



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

Diseño de un sistema CCTV de monitoreo y alerta temprana sobre la red de acceso óptico FTTH con integración de energía fotovoltaica ON-GRID.

AUTOR:

Andrade Arreaga, Byron Michael

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de
INGENIERO TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Ing. Palacios Meléndez, Edwin Fernando, M. Sc.

**Guayaquil, Ecuador
6 de septiembre del 2023**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Andrade Arreaga, Byron Michael** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

Ing. Palacios Meléndez, Edwin Fernando, M. Sc.

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, M. Sc.

Guayaquil, al 6 día del mes de septiembre del año 2023.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Andrade Arreaga, Byron Michael**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Integración Curricular **Diseño de un sistema CCTV de monitoreo y alerta temprana sobre la red de acceso óptico FTTH con integración de energía fotovoltaica ON-GRID**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, al 6 día del mes de septiembre del año 2023.

EL AUTOR

Andrade Arreaga, Byron Michael



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño de un sistema CCTV de monitoreo y alerta temprana sobre la red de acceso óptico FTTH con integración de energía fotovoltaica ON-GRID**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, al 6 día del mes de septiembre del año 2023.

EL AUTOR

Andrade Arreaga, Byron Michael



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES

CERTIFICADO COMPILATE

La Dirección de las Carreras Telecomunicaciones, Electricidad y Electrónica y Automatización revisó el Trabajo de Integración Curricular, **Diseño de un sistema CCTV de monitoreo y alerta temprana sobre la red de acceso óptico FTTH con integración de energía fotovoltaica ON-GRID** presentado por el estudiante **ANDRADE ARREAGA, BYRON MICHAEL**, de la carrera de **TELECOMUNICACIONES**, donde obtuvo del programa COMPILATE, el valor de **3%** de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS magister	<p>Diseño de un sistema CCTV de monitoreo y alerta temprana sobre la red de acceso óptico FTTH con integración de energía fotovoltaica ON-GRID</p>	<p>3% Similitudes</p> <p>< 1% Texto entre comillas 0% similitudes entre comillas 3% Idioma no reconocido</p>
Nombre del documento: Final - TIC Byron Andrade.docx ID del documento: 31f5aba69e064f4d2a8ca0c81acea9c6ac35d0d Tamaño del documento original: 5,66 MB Autor: Byron Andrade	Depositante: Byron Andrade Fecha de depósito: 25/8/2023 Tipo de carga: url_submission fecha de fin de análisis: 25/8/2023	Número de palabras: 17.813 Número de caracteres: 117.953

TUTOR

Ing. Palacios Meléndez, Edwin Fernando, M. Sc.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento a mi familia, quienes han sido fundamentales en este importante capítulo de mi formación profesional. En particular, a mi madre, quien ha sido un pilar esencial, brindándome su inquebrantable cariño y apoyo, incluso cuando nuestras opiniones son diferentes. Su presencia y respaldo han sido invaluableles en mi camino.

Asimismo, deseo expresar mi gratitud a mi abuela materna, cuyo apoyo constante a lo largo de todas mis etapas académicas ha sido inestimable. Sus consejos, preocupación y sabiduría han enriquecido mi vida y han contribuido significativamente a mi crecimiento personal. Sus lecciones y experiencia han sido un faro en mi trayecto hacia la madurez y el conocimiento.

ANDRADE ARREAGA, BYRON MICHAEL

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi familia por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante a lo largo de mi vida. Más allá de todo, les estoy infinitamente agradecido por la paciencia que han tenido conmigo. No tengo palabras suficientes para expresar mi gratitud por las innumerables veces en las que me brindaron su apoyo en las decisiones que tomé, ya fueran acertadas, erradas o incluso un tanto peculiares. Valorar su libertad y apoyo en mi desarrollo como ser humano es algo que no tiene precio.

Además, quiero extender mi agradecimiento a Marcela Cuello, quien desde el inicio de mi carrera universitaria brindó su confianza y apoyo. Su presencia en esta aventura académica ha sido fundamental y es un testimonio de la importancia de contar con personas como ella al comienzo de un camino profesional.

