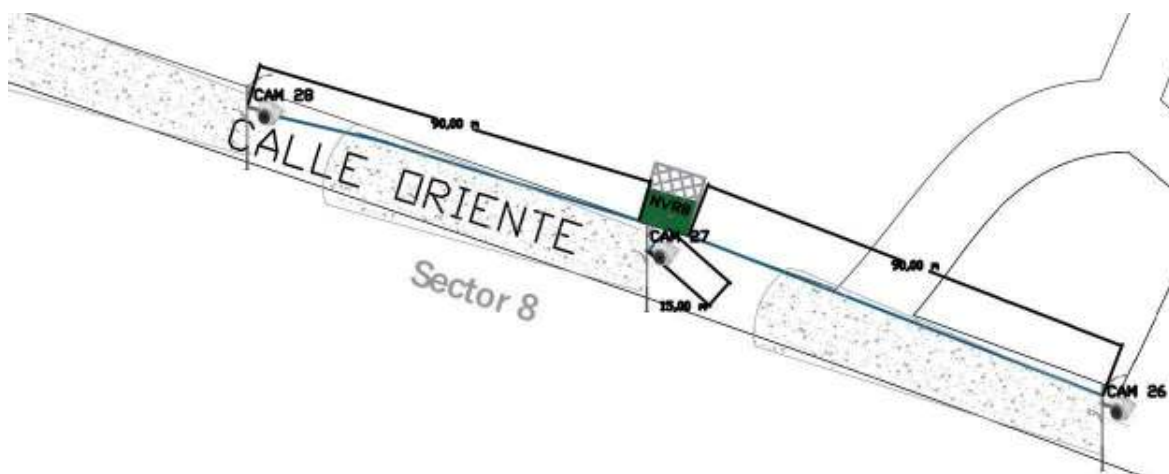


Figura 3.21 Sector 8, diseño sectorizado.

En la Figura 3.22 se observa el diseño para el noveno sector estratégico, ubicado en la calle Oriente, consta de 3 cámaras tipo domo colocadas en los postes de conexión eléctrica, conectadas al NVR (rectángulo color verde) por medio de cable FTP Cat.6 (línea azul).

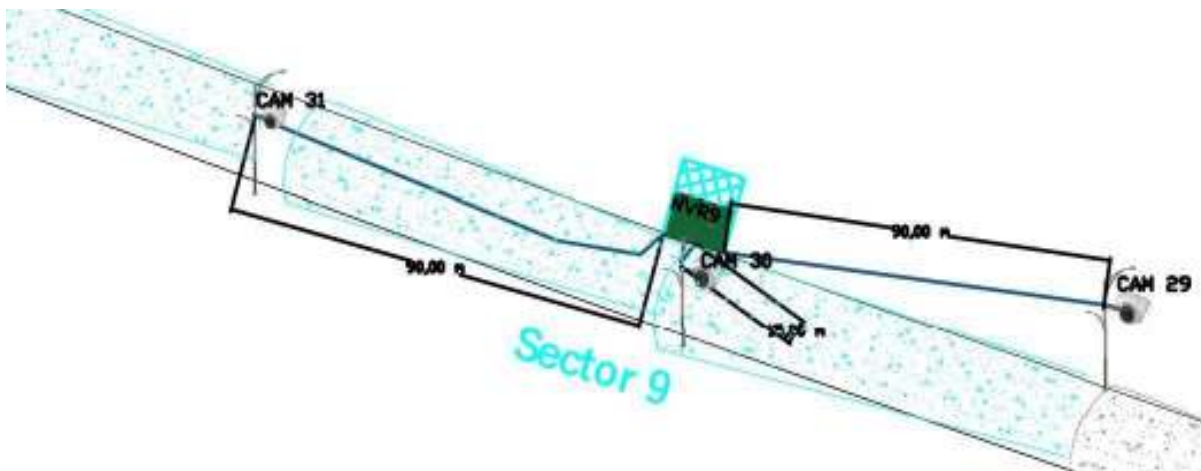


Figura 3.22 Sector 9, diseño sectorizado.

### 3.3 Diseño del sistema de videovigilancia

Una vez que se han determinado los requerimientos generales para el sistema CCTV se ha seleccionado tecnología IP para este proyecto ya que posee características y ventajas requeridas para los diseños planteados, comparado con tecnologías análogas e híbridas, pues ofrece una mejor resolución de imagen y video con inteligencia integrada, la calidad de imagen es óptima por su transmisión en formato digital, se puede monitorear remotamente por aplicaciones móviles, se presentan menos cables gracias a la tecnología POE o conexiones inalámbricas, es escalable en el tiempo [39].

Con el análisis de estudio de campo realizado se plantean dos soluciones; la primera un sistema CCTV centralizado donde el monitoreo de todas las cámaras desplegadas a lo largo de las calles antes mencionadas se encuentre en el Infocentro del GAD de Pifo ubicado en la calle Amazonas y Pasaje San Javier, y la segunda un sistema CCTV sectorizado con monitoreo por pasaje, es decir cada sector tendrá su centro de monitoreo.

#### ➤ Diseño del sistema de videovigilancia Centralizado

El diseño del sistema de videovigilancia cuenta con un Cuarto de Equipos (CE) ubicado en el Infocentro de Calluma donde se colocarán los dispositivos; el equipo de conmutación central “switch”, el OLT, el dispositivo de almacenamiento NVR, un *router* para tener conexión con el ISP (*Internet Service Provider*) para monitoreo remoto y el servidor NAS para respaldar la información.

Los enlaces de fibra óptica saldrán del CE por tendido aéreo hasta las cajas NAP (*Network Access Point*) las cuales distribuirán los hilos de fibra óptica hacia cada ONU en los 9 sectores estratégicos, se colocará un gabinete para cada ONU. De cada ONU saldrán cables de par trenzado UTP hacia las correspondientes cámaras ubicadas en los postes de la Empresa Eléctrica Quito. Cada ONU cuenta con tecnología POE para la alimentación de cada cámara.

- **Diseño de la red en AutoCAD**

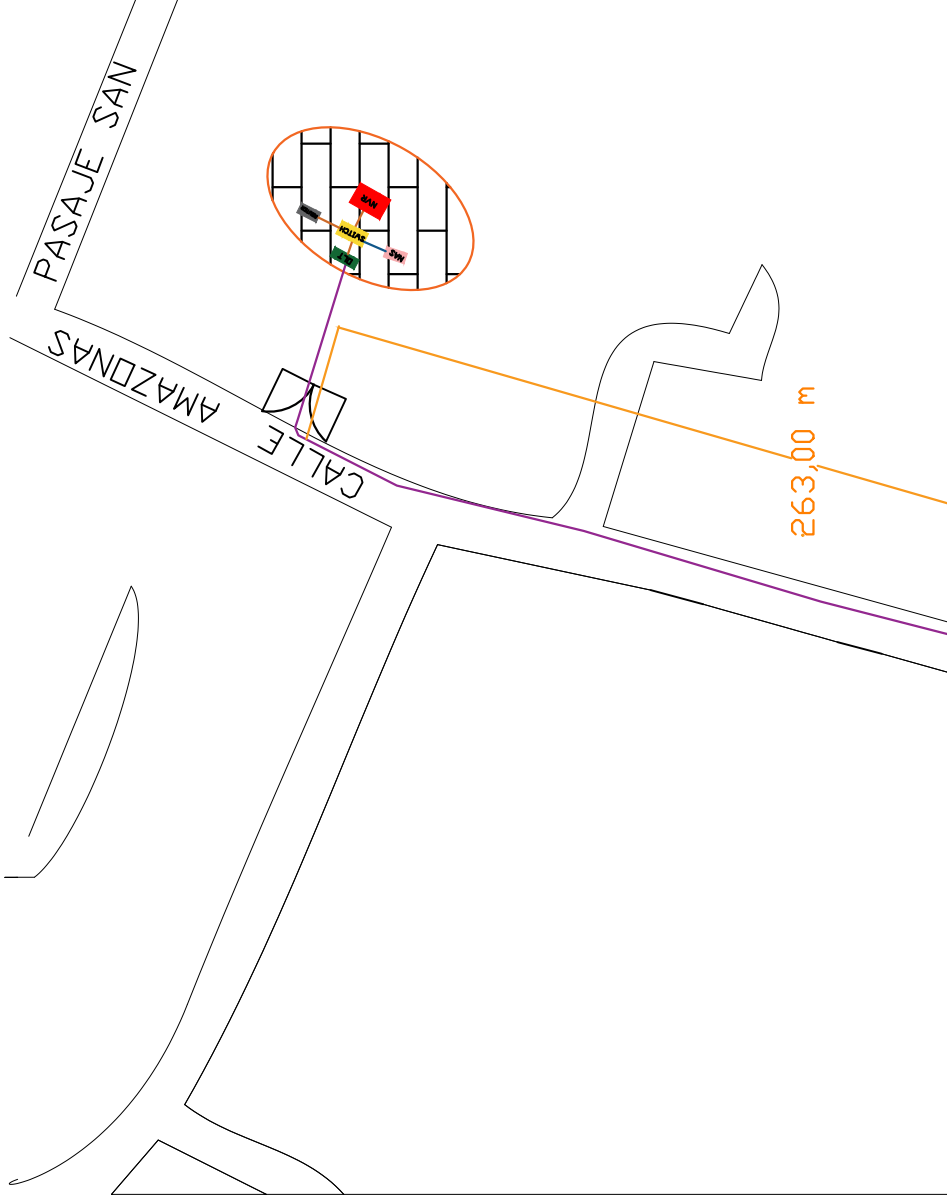
El diseño en AutoCAD del sistema de video vigilancia el cual se puede apreciar en la Figura 3.23 consta de un cuadro de simbología, donde se representa cada equipo empleado en el diseño, el cuarto de equipos se ubica en el Infocentro de Calluma (de forma ovalada relleno de rectángulos) donde se colocarán los dispositivos; el equipo de conmutación central “*switch*” (rectángulo amarillo), el OLT (rectángulo verde), el dispositivo de almacenamiento NVR (rectángulo color rojo), un *router* (rectángulo gris) y el servidor NAS (rectángulo rosa).

Los medios de transmisión empleados son: fibra óptica monomodo representada por una línea tomate y morado, mientras que el cable *ethernet* se representa por una línea azul. Cada caja NAP se simboliza por rectángulos morados, cada ONU se simboliza por rectángulos azules.

Cada sector estratégico cuenta con su propio color, por ejemplo, en el sector 1 el lugar donde estará la ONU se representa con un cuadrado con relleno de rombo de color morado y la cobertura de cada cámara de color morado, esto se puede apreciar para los 9 sectores. Las cámaras y sectores se encuentran numerados.

- **Diagrama de red**

El diagrama de red como se observa en la Figura 3.24 muestra un diseño jerárquico de red, en el cual se observa diferentes etapas (núcleo, distribución, dispersión y acceso) con sus respectivos equipos, desde el centro de monitoreo se interconectan los equipos a cada punto de video vigilancia que se encuentran distribuidos en el barrio con la determinada tecnología a utilizar. Se puede apreciar las distancias de los cables de par trenzado y fibra óptica en las diferentes etapas del sistema CCTV, dichas distancias se establecieron en base a las medidas tomadas en los recorridos de las calles durante el estudio de campo las cuales se les ha añadido un aproximado de 2% en la etapa de dispersión, un 3% en la etapa de distribución y un 5% en la etapa de acceso para más holgura.