También en esta oportunidad quiero mencionar al Ingeniero Andrés Endo F., quien me transmitió la valiosa lección de que el conocimiento debe ser compartido


Por último, pero no menos importante, deseo agradecer de manera especial a mi tutor, el Ingeniero Fernando Palacio, por los valiosos consejos y orientación que me ha proporcionado a lo largo de estos últimos años. Su experiencia y guía han sido cruciales para el desarrollo de esta investigación y mi crecimiento como estudiante y profesional.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO, M. Sc.
COORDINADOR DE LA CARRERA

f. 

ING. UBILLA GONZÁLES, RICARDO XAVIER, M. Sc.
COORDINADOR DE TITULACION

f. 

ING. PALAU DE LA ROSA, LUIS EZEQUIEL, M. Sc
OPONENTE

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1. Capítulo Descripción General del Trabajo de Titulación	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Definición del Problema.	4
1.4. Justificación del Problema.....	5
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos Específicos.....	6
1.6. Hipótesis.....	6
1.7. Metodología de Investigación.....	7
2. Capítulo Fundamentación Teórica.....	9
2.1. Historia y desarrollo de la fibra óptica.....	9
2.2. Fibras Multimodo.....	10
2.2.1. Fibras Multimodo.....	12
2.2.2. Diferencias físicas.....	13
2.3. Fibras Monomodo.....	14
2.3.1. Fibras Monomodo (OS1 y OS2).....	15
2.4. Convertidor de medios de Fibra Óptica	16
2.4.1. Tipos de convertidores de medio de fibra óptica.....	17
2.5. Arquitectura de red FTTH.....	18
2.6. Topología de Árbol en Redes Ópticas Pasivas.....	19
2.6.1. Ventajas de la Topología de Árbol en PON	19
2.7. Red GPON, avance histórico	20
2.8. Estándares de las Redes Ópticas	21
2.8.1. Tipos de Estándares en las Redes Ópticas	22
2.9. Elementos de una red GPON	23
2.9.1. Componentes Pasivos.....	24
2.9.2. Componentes Activos.....	25
2.9.2.1. OLT	25
2.9.2.2. ONT/ONU	25
2.10. Splitter	27
2.10.1. Característica de los Splitters	28
2.11. Energía Renovable.....	29
2.12. Tipos de energía renovable:.....	29
2.13. Energía solar o Fotovoltaica	29
2.14. Componentes de un sistema de Energía Fotovoltaico.....	30
2.15. Tipos y las diferentes combinaciones de los sistemas fotovoltaico	31
2.16. Funcionamiento de un sistema On-Grid	32
2.17. Sistema de monitoreo y alerta temprana CCTV	33
2.18. Elementos de un sistema de monitoreó	33
2.18.1. Video Wall.....	33
2.18.2. Decoders.....	34
2.18.3. NVR	35
2.18.4. Cámaras IP.....	36
2.18.5. Almacenamiento Centralizado	37
3. Capítulo Diseño & Desarrollo	39

3.1.	Diseño	39
3.2.	Diseño de telecomunicaciones utilizando Fibra Óptica.....	40
3.3.	Descripción del software de Diseño Óptico.	40
3.4.	Consideraciones al Diseñar una red de Acceso	41
3.5.	42	
3.6.	Diseño de la red FTTH	43
3.6.1.	Capacidades de la red FTTH	44
3.7.	Topología de la Red.....	45
3.8.	Medios de Transmisión.....	47
3.8.1.	Perfil de la Fibra Óptica a utilizarse.....	47
3.9.	Tecnología GPON seleccionada.....	48
3.9.1.	OLT	48
3.9.2.	ONT	49
3.10.	DISEÑO DE LA RED	51
3.10.1.	Red Feeder.....	51
3.10.2.	Despliegue general de la red de acceso	51
3.11.	Cálculo del presupuesto óptico	53
3.12.	Análisis de resultados simulados.....	54
3.13.	Cálculo de energía renovable.....	55
3.13.1.	Estudio de Carga y consumo	56
3.14.	Diseño de Central de Monitoreo y Alerta Temprana	61
3.14.1.	Centralización de Video.....	61
3.14.2.	Storage CVR NAS.....	63
3.14.3.	NVR	65
3.14.4.	Aplicación Centralizada y Gestión iVMS	66
4.	Capítulo Conclusiones y Recomendaciones	69
4.1.	Conclusiones.....	69
4.2.	Recomendaciones.....	69
	Bibliografía.....	71