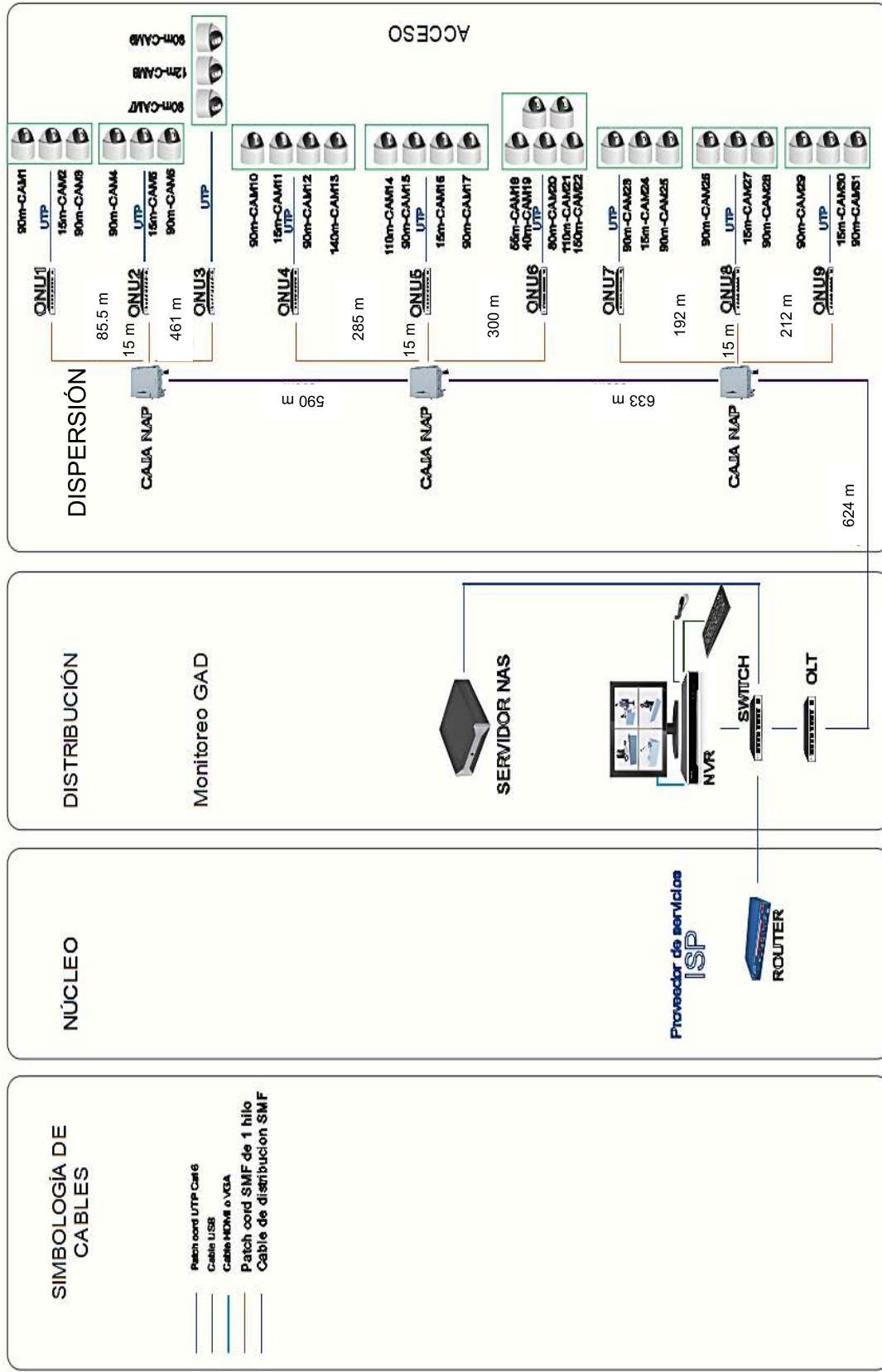


Figura 3.24 Diagrama de red, sistema centralizado.



- **Descripción del diagrama de red centralizado**

En la primera solución, sistema centralizado, se registra una distancia de 3.5 kilómetros entre el centro de monitoreo y el Triángulo del Ciclista, una distancia significativa por lo que se plantea arquitectura PON la cual como su nombre lo indica utiliza componentes pasivos en la red de fibra tanto divisores y combinadores dejando a un lado los componentes activos como amplificadores y repetidores, cabe mencionar que el costo de componentes pasivos es menor a los componentes activos, por tal razón el precio de una arquitectura PON es significativamente menor. Dispone de un rango de cobertura de 20 kilómetros máximo por lo que se acopla perfectamente a esta solución [40].

Generalmente una arquitectura PON es una red punto a multipunto donde la OLT el cual se encuentra en las instalaciones del proveedor de servicios (el centro de monitoreo en este caso) puede distribuir por cada línea de fibra diferentes servicios tanto de Internet como de TV entre 16 y 128 clientes (cámaras en este caso) [40].

Uno de los componentes pasivos como son los divisores ópticos pasivos, permiten dividir una señal óptica en múltiples señales iguales por lo tanto la potencia es menor, distribuyen las señales a los usuarios. La unidad terminal de la red PON es la ONU la cual generalmente se encuentra en la casa del cliente [40].

El sistema de video vigilancia será estructurado con tecnologías PON y CCTV IP. El monitoreo se realizará desde el Infocentro del GAD de Pifo para una mejor respuesta frente a alertas ya que el personal del GAD tiene comunicación con la policía y los directivos de los barrios de la parroquia de Pifo.

El núcleo está conformado por los equipos proporcionados por el proveedor de internet ISP en el Infocentro del GAD de Pifo, desde el *router* del proveedor ISP se conecta mediante cable UTP Cat 6 a un *switch* que conforma la etapa de distribución.

La etapa de distribución alberga los equipos de conmutación central y los equipos de monitoreo como son un *switch* de 8 puertos ya que en él se debe conectar un *router*, la OLT, el NVR y el servidor NAS, dando un total de 4 puertos a ocupar y 4 puertos libre por escalabilidad [41], un OLT de 8 puertos, 1 NVR de 32 canales ya que el sistema consta de 31 cámaras por ende a cada cámara le corresponde un canal, se ocuparía 31 canales para las 31 cámaras dejando

un canal libre [42], un televisor de 42” para poder visualizar de mejor manera los canales correspondientes a las 31 cámaras, el *mouse* y teclado para la manipulación y configuración del sistema, el servidor NAS como respaldo de almacenamiento. En la central de monitoreo, se colocará un *rack* para albergar los equipos de conmutación, procesamiento, almacenamiento, gestión y visualización de las imágenes de video, con sus respectivas puestas a tierra para evitar daños en los equipos por posibles corrientes no deseadas.

En la etapa de dispersión el tendido de la fibra será aéreo a través de los postes de energía eléctrica, para ello se utilizará cable auto soportado. Se instalarán 3 cajas NAP con los *splitters* desde los cuales se conectarán las ONU mediante fibra óptica y con cable UTP para la conexión de las cámaras.

Los dispositivos de la red de acceso comprenden 9 ONUs, y 31 cámaras Domo IP que graban en *Full HD* a 30 FPS, 2 de las 31 cámaras (CAM13 y CAM14) serán fijas y enfocarán al túnel debajo de la autopista Troncal de la Sierra tiene un alcance de 60 metros. Las otras 29 cámaras poseen una cobertura de 50 metros. Estas cámaras se conectan mediante cable *ethernet* Cat 6. La instalación de las cámaras se realizará mediante brazos metálicos colocados en los postes de energía eléctrica a 6 metros de altura, con la finalidad de obtener mayor campo de visualización.

- **Selección de cámaras**

Las cámaras seleccionadas son tipo domo IP con alcance de 50 m para exteriores con lente varifocal de 2,7 ~ 13,5 mm además con zoom de 16X logrando cubrir grandes distancias. Adicionalmente se seleccionó dos cámaras IP fijas tipo bala con alcance de 60 m, con lente focal fijo de 3,6 mm.

### **Software “IP Video System Design Tool”**

Se empleó el *software* de diseño de sistemas de video vigilancia “*IP Video System Design Tool*” en su versión gratuita que permite modificar ciertos parámetros de la cámara, como la altura a instalar, su marca y modelo, resolución, formato, distancia focal, entre las más importantes, dando como resultado una buena apreciación de rostros y placas vehiculares sin dificultad a una distancia máxima de 50 m para las cámaras tipo domo y 60 m para las cámaras tipo bala [43].

En la Figura 3.25 se observa la simulación de la cámara *Dahua* tipo domo, modelo DH-IPC-HDW2231R-ZS, la cual se ubicó a una altura de 6 m en los postes de alumbrado y tendido

eléctrico con la utilización de un brazo de soporte para evitar un conflicto con la circulación de vehículos por la vía, esta información ha sido tomada de la “TABLA NACIONAL DE PESOS Y DIMENSIONES” para vehículos y camiones de carga pesada a nivel nacional como se observa en el ANEXO B.

La cámara cuenta con una resolución full HD (1920 x 1080 pixeles). Para observar los resultados se trabajó con un objeto en este caso una persona a 2 m de altura ya que la persona puede estar parada en una grada o vereda y esta incrementa su altura desde el nivel de ubicación de la cámara, se empleó una distancia focal de 13,5 mm dando un ángulo de visión horizontal de 16° y vertical de 29° y un ancho de 13,65 m que se aprecia en la vista superior de la simulación.

Como resultado en la parte inferior izquierda de la figura se observa con claridad la imagen tomada por la cámara tipo domo donde se aprecia el rostro de una persona y la placa vehicular gracias a la simulación del programa.

En la Figura 3.26 se puede apreciar la simulación de la cámara *Dahua* tipo bala, modelo DH-IPC-HFW4231T-ASE, la cual se ubicó a una altura de 6 m en los postes de alumbrado y tendido eléctrico con la utilización de un brazo de soporte para evitar un conflicto con la circulación de vehículos por la vía, esta información ha sido tomada de la “TABLA NACIONAL DE PESOS Y DIMENSIONES” para vehículos y camiones de carga pesada a nivel nacional como se observa en el ANEXO B.

La cámara cuenta con una resolución full HD (1920 x 1080 pixeles). Para observar los resultados se trabajó con un objeto en este caso una persona a 2 m de altura ya que la persona puede estar parada en una grada o vereda y esta incrementa su altura desde el nivel de ubicación de la cámara, que cuenta con un lente fijo se empleó una distancia focal de 3,6 mm dando un ángulo de visión horizontal de 46° y vertical de 87° y un ancho de 30,9 m que se aprecia en la vista superior de la simulación.

Como resultado en la parte inferior izquierda de la figura se observa con claridad la imagen tomada por la cámara tipo bala donde se aprecia el rostro de una persona y la placa vehicular gracias a la simulación del programa.

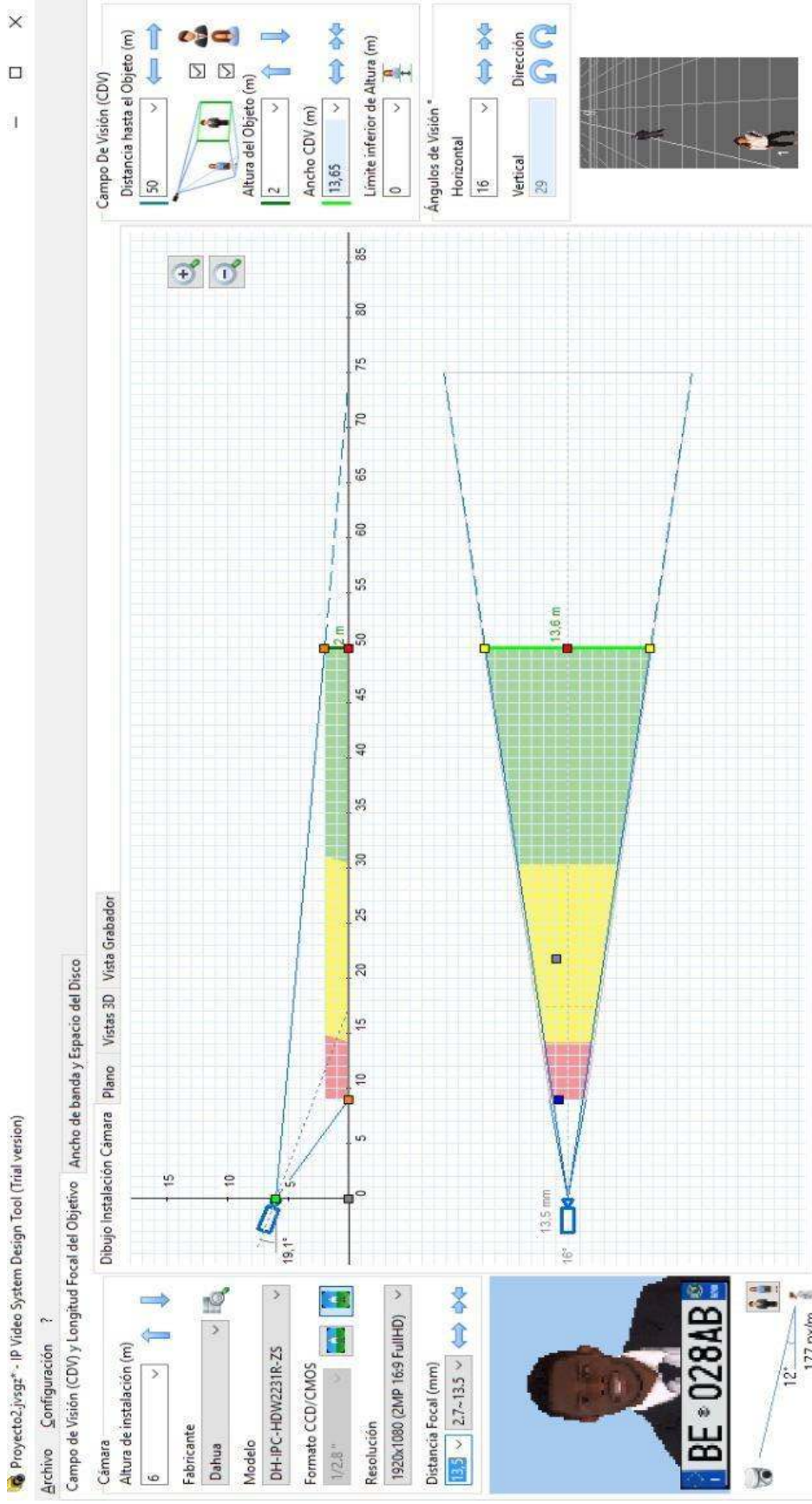


Figura 3.25 Simulación de cámara Dahua tipo domo en IP Video System Design Tool.

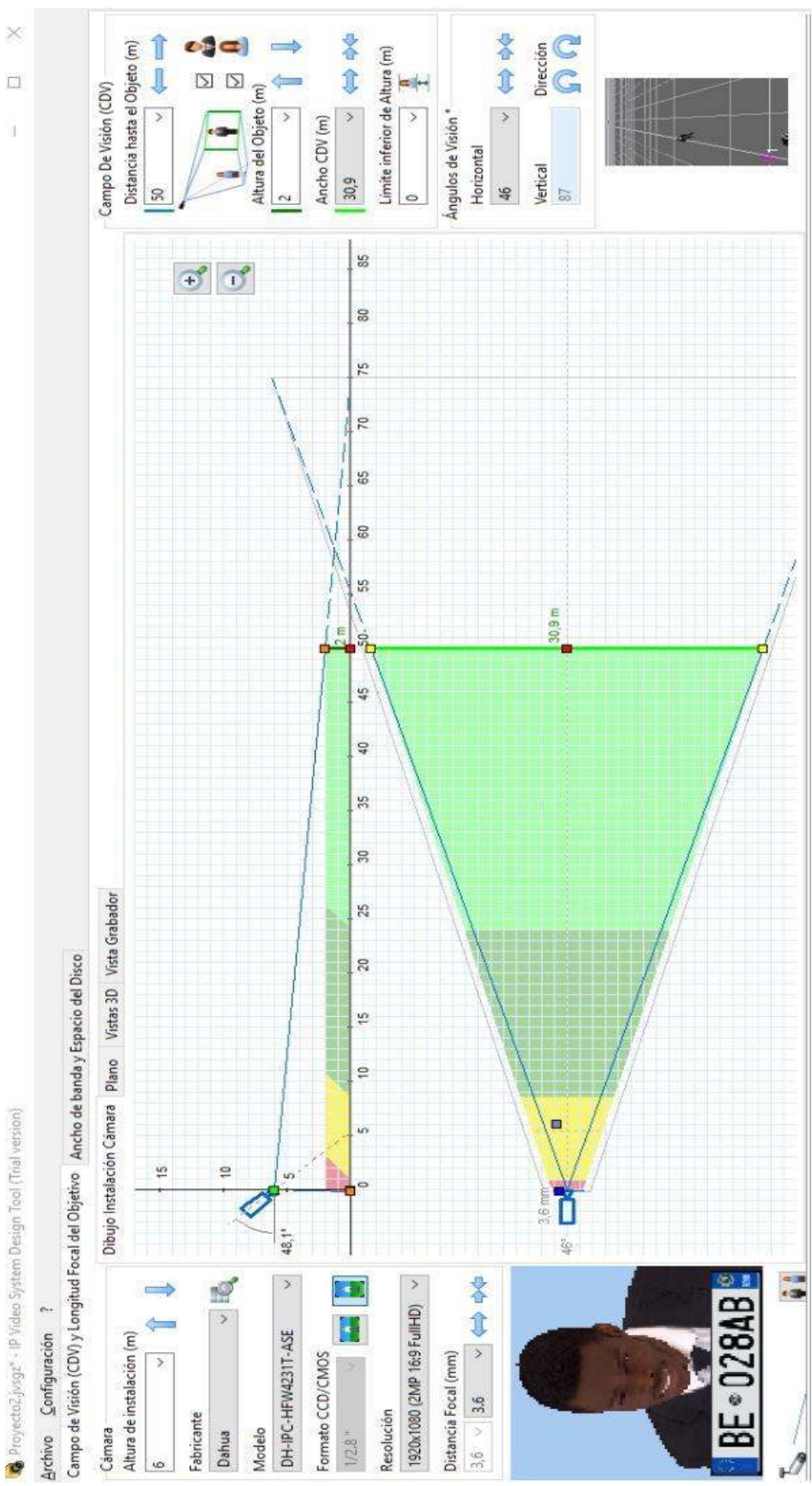


Figura 3.26 Simulación de cámara Dahua tipo bala en IP Video System Design Tool.

- **Diseño del sistema de monitoreo centralizado**

En la Figura 3.27 se puede apreciar el diseño del sistema de monitoreo el cual consta de un CE ubicado en el Infocentro del GAD de Pifo donde se colocarán los equipos; el equipo de conmutación central “switch”, el OLT, el NVR, un servidor NAS para almacenar y compartir archivos con los usuarios, un *router* para tener conexión con el ISP para monitoreo remoto, toda la información captada por las cámaras de seguridad se visualizará en la TV de 42” ya que son 31 canales a visualizar por ello se requiere una TV grande.

En el equipo de conmutación central “switch”, se conectan el OLT, el NVR y el *router* mediante fibra óptica, mientras que el Servidor NAS se conecta al *switch* mediante cable *Ethernet*. Para que el personal de seguridad pueda visualizar la información captada por las cámaras se conecta un cable HDMI desde el NVR a la pantalla de 42”.

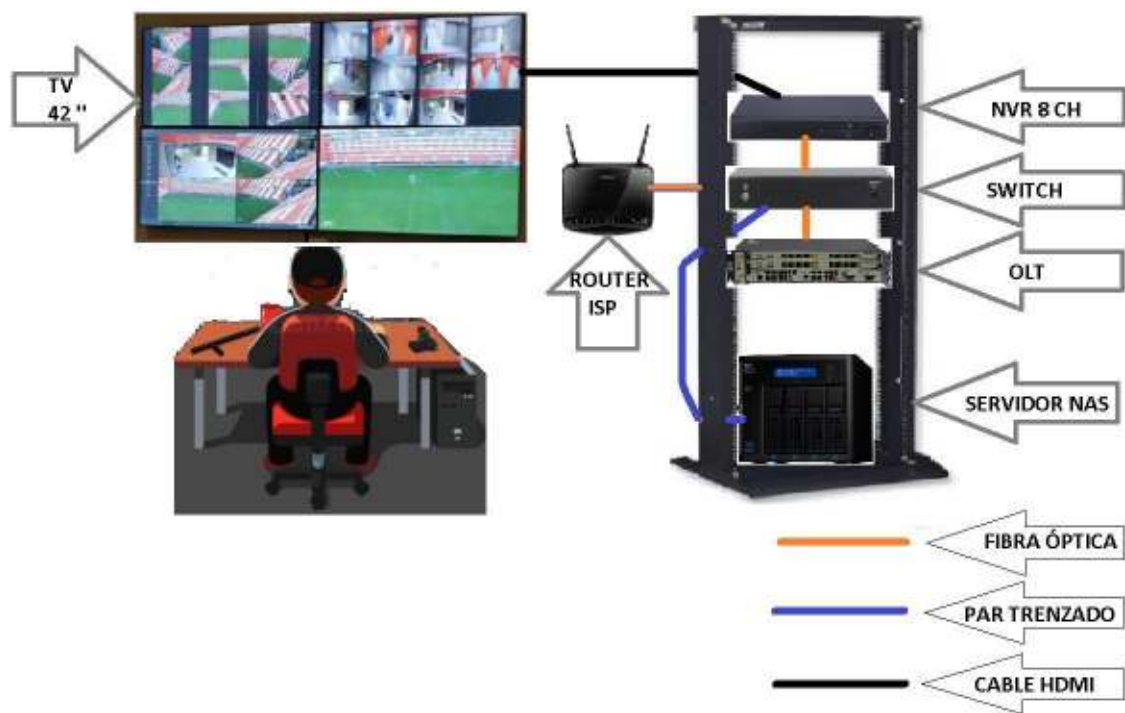


Figura 3.27 Esquema de monitoreo centralizado.

➤ **Selección de la tecnología para sistema CCTV centralizado**

• **Equipos de conmutación central**

En la Figura 3.28 se puede apreciar el ancho de banda requerido para transmitir video siendo de 52.3 Mbps tomando en cuenta las 31 cámaras trabajando a 30 fps, con resolución *Full HD* (1920 x 1080) y compresión de video H.265, con estos datos se calculó el ancho de banda necesario con una calculadora CCTV. El sistema tendrá un *switch* administrable de 1Gbps para la transmisión de video totalmente fluido ya que el ancho de banda necesario es de 52.3 Mbps, así se tendrá escalabilidad en la red. Al *switch* se conectarán los siguientes equipos: OLT, NVR y servidor NAS. El *switch* además debe soportar VLAN's para separar servicios de video vigilancia de otros que puedan agregarse en el futuro como servicio *triple play* [44].

Figura 3.28 Interfaz calculadora CCTV [44].

• **Equipos de red de acceso**

El sistema CCTV planteado requiere conexión a 9 ONUs desde el OLT ubicado en la etapa de distribución mediante fibra óptica utilizando puertos PON. Se determina entonces el requerimiento de 1 OLT con puertos PON con capacidad de 1:16, ofreciendo así mayor escalabilidad en el futuro.

- **Medios de transmisión**

Las cámaras de red seleccionadas para el presente diseño cuentan con tecnología POE ya que se pretende transmitir datos y alimentar dichas cámaras por el mismo cable, por ello el cable de par trenzado es la única opción [45]. Las categorías 5e y 6 son las más usadas para transmitir video de cámaras de red, por ende, el cable de par trenzado será de categoría 6 ya que ofrece un mejor desempeño en evitar la diafonía y por su velocidad de transmisión de hasta 1 Gbps a una frecuencia de 250Mhz [46].

La comunicación entre las ONUs y la OLT se realiza mediante enlaces de fibra óptica monomodo, por la distancia entre el CE y la cámara más lejana [47].

En los sectores 4, 5 y 6 las distancias entre las cámaras 13, 14, 21 y 22 y las ONUs (diseño centralizado) o los NVRs (diseño sectorizado) exceden la distancia de 100 metros, para solventar este problema existe una categoría de cable que permite transmitir y recibir información sin perdidas hasta máximo 160 metros, este cable de la marca *DAHUA* es 100% cobre, categoría 5e fabricado especialmente para cámaras de CCTV con tecnología POE [38].

En cuanto al medio de transmisión entre el monitor y el NVR se conectará mediante cable HDMI, ya que permite la transmisión de datos a altas velocidades y con una resolución de 4K para las versiones de HDMI 1.4 y HDMI 2.0 [48].

En la Tabla 3.3 se detalla la cantidad de fibra óptica en la etapa de dispersión y en la etapa de distribución. Al cable de dispersión se ha agregado un 2% de su longitud, para las interconexiones en las cajas NAP y gabinetes de datos. En el cable de distribución se ha agregado un 3% de su longitud, este cable interconectará los principales tramos entre el OLT y las cajas NAP. El incremento en la longitud de los cables se realizó según la ISO/EIC 11801 que especifica los sistemas de cableado para telecomunicaciones de multipropósito, así como para cableado estructurado. Esta ISO está diseñada para cubrir tanto cableado de cobre como cableado de fibra óptica [49].

Tabla 3.3 Longitud de cable de fibra óptica

Longitud cable de Distribución [m]	Longitud cable de Dispersión [m]
590	85.5
	15
	461
633	285
	15
	300



Longitud cable de Distribución [m]	Longitud cable de Dispersión [m]
624	192
	15
	212
<b>Sumatoria: 1847 +3%</b>	1580.5+2%
<b>Total: ≈1902 m</b>	≈1612 m

La Tabla 3.4 detalla la cantidad de metros de cable requeridos por cada cámara en la etapa de acceso. A la longitud del cable se le ha agregado un 5% como margen de seguridad, en caso de necesitar cable adicional en las acometidas a gabinetes y centros de monitoreo [49].

Tabla 3.4 Longitud del cable UTP en la red de acceso.

Denominación	Cámaras	Longitud del cable UTP [m]
<b>Sector 1</b>	Cam1	90
	Cam2	15
	Cam3	90
<b>Sector 2</b>	Cam4	90
	Cam5	15
	Cam6	90
<b>Sector 3</b>	Cam7	90
	Cam8	12
	Cam9	90
<b>Sector 4</b>	Cam10	90
	Cam11	15
	Cam12	90
	Cam13	140
<b>Sector 5</b>	Cam14	110
	Cam15	90
	Cam16	15
	Cam17	90
<b>Sector 6</b>	Cam18	55
	Cam19	40
	Cam20	80
	Cam21	110
	Cam22	150
<b>Sector 7</b>	Cam23	90
	Cam24	15
	Cam25	90
<b>Sector 8</b>	Cam26	90
	Cam27	15
	Cam28	90
<b>Sector 9</b>	Cam29	90
	Cam30	15
	Cam31	90
<b>Sumatoria</b>	31 cámaras	2237+5%=2237+111.85
<b>Total:</b>		<b>≈2349 m</b>

- **Atenuación en los enlaces**

Para una comunicación efectiva se considera un rango referencial de pérdidas en los transceptores. La Tabla 3.5 especifica el rango de pérdida o atenuación óptica en transceptores según la clase.

Tabla 3.5 Rango de atenuación óptica en transceptores según la clase [50].

Clase	Rango de atenuación
<b>A</b>	5 a 20 dB
<b>B</b>	10 a 25 dB
<b>C</b>	15 a 30 dB
<b>B+</b>	13 a 28 dB
<b>C+</b>	17 a 32 dB

La Tabla 3.6 detalla las pérdidas o atenuaciones ópticas más comunes que se suelen utilizar, sin embargo, estas pueden diferir en algunos casos dependiendo sobre todo de las especificaciones que proporcionen los fabricantes.

Tabla 3.6 Perdidas en los divisores ópticos [50].

División óptica	Atenuación
<b>1:2</b>	-3.01 dB
<b>1:4</b>	-6.02 dB
<b>1:8</b>	-9.03 dB
<b>1:16</b>	-12.04 dB
<b>1:32</b>	-15.04 dB
<b>1:64</b>	-18.07 dB
<b>1:128</b>	-21.08 dB

La Tabla 3.7 describe los valores de atenuación óptica en los elementos que conforman un enlace, estos son: fibra óptica, empalmes, perdidas de inserción, además se considera un margen de seguridad por perdidas impredecibles.

Tabla 3.7 Perdidas en los elementos de un enlace de fibra óptica [50].

Elemento	Atenuación
<b>Fibra óptica 1310, 1490 y 1550 nm</b>	-0.3 a -0.4 dB
<b>Empalme por fusión</b>	-0.1 a -0.2 dB
<b>Empalme mecánico</b>	-0.5 dB
<b>Pérdidas por inserción</b>	-0.3 a -0.5 dB
<b>Margen de seguridad</b>	-0.3 dB

El cálculo de un enlace óptico se realiza en ambos sentidos, es decir tanto en el sentido ascendente como en el descendente. El cálculo permitirá conocer y asegurar la comunicación de los enlaces entre la OLT y las ONT que conforman el Sistema CCTV. La Ecuación 3.1 permite calcular la atenuación total en un enlace de fibra.

$$At = n * C + c * J + L * a + M$$

Ecuación 3.1 Cálculo de la atenuación total de un enlace de fibra óptica [50].

Donde:

At. Atenuación total (dB).

n: Número de conectores.

C: Atenuación de un conector óptico (dB).

c: Número de empalmes.

J: Atenuación en un empalme (dB).

L: Longitud del enlace óptico.

a: Atenuación de cable óptico (dB/km).

M: Margen de seguridad, por pérdidas impredecibles representan 3dB aproximadamente.

La pérdida de potencia óptica de un enlace debe estar dentro del rango de atenuación según la clase de transceptor, en este sentido se presentan dos casos: el primero, que la atenuación óptica no sea suficiente en los enlaces pequeños lo cual satura la señal, en este caso se sugiere incrementar atenuación en el equipo transmisor y el segundo, que la atenuación óptica sea mínima en enlaces de mayor longitud por lo tanto la señal al receptor llegaría con baja potencia y distorsionada o simplemente no sería posible establecer conexión, para solventar este problema se usan *splitters* pre-conectorizados en cascada para así tener la menor pérdida de potencia.

La Tabla 3.8 presenta la atenuación óptica ascendente de los nueve enlaces que conforman el sistema CCTV. El rango de atenuación se encuentra entre -7.72 y -13.35 y de acuerdo con el rango de atenuaciones ópticas presentadas en la Tabla 3.5 la clase de transceptor a utilizar sería de clase A que tiene un rango de atenuación de -5 a -20 dB.

Tabla 3.8 Atenuación por enlace ascendente [50].

Sector	Distancia OLT-ONU [km]	a	n	C	c	J	M	Atenuación Ascendente [dB]
		1310 nm						
1	1.93	-0.5	8	-1	6	-0.2	-3	-13.17
2	1.86	-0.5	8	-1	6	-0.2	-3	-13.13
3	2.31	-0.5	8	-1	6	-0.2	-3	-13.35
4	1.56	-0.5	6	-1	4	-0.2	-3	-10.58
5	1.27	-0.5	6	-1	4	-0.2	-3	-10.44
6	1.56	-0.5	6	-1	4	-0.2	-3	-10.58
7	0.82	-0.5	4	-1	2	-0.2	-3	-7.81
8	0.64	-0.5	4	-1	2	-0.2	-3	-7.72
9	0.84	-0.5	4	-1	2	-0.2	-3	-7.82

La Tabla 3.9 presenta la atenuación descendente de los nueve enlaces que conforman el sistema CTV. El rango de atenuación se encuentra entre -6.26 y -10.12 y de acuerdo con el rango de atenuaciones ópticas presentadas en la Tabla 3.5, la clase de transceptor a utilizar también sería de clase A que tiene un rango de atenuación de -5 a -20 dB.

Tabla 3.9 Atenuación por enlace descendente.

Sector	Distancia OLT-ONU [m]	a	n	C	c	J	M	Atenuación Descendente [dB]
		1310 nm						
1	1.93	-0.4	8	-0.7	6	-0.1	-3	-9.97
2	1.86	-0.4	8	-0.7	6	-0.1	-3	-9.94
3	2.31	-0.4	8	-0.7	6	-0.1	-3	-10.12
4	1.56	-0.4	6	-0.7	4	-0.1	-3	-8.22
5	1.27	-0.4	6	-0.7	4	-0.1	-3	-8.11
6	1.56	-0.4	6	-0.7	4	-0.1	-3	-8.22
7	0.82	-0.4	4	-0.7	2	-0.1	-3	-6.33
8	0.64	-0.4	4	-0.7	2	-0.1	-3	-6.26
9	0.84	-0.4	4	-0.7	2	-0.1	-3	-6.33

La Tabla 3.10 presenta los valores de potencia máxima y mínima, sensibilidad y saturación de los transceptores de clase A.

Tabla 3.10 Parámetros ópticos de clase A [50].

Transceptor clase A	OLT	ONT
Potencia de salida mínima	2.5 dBm	0.5 dBm
Potencia de salida máxima	5 dBm	5 dBm
Sensibilidad	-29 dBm	-27 dBm
Saturación	-8 dBm	-8 dBm

➤ **Cálculo del presupuesto de atenuación**

$$Pa = At + Po$$

Ecuación 3.2 Cálculo del presupuesto de atenuación óptico [50].

Donde:

Pa: Presupuesto de atenuación [dB]

At: Atenuación total [dB]

Po: Potencia de salida óptica [dBm]

En la tabla 3.11 se presenta el presupuesto de atenuación ascendente (ONU-OLT) y descendente (OLT-ONU), para el cálculo se consideran los valores de atenuación calculados en las Tablas 3.8 y 3.9.

Tabla 3.11 Presupuesto de atenuación del sistema CCTV [50].

Sector	Atenuación Ascendente [dB]	Atenuación Descendente [dB]	Presupuesto ONU		Presupuesto OLT	
			Pmxo= 5 dBm	Pmino=0.5 dBm	Pmxo= 5 dBm	Pmino=2.5 dBm
1	-13.17	-9.97	-8.17	-12.67	-4.97	-7.47
2	-13.13	-9.94	-8.13	-12.63	-4.94	-7.44
3	-13.35	-10.12	-8.35	-12.85	-5.12	-7.62
4	-10.58	-8.22	-5.58	-10.08	-3.22	-5.72
5	-10.44	-8.11	-5.44	-9.94	-3.11	-5.61
6	-10.58	-8.22	-5.58	-10.08	-3.22	-5.72
7	-7.81	-6.33	-2.81	-7.31	-1.33	-3.83
8	-7.72	-6.26	-2.72	-7.22	-1.26	-3.76
9	-7.82	-6.33	-2.82	-7.32	-1.33	-3.83

➤ **Características Técnicas de los dispositivos empleados**

A continuación, se detallarán en tablas las características técnicas esenciales de los dispositivos que comprenden el sistema CCTV centralizado. Estas características responden a los requerimientos generales establecidos.

- Cámaras

Tabla 3.12 Características técnicas de cámara domo IP [51], [52].

Parámetros	Características
Sensor	CMOS 1/2,8" de 2 Megapíxeles
Resolución	1920(H) x1080(V) Píxeles
Distancia IR	Distancia hasta 50 m
Longitud Focal	2.7mm~13.5mm
Ángulo de visión	H:106°~29°, V:57°~16°
Compresión de Video	H.265+/H.265/H.264+/H.264/MJPEG
Análisis de video inteligente (IVS)	Detección de rostros y objetos
Zoom Digital	16x
Conexión de Red <i>Ethernet</i>	10/100Base-T
Protocolos de Red	HTTP;HTTPS;TCP;ARP;UDP;SMTP;FTP;DHCP;DNS; PPPoE;IPV4/V6;QoS; IEEE 802.1X; ICMP; etc.
Direccionamiento IP	IP estática / dinámica
Fuente de alimentación	DC12V, POE (IEEE802.3af)
Consumo	<9.5W
Grado de Protección	IP67
Temperatura de funcionamiento	-30°C ~ +60°C
Tipo de Instalación	Exteriores

Tabla 3.13 Características técnicas de cámara tipo Bala IP [53], [54].

Parámetros	Características
Sensor	CMOS 1/2,8" de 2 Megapíxeles
Resolución	1920(H) x1080(V) Píxeles
Distancia IR	Distancia hasta 60 m
Longitud Focal	3.6mm (6mm opcional)
Ángulo de visión	H: 87° ~ 52°, V: 46° ~30°
Compresión de Video	H.265+/H.265/H.264+/H.264/MJPEG
Análisis de video inteligente (IVS)	Detección de rostros y objetos
Zoom Digital	16x
Conexión de Red <i>Ethernet</i>	10/100Base-T
Protocolos de Red	HTTP;HTTPS;TCP;ARP;UDP;SMTP;FTP;DHCP;DNS; PPPoE;IPV4/V6;QoS; IEEE 802.1X; ICMP; etc.
Direccionamiento IP	IP estática o IP dinámica
Fuente de alimentación	DC12V, POE (IEEE802.3af)
Consumo	<11 W
Grado de Protección	IP67
Temperatura de funcionamiento	-30°C ~ +60°C
Tipo de Instalación	Exteriores

- NVR

Tabla 3.14 Características técnicas de NVR 32 CH [55], [56].

Parámetros	Características
Sistema Operativo	Linux
Entradas de cámaras IP	32 canales
Interfaz de Salida	1 HDMI (hasta 3840 x 2160) Pixeles, 1 VGA
Resolución	(3840 x 2160, 1920 x 1080, 1280 x 1024, 1280 x 720, 1024 x 768) Pixeles
Compresión de Video	Smart H.265+/H.265/Smart H.264+/H.264/MJPEG
Velocidad de Grabación	320Mbps
Conexión de Red <i>Ethernet</i>	1 puerto RJ-45 (10/100 / 1000Mbps) / 1 puerto <i>Ethernet</i> independiente de 1000 Mbps
Capacidad	2 puertos SATA III, hasta 10 TB
Interfaz USB	2 puertos USB (1 USB 3.0 parte trasera, 1 USB 2.0 parte frontal)
Interfaz Serial	RS232/ RS485
Temperatura de funcionamiento	-10 ° C ~ + 55 ° C (+ 14 ° F ~ + 131 ° F)
Consumo de Energía POE	Máx.25,5 W para un solo puerto, 130 W de potencia nominal total.

- OLT

Tabla 3.15 Características técnicas de OLT [57].

Parámetros	Características
Ranuras	2 ranuras para tarjetas de servicio, conmutador y control, 1 ranura para entrada de energía redundante.
Tarjeta de control y Conmutador	Tarjeta de conmutación con 60 Gbps, 2 puertos de 10GbE y 2 puertos de 1GbE; Enlaces ascendentes WAN.
Tarjetas de servicio	GPON de 8 o 16 puertos, XG-PON1 de 4 puertos, 48 puertos VDSL2 + POTS.
Capa 2	QoS, VLAN, DHCP, Certificación MEF-9 y MEF-14.
Capa 3	ARP, proxy DHCP, RIP, OSPF, ECMP, IGMP.
Relación de división	Hasta 1: 128 por puerto GPON
Velocidad de puerto GPON	con 2,5 Gbps de bajada y 1,2 Gbps de subida
Sensibilidad	-28 dB
Distancia de Transmisión	distancia máxima de 40 km
Longitud de Onda	1490 nm TX, 1310 nm RX
Fibra Óptica	9/125 um SMF (Monomodo)
Temperatura de operación	-40 °C ~ + 65 °C (-40 °F ~ + 149 °F)
Chasis	RU, montaje en rack de 19"

- **ONU**

Tabla 3.16 Características técnicas de ONU [58].

Parámetros	Características
<b>Puertos de la red</b>	2 x GPON, 2 x GE (optical), 1 x GE (optical) + 1 x GPON
<b>Puertos del cliente</b>	16/24*FE; 8/16/24*FE (POE); 4*GE+4*FE (POE); 8*FE (reverse POE)
<b>Compatibilidad</b>	Con OLT seleccionado.
<b>Temperatura de operación</b>	-40 °C ~ + 65 °C (-40 °F ~ + 149 °F)
<b>Sensibilidad</b>	-28 dB
<b>Fuente de Alimentación</b>	AC: 220 V/110 V

- **Switch**

Tabla 3.17 Características técnicas de *switch* [59], [60].

Parámetros	Características
<b>Tipo</b>	Administrable, configuración de VLANs, Capa 3
<b>Puertos</b>	8 puertos 10/100/1000 Mbps, 2 puertos para fibra
<b>Capacidad de conmutación</b>	20 Gbps
<b>POE</b>	Sin puertos POE
<b>Memoria</b>	16 MB <i>Flash</i> y 128 MB CPU

- **Servidor NAS**

Tabla 3.18 Características técnicas del Servidor NAS [61], [62].

Parámetros	Características
<b>Modelo</b>	WD My Cloud Pro PR4100
<b>Procesador</b>	Intel Pentium Intel Pentium N3710
<b>Memoria RAM</b>	4 GB DDR3L (ampliable)
<b>Bahías de Almacenamiento</b>	4 bahías
<b>Interfaces de conectividad</b>	3 x USB 3.0 + 2 x Gigabit <i>Ethernet</i> RJ45 + 2 PSUs
<b>Requisitos</b>	Enrutador / Hub con conexión a Internet. Sistemas operativos Windows 7 o superior. Mac OS X 10.8 o superior
<b>Temperatura operativa</b>	0 a 35 grados centígrados
<b>Sistema operativo</b>	My Cloud OS



- **SPLITTERS**

Tabla 3.19 Características técnicas de *Splitter* [63].

Parámetros	Características
Conectores	1xSC-APC a 8xSC-APC
Fibra Óptica	Monomodo
Diámetro	9/125 um
Temperatura de trabajo	-40°C a +85°C
Longitud	1 metro
Longitud de onda	1310 nm, 1490 nm, 1550 nm

- **Diseño del sistema de videovigilancia Sectorizado**

El diseño del sistema de videovigilancia consta de varios dispositivos de almacenamiento NVR, cada uno ubicado en un sector estratégico, la cual será una casa de los moradores y un *router* para cada NVR y así tener conexión con el ISP para monitoreo remoto, si así lo requieren los moradores. Cada NVR cuenta con tecnología POE para la alimentación de cada cámara. Desde cada casa se desplegarán los enlaces de cable *ethernet* mediante tendido aéreo hasta las cámaras.

- **Diseño de la red en AutoCAD**

En la Figura 3.29 se puede apreciar el diseño en AutoCAD del sistema de video vigilancia donde se observa un cuadro de Simbología que representa cada equipo empleado en el diseño, consta de varios dispositivos de almacenamiento NVR (rectángulo verde), cada uno ubicado en un sector estratégico, las cual será una casa de los moradores. El medio de transmisión empleado es el cable *ethernet* representado por una línea azul. Cada sector estratégico cuenta con su propio color, por ejemplo, en el sector 1 el lugar del NVR se representa con un cuadrado con relleno de rombo de color morado y la cobertura de cada cámara de color morado, esto se puede apreciar para los 9 sectores. Las cámaras y sectores se encuentran numerados.

- **Diagrama de red**

En la Figura 3.30 se puede apreciar el diagrama de red donde se muestra redes independientes para cada sector estratégico y la conexión de los equipos en cada sector.



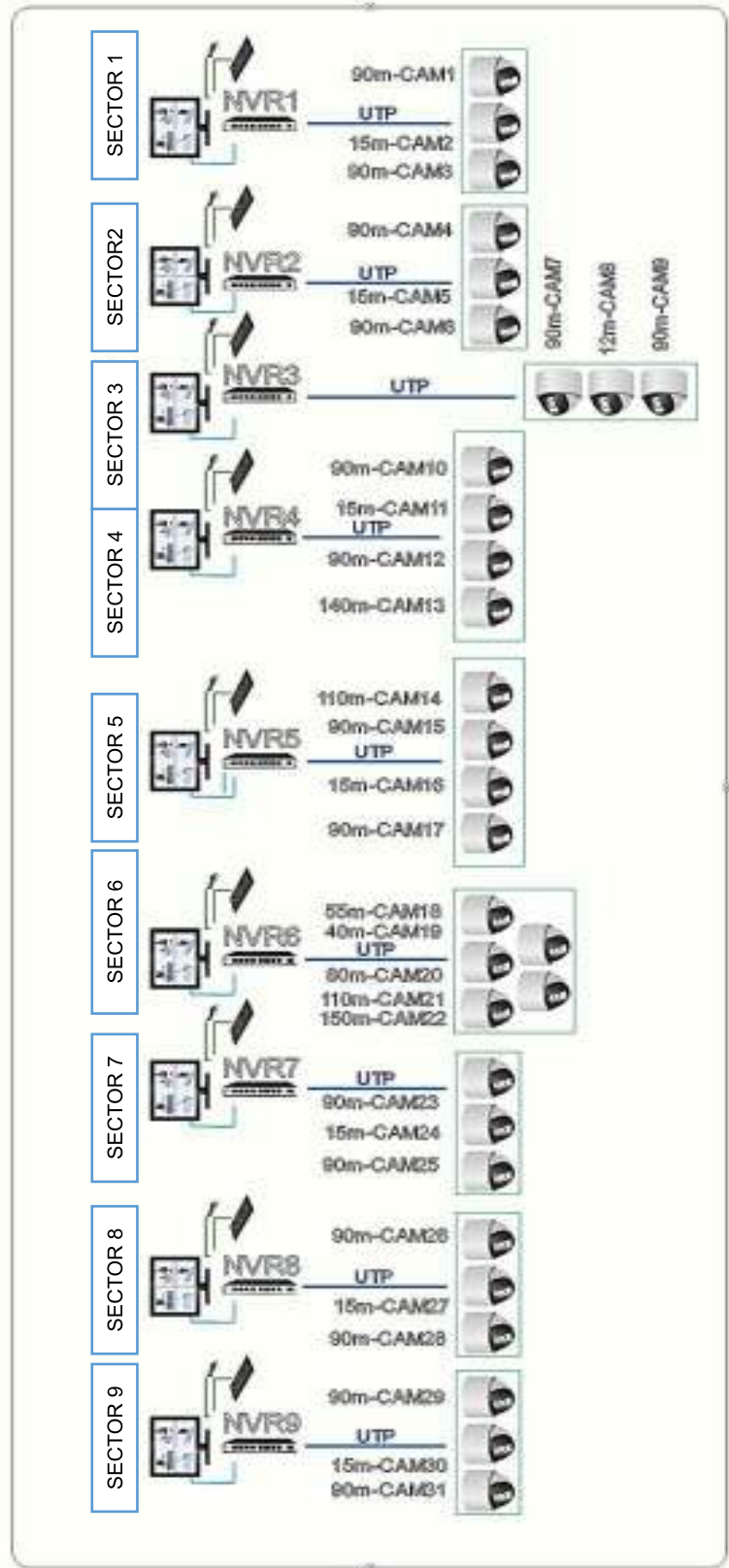


Figura 3.30 Diagrama de red, sistema sectorizado.

- **Descripción del diagrama de red sectorizado**

En el diseño sectorizado se puede apreciar las distancias de los cables entre la casa donde se ubicará el NVR y las cámaras, dichas distancias se establecieron en base a las medidas tomadas en los recorridos de las calles durante el estudio de campo. A las medidas de referencia de las calles se ha agregado un aproximado del 5% para otorgar holgura y remanente del cable en los postes de acuerdo con las normas de cableado estructurado. Cabe recalcar que al ser un diseño individual se requiere un monitor y un NVR por cada sector respecto al sistema centralizado.

En la Tabla 3.20 se observa la longitud del cable desde la ONU hasta la cámara para el diseño centralizado o desde el NVR hasta la cámara para el diseño sectorizado.

Tabla 3.20 Longitud del cable UTP/FTP.

Denominación	Cámaras	Longitud del cable UTP/FTP [m]
<b>Sector 1</b>	Cam1	90
	Cam2	15
	Cam3	90
<b>Sector 2</b>	Cam4	90
	Cam5	15
	Cam6	90
<b>Sector 3</b>	Cam7	90
	Cam8	12
	Cam9	90
<b>Sector 4</b>	Cam10	90
	Cam11	15
	Cam12	90
	Cam13	140
<b>Sector 5</b>	Cam14	110
	Cam15	90
	Cam16	15
	Cam17	90
<b>Sector 6</b>	Cam18	55
	Cam19	40
	Cam20	80
	Cam21	110
	Cam22	150
<b>Sector 7</b>	Cam23	90
	Cam24	15
	Cam25	90
<b>Sector 8</b>	Cam26	90
	Cam27	15
	Cam28	90
<b>Sector 9</b>	Cam29	90
	Cam30	15
	Cam31	90
<b>Sumatoria</b>	31 Cámaras	$2237+5\%=2237+111.85$
<b>Total:</b>		<b>≈2349 m</b>

- **Diseño del sistema de monitoreo sectorizado**

En la Figura 3.31 se aprecia el diseño del sistema de monitoreo el cual consta de varios dispositivos de almacenamiento NVR, cada uno ubicado en un sector estratégico, el cual será

una casa de los moradores y un *router* para cada NVR y así tener conexión con el ISP para monitoreo remoto, si así lo requieren los moradores, toda la información captada por las cámaras de seguridad se visualizará en la TV de 32".

- **Selección de la tecnología para el sistema CCTV sectorizado**

Los equipos seleccionados en este sistema son los mismos que los ya detallados en la red de acceso en el sistema centralizado, se cambian las ONUs por los NVRs y adicionalmente se requiere un monitor de 32" por cada sector estratégico para la visualización del video de las cámaras. Ver Figura 3.31

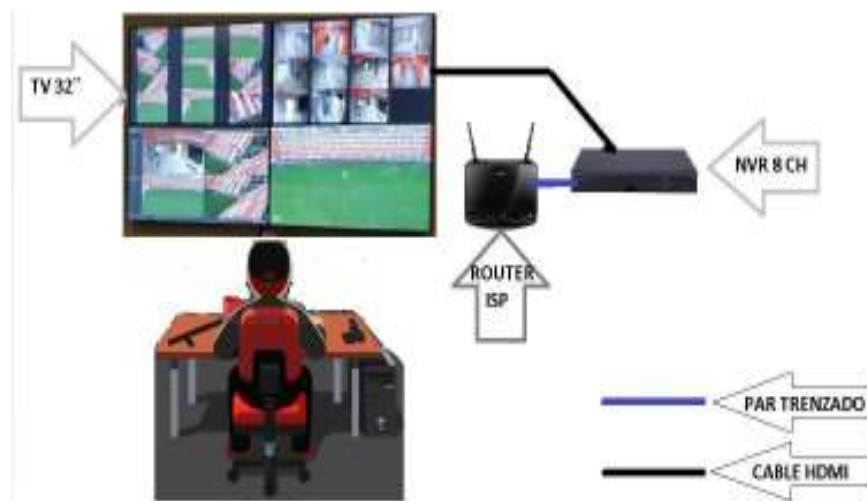


Figura 3.31 Esquema de monitoreo sectorizado

- **Características Técnicas de los dispositivos empleados**

A continuación, se detallarán en tablas las características técnicas esenciales de los dispositivos que comprenden el sistema CCTV centralizado. Estas características responden a los requerimientos generales establecidos.

- Cámaras

Tabla 3.21 Características técnicas de cámara domo IP [51], [52].

Parámetros	Características
<b>Sensor</b>	CMOS 1/2,8" de 2 Megapíxeles
<b>Resolución</b>	1920(H) x1080(V) Píxeles
<b>Distancia IR</b>	Distancia hasta 50 m
<b>Longitud Focal</b>	2.7mm~13.5mm
<b>Ángulo de visión</b>	H:106°~29°, V:57°~16°
<b>Compresión de Video</b>	H.265+/H.265/H.264+/H.264/MJPEG
<b>Análisis de video inteligente (IVS)</b>	Detección de rostros y objetos
<b>Zoom Digital</b>	16x
<b>Conexión de Red <i>Ethernet</i></b>	RJ-45 (10/100Base-T)
<b>Protocolos de Red</b>	HTTP;HTTPS;TCP;ARP;UDP;SMTP;FTP;DHCP;DNS; PPPoE;IPV4/V6;QoS; IEEE 802.1X; ICMP;IGMP; etc.
<b>Direccionamiento IP</b>	IP estática o IP dinámica
<b>Fuente de alimentación</b>	DC12V, POE (IEEE802.3af)
<b>Consumo de Energía</b>	<9.5W
<b>Grado de Protección</b>	IP67
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-30°C ~ +60°C
<b>Tipo de Instalación</b>	Exteriores

Tabla 3.22 Características técnicas de cámara tipo Bala IP [53], [54].

Parámetros	Características
<b>Sensor</b>	CMOS 1/2,8" de 2 Megapíxeles
<b>Resolución</b>	1920(H) x1080(V) Píxeles
<b>Distancia IR</b>	Distancia hasta 60 m
<b>Longitud Focal</b>	3.6mm (6mm opcional)
<b>Ángulo de visión</b>	H: 87° ~ 52°, V: 46° ~30°
<b>Compresión de Video</b>	H.265+/H.265/H.264+/H.264/MJPEG
<b>Análisis de video inteligente (IVS)</b>	Detección de rostros y objetos
<b>Zoom Digital</b>	16x
<b>Conexión de Red <i>Ethernet</i></b>	RJ-45 (10/100Base-T)
<b>Protocolos de Red</b>	HTTP;HTTPS;TCP;ARP;UDP;SMTP;FTP;DHCP;DNS; PPPoE;IPV4/V6;QoS; IEEE 802.1X; ICMP;IGMP; etc.
<b>Direccionamiento IP</b>	IP estática o IP dinámica
<b>Fuente de alimentación</b>	DC12V, POE (IEEE802.3af)
<b>Consumo de Energía</b>	<11 W
<b>Grado de Protección</b>	IP67
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-30°C ~ +60°C
<b>Tipo de Instalación</b>	Exteriores

- NVR

Tabla 3.23 Características técnicas de NVR 8 CH [64], [65].

Parámetros	Características
<b>Sistema Operativo</b>	Linux
<b>Entradas de cámaras IP</b>	8/16 Canales
<b>Interfaz de Salida</b>	1 HDMI (hasta 3840 x 2160) Pixeles, 1 VGA
<b>Resolución</b>	(3840 x 2160, 1920 x 1080, 1280 x 1024, 1280 x 720, 1024 x 768) Pixeles
<b>Compresión de Video</b>	Smart H.265+/H.265/Smart H.264+/H.264
<b>Velocidad de Grabación</b>	320Mbps
<b>Conexión de Red <i>Ethernet</i></b>	1 puerto RJ-45 (10/100 / 1000Mbps)
<b>Capacidad</b>	2 puertos SATA III, hasta 10 TB
<b>Interfaz USB</b>	2 puertos USB (1 USB 3.0 parte trasera, 1 USB 2.0 parte frontal)
<b>Interfaz Serial</b>	RS232/ RS485
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-10 ° C ~ + 55 ° C (+ 14 ° F ~ + 131 ° F)
<b>Puertos POE</b>	8 puertos (IEEE802.3af / at) Todos los puertos admiten ePOE y EOC
<b>Consumo de Energía</b>	<15,2 W sin Disco duro

➤ **Capacidad de transferencia y almacenamiento para el sistema centralizado**

En la Tabla 3.24 se detalla la calidad del video de acuerdo con el método de compresión, y la tasa de fotogramas, con estos datos también se obtienen los valores de ancho de banda de almacenamiento y el ancho de banda de red, estos datos se obtuvieron mediante la calculadora en línea CCTV *calculator* [66].

Tabla 3.24 Capacidad transferencia de acuerdo con el método de compresión [66].

Calidad de Video	Métodos	Velocidad FPS	Ancho de Banda de Almacenamiento (MB/s) <i>Full HD</i> (1920x1080)	Ancho de Banda de la Red (Mb/s) <i>Full HD</i> (1920x1080)
<b>Alto</b>	H.264	30	0.6	4.5
<b>Bajo</b>	H.264	30	0.2	1.8
<b>Alto</b>	H.265	30	0,4	3.4
<b>Medio</b>	H.265	30	0.2	1.7
<b>Bajo</b>	H.265	30	0.1	1.2

H.265 conocido también como: *High efficiency Video Coding* (HEVC), Codificación de video de alta definición en español o MPEG-H parte 2. H.265 es uno de los estándares de compresión de video más actual y avanzado que ofrece gran eficiencia de compresión y calidad de video. H.265 ofrece mejoras significativas comparado con H.264, respecto a la compresión, calidad del video y espacio de almacenamiento [67].

Debido a las grandes ventajas ya mencionadas del estándar H.265 se considera éste para el cálculo de la capacidad de transferencia y almacenamiento.

La capacidad de ancho de banda requerido para la transferencia de información en Mbps del sistema CCTV se presenta en la Tabla 3.25.

Para determinar la capacidad de transferencia requerida por el sistema que conforman 31 cámaras, se toma en cuenta el ancho de banda que necesita cada cámara para transmitir el video en condiciones óptimas. De la Tabla 3.24 se observa que, con una calidad media de video, con el método de compresión H.265 y una velocidad de 30 FPS, la capacidad de transferencia es 1.7 Mbps. Se toma este valor para cumplir con los requerimientos de video de buena calidad y optimizado en la grabación.

Ingresando las 31 cámaras en el programa CCTV *calculator* se tiene como resultado que el sistema requiere de 52.3 Mbps [68].

Tabla 3.25 Capacidad de transferencia.

Resolución	FPS	Compresión	# cámaras	Capacidad de transferencia Total
2 Mp	30	H.265-15	31	52.3 Mbps

Según los parámetros requeridos por el programa y de acuerdo al CCTV de Calluma Alto, se tienen 31 cámaras que grabarán a 30 fps durante 30 días continuos en Full HD y con el tipo de compresión H.265. Con estos parámetros el espacio de almacenamiento requerido es de 17 TB aproximadamente.

La Figura 3.32 presenta la interfaz del programa en línea CCTV *calculator* para el cálculo del espacio de almacenamiento del sistema centralizado [68].



### STORAGE NEEDS CALCULATOR

number of cameras:	<input type="text" value="31"/>	Recommended recording media capacity to achieve the desired archive recording.
resolution:	<input type="text" value="Full HD (1920 x 1080)"/>	
compression:	<input type="text" value="H.265 HEVC - medium quality"/>	
motion detection:	<input type="text" value="no motion detection"/>	
frame rate (fps):	<input type="text" value="30"/>	
frame rate when no motion (fps):	<input type="text" value="30"/>	
archiving period (days):	<input type="text" value="30"/>	
data storage (GB):	<input type="text" value="16547,1"/>	

Figura 3.32 Espacio de almacenamiento requerido [68].

Esta capacidad puede variar modificando el número de FPS o la calidad del video teniendo en cuenta que cuando mayores sean estas variables mayores será el requerimiento de almacenamiento y viceversa a menor valor de las variables menor será el requerimiento de almacenamiento.

#### **Servidor NAS para almacenamiento**

El servidor NAS tiene la capacidad para almacenar información en 4 bahías, por ello es necesario utilizar 2 bahías para trabajar con los discos duros cotizados de 10 TB, dando un total de 20 TB y así poder sustentar los 17TB necesarios. Para contar con copias de seguridad se almacenará la información en la nube, ya que el servidor brinda servicios de almacenamiento en nube utilizando *Amazon S3*, *Dropbox* o *ElephantDrive*, donde cada morador del barrio Calluma Alto podrá acceder a la información almacenada en la nube, registrándose en el servidor NAS desde una computadora o móviles con *Android* o *IOS* [62].

#### ➤ **Capacidad de transferencia y almacenamiento para el sistema sectorizado**

Considerando las mismas características descritas en el sistema centralizado: calidad media, resolución de video en *Full HD*, compresión *H.265* y velocidad de *30 FPS* vista en la Tabla 3.25, se procede a detallar en la Tabla 3.26 la capacidad de transferencia y de almacenamiento para los nueve sectores estratégicos.

Tabla 3.26 Capacidad de transferencia y almacenamiento, Sistema centralizado [66], [68].

# Sistema Estratégico	# cámaras	Capacidad de Transferencia (Mbps)	Capacidad de Almacenamiento (TB)
1	3	10,2	1,6
2	3	10,2	1,6
3	3	10,2	1,6
4	4	13,6	2,2
5	4	13,6	2,2
6	5	17	2,6
7	3	10,2	1,6
8	3	10,2	1,6
9	3	10,2	1,6
<b>Total</b>	31	105,4	16,6

### ➤ **Direccionamiento IP**

En la Tabla 3.27 se observa el direccionamiento IP para la red del sistema CCTV la cual deberá ser estático, ya que este enrutamiento es eficiente en redes pequeñas [69].

Tabla 3.27 Direccionamiento IP, para el sistema centralizado.

<b>Dirección de red</b>	<u>192.168.0.0</u>
<b>Máscara de Red</b>	<u>255.255.255.0</u>
<b>Equipos</b>	<b>Dirección IP/Máscara</b>
<b>NVR</b>	192.168.0.2/24
<b>Switch (VLAN 20)</b>	192.168.0.3/24
<b>OLT (VLAN 20)</b>	192.168.0.4/24
<b>ONU1</b>	192.168.0.5/24
<b>ONU2</b>	192.168.0.6/24
<b>ONU3</b>	192.168.0.7/24
<b>ONU4</b>	192.168.0.8/24
<b>ONU5</b>	192.168.0.9/24
<b>ONU6</b>	192.168.0.10/24
<b>ONU7</b>	192.168.0.11/24
<b>ONU8</b>	192.168.0.12/24
<b>ONU9</b>	192.168.0.13/24
<b>CAM1</b>	192.168.0.14/24
<b>CAM2</b>	192.168.0.15/24
<b>CAM3</b>	192.168.0.16/24
<b>CAM4</b>	192.168.0.17/24

Equipos	Dirección IP/Máscara
CAM5	192.168.0.18/24
CAM6	192.168.0.19/24
CAM7	192.168.0.20/24
CAM8	192.168.0.21/24
CAM9	192.168.0.22/24
CAM10	192.168.0.23/24
CAM11	192.168.0.24/24
CAM12	192.168.0.25/24
CAM13	192.168.0.26/24
CAM14	192.168.0.27/24
CAM15	192.168.0.28/24
CAM16	192.168.0.29/24
CAM17	192.168.0.30/24
CAM18	192.168.0.31/24
CAM19	192.168.0.32/24
CAM20	192.168.0.33/24
CAM21	192.168.0.34/24
CAM22	192.168.0.35/24
CAM23	192.168.0.36/24
CAM24	192.168.0.37/24
CAM25	192.168.0.38/24
CAM26	192.168.0.39/24
CAM27	192.168.0.40/24
CAM28	192.168.0.41/24
CAM29	192.168.0.42/24
CAM30	192.168.0.43/24
CAM31	192.168.0.44/24

### 3.4 Presupuesto referencial

Dentro del presupuesto referencial para cada diseño se tomaron en consideración los elementos primarios (cámaras, medios de transmisión, equipos de video grabación, equipos de almacenamiento, TV), así como también los elementos secundarios (conectores, gabinete, soportes de cámaras) que permitirán la implementación del sistema.

En la Tabla 3.28 se enlistan los materiales junto a sus precios los cuales fueron previamente consultados en distribuidoras de equipos de videovigilancia los cuales se puede observar en el Anexo C, al final de cada tabla se encuentra el precio total para cada diseño.

Tabla 3.28 Proforma para el diseño Centralizado.

Producto	Cantidad	Precio (unitario)	Precio (total)
Cámara Domo Ip Varifocal <i>Dahua</i> lpc-hdw2231r Zs 50m POE	29	\$191.00	\$5,539.00
Cámara Bala Ip <i>Dahua</i> DH-IPC-HFW4231T-ASE 60mts POE	2	\$204.00	\$408.00
NVR 32ch <i>Dahua</i> Hasta 8mp 4k Nvr5232-4ks2 Alarma Audio	1	\$574.00	\$574.00
Disco Duro Interno <i>Western Digital Purple</i> 10 TB	2	\$421.30	\$842.60
Servidor NAS Pr4100 4 Discos RAM 4gb Raid Pro Series	1	\$740.00	\$740.00
Bobinas de cable ftp Cat. 6 exterior	6	\$210.00	\$1,260.00
Bobinas de cable <i>DAHUA</i> UTP 100% Cobre Cat. 5E DH-PFM920I-5EUN	2	\$119.28	\$238.56
tv 42 pulgadas	1	\$395.00	\$395.00
Bobinas de CABLE DE FIBRA DROP MONOMODO DE 2 Hilos	2	\$190.00	\$380.00
Switch Administrable Cisco <i>Small Business</i> SG300-10, 08 puertos	1	\$256.00	\$256.00
MA5608T Mini-OLT HUAWEI GPON OLT con 1MPWC(D)+1MCUD+1GPFD+GE/10GE uplink	1	\$800.00	\$800.00
ONU Huawei MA5626   1GPON + 8FE (POE)	9	\$167.50	\$1,507.50
Caja NAP 8 puertos	4	\$39.80	\$159.20
Soporte Para Cámaras <i>Dahua</i>	31	\$32.00	\$992.00
Rack abierto De Piso 24ur de 1,20 m	1	\$161.66	\$161.66
Splitter de 1x8	4	\$8.00	\$32.00
Funda De 100 Conectores Rj45	1	\$9.99	\$9.99
Instalación De Cámaras De Seguridad	31	\$20.00	\$620.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$14,915.51</b>	

En la Tabla 3.29 se enlistan los materiales junto a sus precios los cuales fueron previamente consultados en distribuidoras de equipos de videovigilancia los cuales se puede observar en el Anexo C, al final de cada tabla se encuentra el precio total para cada diseño.

Tabla 3.29 Proforma para el diseño Sectorizado.

Producto	Cantidad	Precio (unitario)	Precio (total)
Cámara Domo Ip Varifocal Dahua Ipc-hdw2231r Zs 50m POE	29	\$185.00	\$5,365.00
Cámara Bala Ip Dahua DH-IPC-HFW4231T-ASE 60mts POE	2	\$199.00	\$398.00
NVR 8ch Dahua Hasta 12mp 4k Nvr5208-8p- 4ks2e POE Alarma	9	\$435.00	\$3,915.00
Bobinas de cable ftp Cat. 6 exterior	6	\$210.00	\$1,260.00
Bobinas de cable DAHUA UTP 100% Cobre Cat. 5E DH-PFM920I-5EUN	2	\$119.28	\$238.56
Funda De 100 Conectores Rj45	1	\$9.99	\$9.99
Disco Duro Western Digital 2tb Púrpura	6	\$84.00	\$504.00
Disco Duro Western Digital 4tb Púrpura	3	\$147.99	\$443.97
Tv32 pulgadas	1	\$244.99	\$244.99
Soporte Para Cámaras Dahua	31	\$36.00	\$1116.00
Instalación De Cámaras De Seguridad	31	\$20.00	\$620.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$14,115.51</b>	

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- El estudio de campo permitió conocer la cobertura del sistema, así como las distancias de las calles principales con lo cual se evaluó el tipo de medio de transmisión y la tecnología a seleccionar, para dar solución a la necesidad de disponer de un sistema de video vigilancia al barrio Calluma Alto.
- La tecnología PON fue la mejor alternativa para la implementación del sistema centralizado debido a sus grandes ventajas en la transmisión a largas distancias y el ancho de banda que ofrece con lo cual se puede implementar servicios a futuro como los *triple play*, además los cálculos han sido realizados para un crecimiento del 50% tanto en conexiones disponibles como en ancho de banda. El 50% se justifica con la disponibilidad de puertos en las ONTs ya que estos disponen de 8 puertos de los cuales inicialmente se usarán 3 o 4 dependiendo del sector y por otro lado la fibra óptica ofrece un gran ancho de banda en el orden de las gigas.
- La información captada por cada cámara de seguridad es uno de los parámetros más importantes por ello se entiende que se necesite un respaldo para almacenar dicha información, por lo tanto, se determinó el uso de un servidor NAS de alta capacidad de almacenamiento, donde se puede almacenar en discos duros extraíbles o almacenar la información en la nube. Cada morador del barrio Calluma Alto podrá acceder a la información almacenada en la nube, registrándose en el servidor NAS y así acceder a la información a través de dispositivos móviles o PC.
- Trabajar con cámaras con tecnología IP en el proyecto, fue una correcta elección, ya que ofrece varias funciones necesarias en la actualidad, como una mejor calidad de imagen, reconocimiento facial y de placas vehiculares, también muchas de estas cámaras cuentan con tecnología POE ayudando a reducir el cableado en el proyecto.
- El proyecto fue hecho para que sea escalable en los dos diseños (centralizado y sectorizado), en los dos sistemas se pueden colocar cámaras con mayor resolución de imagen si así lo requieren los moradores, se puede incrementar el número de

cámaras, trabajar con tecnología IP nos da la garantía de funcionamiento por varios años.

- Con el método de compresión H.265 se ha optimizado en gran medida el requerimiento de almacenamiento, ya que ofrece un 50% más de eficiencia respecto a H.264, entonces el sistema requiere de 17 TB aproximadamente para grabar 24/7 durante 30 días.

## 4.2 Recomendaciones

- Respecto a la administración del sistema CCTV en el Infocentro, se recomienda limitar el acceso únicamente a personas autorizadas con el fin de resguardar la operatividad de los equipos y la información.
- Se recomienda mantenimientos periódicos una vez que el sistema CCTV sea instalado ya sean estos preventivos o correctivos, lo que permitirá que el sistema funcione de forma adecuada y se continúe con el control y monitoreo del área.
- Los equipos seleccionados para trabajar en el presente proyecto fueron escogidos ya que cumplen con las especificaciones técnicas requeridas, pero es posible que estos equipos se agoten en el país y se requiera importarlos, por ello se recomienda investigar si los productos se encuentran en *stock*, si no es el caso, se recomienda analizar si es factible económicamente importar dicho equipo.
- Siempre es necesario mantener información de respaldo para ello se recomienda utilizar discos duros extraíbles para que la información sea almacenada en ellos, luego de revisar la información, se descartaría la información irrelevante para tener más espacio en la memoria de los discos y no gastar demasiado dinero en ello.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. G. Mata, «Videovigilancia: CCTV usando vídeos IP,» Malaga-España, Editorial Vértice, 2010.
- [2] Cat Colombia Solutions S.A.S, «LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE,» 2016. [En línea]. Available: <http://catcolombiasolutions.com/index.php/actualidad/76-la-evolucion-de-los-sistemas-de-seguridad-electronica>.
- [3] IMSEL Seguridad S.A, «Qué es CCTV y cuál es su función,» 10 06 2019. [En línea]. Available: <https://www.imsel.com/que-es-cctv-y-cual-es-su-funcion/>. [Último acceso: 11 08 2020].
- [4] VoIP Supply, «IP Camera Types,» 28 09 2010. [En línea]. Available: <https://www.voipsupply.com/blog/voip-insider/ip-camera-types/>. [Último acceso: 11 08 2020].
- [5] OVACEN, «Cámaras de seguridad: Tipos, consejos y cuál comprar para casa,» 2017. [En línea]. Available: <https://ovacen.com/camaras-de-seguridad/>. [Último acceso: 11 08 2020].
- [6] Ruva Seguridad, «Tipos de cámaras de red axis,» [En línea]. Available: <https://www.ruvaseguridad.com/blog/tipos-de-camaras-de-red-axis/index.html>. [Último acceso: 11 08 2020].
- [7] LearnCCTV, «CCTV Camera, PTZ Camera, Types of cameras,» 2018. [En línea]. Available: <https://learnctv.com/what-is-a-ptz-camera/>. [Último acceso: 11 08 2020].
- [8] S. Martí Martí, «Sistema de CCTV sobre IP "Cámara IP, Lente",» 2013. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/34082/memoria.pdf>. [Último acceso: 30 12 2020].
- [9] Silvia, Martí Martí, «Diseño de un sistema de televigilancia sobre IP Para el edificio CRAI de la Escuela Politécnica Superior de Granada,» 2013. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/34082/memoria.pdf>. [Último acceso: 11 08 2020].
- [10] LUCID Vision Labs, «Understanding The Digital Image Sensor,» 2020. [En línea]. Available: <https://thinklucid.com/tech-briefs/understanding-digital-image-sensors/>. [Último acceso: 29 12 2020].
- [11] DICSAN , «SECURITY CAMERAS FEATURES - RESOLUTION,» Dicsan Technology, 2018. [En línea]. Available: [https://dicsan.com/security\\_cameras/security\\_cameras\\_resolution/](https://dicsan.com/security_cameras/security_cameras_resolution/). [Último acceso: 12 08 2020].
- [12] NIVIAN, «¿Qué significa el protocolo ONVIF?,» 16 08 2017. [En línea]. Available: <https://www.nivianhome.com/es/que-es-onvif/>. [Último acceso: 12 08 2020].



- [13] Cisco Networking Academy, «CCNA Exploration 4.0 Aspectos Basicos de Networking, Medios de red,» [En línea]. Available: <https://nebul4ck.files.wordpress.com/2015/08/ccna-exploration-4-0-c2b7-aspectos-basicos-de-networking.pdf>. [Último acceso: 14 08 2020].
- [14] IFSEC Global, «The CCTV transmission networks explained,» 10 11 2010. [En línea]. Available: <https://www.ifsecglobal.com/cctv-2/the-cctv-transmission-network-the-glue-that-ties-it-all-together/>. [Último acceso: 12 08 2020].
- [15] GeeksforGeeks, «Types of Network Topology,» 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/types-of-network-topology/>. [Último acceso: 31 12 2020].
- [16] E. Insam, «TCP/IP Embedded Internet Applications, Network Physical Layer Technologies,» ScienceDirect, 2003. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/twisted-pair-cable>. [Último acceso: 12 08 2020].
- [17] E. Conrad, «CISSP Study Guide (Third Edition), Communication and Network Security (Designing and Protecting Network Security), Twisted Pair Cabling,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/twisted-pair-cable>. [Último acceso: 12 08 2020].
- [18] ProfesionalReview, «Tipos y categorías de cables de pares trenzados,» 26 01 2019. [En línea]. Available: <https://www.profesionalreview.com/2019/01/26/cables-utp-cables-stp-cables-ftp/>. [Último acceso: 29 12 2020].
- [19] G. Ing. Cevallos, Interviewee, [Entrevista]. 2016.
- [20] M. A. Dye, R. McDonald y A. W. Rufi, «Aspectos básicos de networking.,» de *Guía de estudio de CCNA Exploration*, Madrid, Person Education, 2008.
- [21] F. Comunidad, «T568A y T568B: dos estándares de cable de red RJ45,» 06 11 2018. [En línea]. Available: <https://community.fs.com/es/blog/t568a-vs-t568b-difference-between-straight-through-and-crossover-cable.html>. [Último acceso: 30 12 2020].
- [22] FibraOpticaHoy, «Tipos de conectores de fibra óptica,» 14 05 2016. [En línea]. Available: <https://www.fibraopticahoy.com/tipos-conectores-fibra-optica/>. [Último acceso: 29 12 2020].
- [23] J. M. Palacios Villegas , «Implementacion de un sistema de video vigilancia para la casona principal de la ESFOT,» quito, 2019.
- [24] D. L. Chimborazo Toro, «Diseño de un sistema de videovigilancia con tecnologia IP para el barrio La Delicia en la ciudad de Ambato,» 05 2015. [En línea]. Available: <file:///D:/Dropbox/CALLUMA%20ALTO/CD%2010157.pdf>. [Último acceso: 31 08 2020].
- [25] AnLorenRo, «DAS, NAS SAN,» 18 04 2016. [En línea]. Available: <https://anlorenro.wordpress.com/2016/04/18/das-nas-y-san/>. [Último acceso: 31 12 2020].

- [26] VIU, «Explicando la arquitectura de protocolos TCP/IP,» 17 08 2016. [En línea]. Available: <https://www.universidadviu.com/co/actualidad/nuestros-expertos/explicando-la-arquitectura-de-protocolos-tcpip#:~:text=La%20arquitectura%20de%20protocolos%20TCP%2FIP%20est%C3%A1%20basada%20en%20un,inicialmente%20el%20protocolo%20TCP%2FIP..> [Último acceso: 11 11 2020].
- [27] Redes, «Conceptos Generales,» [En línea]. Available: <https://slideplayer.es/slide/1082122/>. [Último acceso: 08 11 2020].
- [28] A. C. Guzmán Antamba, «DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO EN UN SECTOR RESIDENCIAL PARA PROVEER SERVICIOS TRIPLE PLAY UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE RED GEPON (GIGABIT ETHERNET PASSIVE OPTICAL NETWORK) PARA LA EMPRESA TELCONET S.A.,» 04 2018. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19380/4/CD-8764.pdf..> [Último acceso: 09 11 2020].
- [29] The Fiber Optic Association, «Presupuesto de potencia y de pérdida óptica,» [En línea]. Available: <https://www.foa.org/ESP-Design/Ch9.htm>. [Último acceso: 08 11 2020].
- [30] S. Buettrich, «Cálculo con Decibeles (dB, dBm, dBi ),» [En línea]. Available: [http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-deradioenlace\\_guia\\_v02.odt..](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-deradioenlace_guia_v02.odt..) [Último acceso: 09 11 2020].
- [31] M. Gordon, «Camaras de videovigilancia,» [En línea]. Available: <https://camarasdevigilancia10.info/camara-domo-o-camara-bullet/>. [Último acceso: 20 02 2021].
- [32] VideoSurveillance, «Explaining the ONVIF standard,» 19 08 2011. [En línea]. Available: [https://www.videosurveillance.com/blog/technology/explaining\\_the\\_onvif\\_standard.asp#:~:text=ONVIF%20\(Open%20Network%20Video%20Interface,industry%20communicate%20with%20each%20other..](https://www.videosurveillance.com/blog/technology/explaining_the_onvif_standard.asp#:~:text=ONVIF%20(Open%20Network%20Video%20Interface,industry%20communicate%20with%20each%20other..) [Último acceso: 30 12 2020].
- [33] «TECNO Seguro,» [En línea]. Available: <https://www.tecnoseguro.com/faqs/cctv/que-es-un-sensor-de-imagen>. [Último acceso: 18 02 2021].
- [34] E. Garduño, «infochannel,» 19 04 2020. [En línea]. Available: <https://www.infochannel.info/fibra-optica-pon-de-huawei-disponible-con-xweb#:~:text=Ventajas%20de%20utilizar%20redes%20PON,de%20banda%20por%20puerto%20PON..> [Último acceso: 2021 01 08].
- [35] M. Lederkremer, «La tecnología PowerOver Ethernet,» de *Redes informáticas*, Buenos Aires, Six Ediciones, 2019, p. 144.
- [36] G. Portillo, «MeteorologiaenRed,» [En línea]. Available: <https://www.meteorologiaenred.com/azimut.html>. [Último acceso: 22 02 2021].

- [37] «Google Play Store,» [En línea]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.esys.satfinder&hl=es>. [Último acceso: 22 01 2021].
- [38] pcplay, «Cable Dahua UTP CAT5E 100% Cobre 305 metros PFM920I-5EUN,» [En línea]. Available: [pcplay.cl/cable-dahua-utp-cat5e-100-cobre-305-metros-pfm920i-5eun](http://pcplay.cl/cable-dahua-utp-cat5e-100-cobre-305-metros-pfm920i-5eun). [Último acceso: 30 12 2020].
- [39] J. Bonilla, «sacseguridad.com,» [En línea]. Available: <https://sacseguridad.com/conozca-las-ventajas-de-los-sistemas-de-cctv-ip-sobre-los-analogicos-tradicionales/>. [Último acceso: 10 10 2020].
- [40] FOCC, «¿Cuál es la diferencia entre las redes de fibra óptica EPON y GPON?, Redes ópticas pasivas, EPON,» 16 09 2019. [En línea]. Available: <http://www.fibresplitter.com/info/what-s-the-difference-between-epon-and-gpon-op-39232475.html>. [Último acceso: 31 12 2020].
- [41] «TRENDNET,» 05 2018. [En línea]. Available: <https://www.trendnet.com/langsp/products/features/default?featureid=56>. [Último acceso: 20 02 2021].
- [42] «TRENDNET,» 2016. [En línea]. Available: [http://downloads.trendnet.com/CaseStudies/How\\_To\\_Select\\_NVR/How\\_to\\_select\\_your\\_NVR-TRENDnet\\_SP.pdf](http://downloads.trendnet.com/CaseStudies/How_To_Select_NVR/How_to_select_your_NVR-TRENDnet_SP.pdf). [Último acceso: 20 02 2021].
- [43] «JVSG: CCTV Design Software,» [En línea]. Available: <https://www.jvsg.com/es/>. [Último acceso: 20 07 2020].
- [44] «CCTV Calculator,» [En línea]. Available: <https://www.cctvcalculator.net/en/calculations/bandwidth-calculator/>. [Último acceso: 20 02 2021].
- [45] «Visiotech,» [En línea]. Available: <https://www.visiotechsecurity.com/es/noticias/129-sistemas-de-transmision-ip-en-cctv>. [Último acceso: 19 02 2021].
- [46] L. Suárez, «Las nuevas tecnologías,» 14 09 2015. [En línea]. Available: <https://lasnuevastechnologias.com/cable-utp-categoria-6/>. [Último acceso: 19 02 2021].
- [47] M. Rico, «telecocable,» 11 04 2018. [En línea]. Available: <https://www.telecocable.com/blog/tipos-de-fibra-optica-monomodo/1577>. [Último acceso: 19 02 2021].
- [48] «Software lab,» [En línea]. Available: <https://softwarelab.org/es/que-es-hdmi-que-significa-y-para-que-sirve/>. [Último acceso: 19 02 2021].
- [49] SIEMENS, «Soluciones de Cableado Estructurado,» [En línea]. Available: [mestrecelta.com/Soluciones%20de%20Cableado%20estructurado.pdf](http://mestrecelta.com/Soluciones%20de%20Cableado%20estructurado.pdf). [Último acceso: 20 02 2021].

- [50] A. Garcia Yagüe, «GPON y GPON Doctor, Introducción y Conceptos Generales,» 05 2014. [En línea]. Available: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>. [Último acceso: 09 11 2020].
- [51] M. Seguridad, «Mercado Libre Ecuador, Cámara Domo Ip Varifocal Dahua Ipc-hdw2231r Zs 50m Poe,» [En línea]. Available: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427363497-camara-domo-ip-varifocal-dahua-ipc-hdw2231r-zs-50m-poe-\\_JM?quantity=1#redirectedFromParent](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427363497-camara-domo-ip-varifocal-dahua-ipc-hdw2231r-zs-50m-poe-_JM?quantity=1#redirectedFromParent). [Último acceso: 20 10 2020].
- [52] «Dahua Security, 2MP WDR IR Mini Bullet Network Camera DH-IPC-HFW4231T-ASE,» [En línea]. Available: [https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/download/DH-IPC-HFW4231T-ASE\\_Datasheet\\_201707241111.pdf](https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/download/DH-IPC-HFW4231T-ASE_Datasheet_201707241111.pdf). [Último acceso: 20 10 2020].
- [53] MM.Electronic.EC, «Mercado Libre Ecuador, camara bala ip dahua 2mpx 60mts poe dh-ipc-hfw4231tn ase 036,» [En línea]. Available: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427131878-camara-bala-ip-dahua-2mpx-60mts-poe-dh-ipc-hfw4231tn-ase-036-\\_JM?quantity=1#position=2&type=item&tracking\\_id=2d3e3249-8b20-4590-a4ba-8abb99a2581f](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427131878-camara-bala-ip-dahua-2mpx-60mts-poe-dh-ipc-hfw4231tn-ase-036-_JM?quantity=1#position=2&type=item&tracking_id=2d3e3249-8b20-4590-a4ba-8abb99a2581f). [Último acceso: 20 10 2020].
- [54] «Dahua Security, 2MP IR Eyeball Network Camera DH-IPC-HDW2231R-ZS,» [En línea]. Available: [https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/product/20180205/dh-ipc-hdw2231r-zs\\_datasheet\\_20170706.pdf](https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/product/20180205/dh-ipc-hdw2231r-zs_datasheet_20170706.pdf). [Último acceso: 20 10 2020].
- [55] M. Seguridad, «Mercado Libre Ecuador, Nvr 32ch Dahua Hasta 8mp 4k Nvr5232-4ks2 Alarma Audio,» [En línea]. Available: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427363760-nvr-32ch-dahua-hasta-8mp-4k-nvr5232-4ks2-alarma-audio-\\_JM?quantity=1#position=5&type=item&tracking\\_id=f7853de0-2029-48ba-a503-35c53bc53738](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427363760-nvr-32ch-dahua-hasta-8mp-4k-nvr5232-4ks2-alarma-audio-_JM?quantity=1#position=5&type=item&tracking_id=f7853de0-2029-48ba-a503-35c53bc53738). [Último acceso: 21 10 2020].
- [56] «Dahua Security, 8/16/32Channel 1U 4K&H.265 Pro Network Video Recorder (V2.00) DHI-NVR5208/16/32-4KS2,» [En línea]. Available: [https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/product/20180808/DHI-NVR5208-5216-5232-4KS2\\_\\_20180808.pdf](https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/product/20180808/DHI-NVR5208-5216-5232-4KS2__20180808.pdf). [Último acceso: 21 10 2020].
- [57] «drive.google.com, Huawei MA5608T - Mini OLT (Optical Line Terminal),» [En línea]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1etTtcjbQ8n6pmh1vA00oCyayBr4RVEfO/view>. [Último acceso: 21 10 2020].
- [58] «Router-Switch, MA5626-8FE-POE Datasheet,» [En línea]. Available: <https://www.router-switch.com/pdf/ma5626-8fe-poe-datasheet.pdf>. [Último acceso: 22 10 2020].
- [59] «DS3 Comunicaciones, Switch Administrable Cisco Small Business SG300-10, 08 puertos 10/100/1000, 02 puertos para SFP miniGBIC SRW2008-K9-NA,» [En línea]. Available: <http://ds3comunicaciones.com/cisco/SRW2008-K9-NA.html>. [Último acceso: 22 10 2020].

- [60] «ds3comunicaciones.com,» [En línea]. Available: [http://www.ds3comunicaciones.com/cisco/files/SRW2024-K9-NA\\_ds.pdf](http://www.ds3comunicaciones.com/cisco/files/SRW2024-K9-NA_ds.pdf).
- [61] N. Tecnologia, «Mercado Libre Ecuador, Wd My Cloud Nas Pr4100 4 Discos Ram 4gb Raid Pro Series,» [En línea]. Available: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427612952-wd-my-cloud-nas-pr4100-4-discos-ram-4gb-raid-pro-series-\\_JM?quantity=1#position=4&type=item&tracking\\_id=993ec8b5-880c-4fe8-9864-6f5e3ed01d2a](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427612952-wd-my-cloud-nas-pr4100-4-discos-ram-4gb-raid-pro-series-_JM?quantity=1#position=4&type=item&tracking_id=993ec8b5-880c-4fe8-9864-6f5e3ed01d2a). [Último acceso: 20 10 2020].
- [62] J. Ranchal, «muycomputerpro.com, WD My Cloud Pro PR4100, análisis,» 09 10 2018. [En línea]. Available: <https://www.muycomputerpro.com/2018/10/09/wd-my-cloud-pro-pr4100-analisis>. [Último acceso: 20 10 2020].
- [63] Pluscompu, «Mercado Libre Ecuador, Splitters 1x8 Conectorizado Apc,» [En línea]. Available: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427397630-splitters-1x8-conectorizado-apc-\\_JM?quantity=1#position=4&type=item&tracking\\_id=f61b3e1c-1ff0-433e-97aa-cc113d81b74d](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427397630-splitters-1x8-conectorizado-apc-_JM?quantity=1#position=4&type=item&tracking_id=f61b3e1c-1ff0-433e-97aa-cc113d81b74d). [Último acceso: 21 10 2020].
- [64] M. Seguridad, «Mercado Libre Ecuador, Nvr 8ch Dahua Hasta 12mp 4k Nvr5208-8p-4ks2e Poe Alarma,» [En línea]. Available: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427363322-nvr-8ch-dahua-hasta-12mp-4k-nvr5208-8p-4ks2e-poe-alarma-\\_JM?quantity=1#position=43&type=item&tracking\\_id=91e7793c-f5a4-40f9-a154-0d52fad759e2](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-427363322-nvr-8ch-dahua-hasta-12mp-4k-nvr5208-8p-4ks2e-poe-alarma-_JM?quantity=1#position=43&type=item&tracking_id=91e7793c-f5a4-40f9-a154-0d52fad759e2). [Último acceso: 21 10 2020].
- [65] «Dahua Security, 8/16 Channel 1U 8PoE 4K&H.265 Pro Network Video Recorder DHI-NVR5208/16-8P-4KS2E,» [En línea]. Available: [https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/product/20180502/DHI-NVR5208-5216-8P-4KS2E\\_datasheet\\_20180502.pdf](https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/product/20180502/DHI-NVR5208-5216-8P-4KS2E_datasheet_20180502.pdf). [Último acceso: 21 10 2020].
- [66] CCTV Calculator, «BANDWIDTH CALCULATOR,» [En línea]. Available: [https://www.cctvcalculator.net/en/calculations/bandwidth-calculator/..](https://www.cctvcalculator.net/en/calculations/bandwidth-calculator/) [Último acceso: 30 12 2020].
- [67] ADSIzone, «H.264 vs H.265: ¿Por qué es tan importante este nuevo codec?,» 29 09 2016. [En línea]. Available: <https://www.adslzone.net/2016/09/29/h-264-vs-h-265-tan-importante-este-nuevo-codec/>. [Último acceso: 20 11 2020].
- [68] CCTV Calculator, «STORAGE NEEDS CALCULATOR,» [En línea]. Available: [https://www.cctvcalculator.net/en/calculations/storage-needs-calculator/..](https://www.cctvcalculator.net/en/calculations/storage-needs-calculator/) [Último acceso: 30 12 2020].
- [69] A. S. T. y. D. J. Wetherall, Redes de Computadores, Naucalpan de Juárez, Estado de México: PEARSON EDUCATION, 2012.
- [70] Google Maps, «Barrio Calluma- Parroquia Pifo,» Google, [En línea]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Hermanos+Su%C3%A1rez/@-0.2334248,-78.3311426,16.25z/data=!4m5!3m4!1s0x91d5947d93a73fe5:0xac9aef114aefc7e6!8m2!3d-0.2341764!4d-78.3338186>. [Último acceso: 14 08 2020].