INDICE DE FIGURA

Figura 2. 1: Evolución de la Fibra Óptica	10
Figura 2. 2: Diagrama de fibra multimodo de índice escalonado	11
Figura 2. 3: Diagrama de fibra multimodo de índice graduado	11
Figura 2. 4: <i>Trayectorias del rayo axial</i>	12
Figura 2. 5: <i>Modelos de fibra multimodo</i>	13
Figura 2. 6: <i>Diagrama de fibra monomodo</i>	15
Figura 2. 7: Diferencia monomodo OS Y OS2	16
Figura 2. 9: <i>Convertidor de medios de fibra óptica</i>	16
Figura 2. 10: <i>Convertidores de medios</i>	17
Figura 2. 14: Arquitectura de la red FTTH	19
Figura 2. 15: Red GPON	21
Figura 2. 16: <i>Fiber to The Home</i>	27
Figura 2. 17: <i>Diagrama del divisor óptico 1xN</i>	28
Figura 2. 19: Componentes de un sistema de Energía Fotovoltaico	31
Figura 2. 20: <i>Diagrama de un sistema On-Grid</i>	33
Figura 2. 21: Video Wall	34
Figura 2. 22: Imagen de Decores Hikvision	35
Figura 2. 23: Imagen de NVR Hikvision	36
Figura 2. 24: Cámara BULLET Hikvision	36
Figura 2. 25: Almacenamiento centralizado	38
Figura 3. 1: Central de Monitoreo	39
Figura 3. 2: OptiSystem 20.0	41
Figura 3. 3: Área a cubrir en el diseño	42
Figura 3. 4: Diseño de los Abonado	45
Figura 3. 5: Topología de Árbol	46

Figura 3. 6: 8 Port GPON OLT	49
Figura 3. 7: ONT FD511G-X-F690	51
Figura 3. 8: Red Feeder	51
Figura 3. 9: Diseño de la RED FTTH	52
Figura 3. 10 Diagrama de OLT & ONT	54
Figura 3. 11 Potencia Recibida en la ONT	54
Figura 3. 12 :Analizador de Diagrama de Ojo	55
Figura 3. 13: Osciloscopio.....	55
Figura 3. 14 Instalación en sitio	61
Figura 3. 15: Video Wall	62
Figura 3. 16: Configuración de Decoreds.....	63
Figura 3. 17: Vista General del Smart Wall	63
Figura 3. 18: CVR NAS.....	64
Figura 3. 19: Configuración de CVRNAS	64
Figura 3. 20: Configuración de NVR	65
Figura 3. 21 Aplicaciones del NVR.....	66
Figura 3. 22 iVMS	66
Figura 3. 23 Diseño del Sistema de Monitoreo CCTV y Alerta Temprana ...	68

INDICE DE TABLAS

Tablas 3. 1: Consumo del Sistema.....	57
Tablas 3. 2: Potencia del Inversor	57

RESUMEN

En la fase inicial de este proceso de diseño, se llevará a cabo una minuciosa revisión de la literatura relacionada con los sistemas de circuito cerrado de televisión (CCTV), las redes de acceso óptico FTTH (Fiber to the Home), la energía fotovoltaica ON-GRID y su aplicación en el contexto de la seguridad urbana. Esta revisión exhaustiva de la literatura es de vital importancia, ya que nos permitirá adentrarnos profundamente en los fundamentos y las mejores prácticas de estas áreas, estableciendo así una sólida base de conocimiento. Con base en los requisitos específicos identificados durante esta revisión, avanzaremos hacia el diseño detallado del sistema de CCTV y su centralización en un sistema de monitoreo y alerta temprana (iVMS).

Además, se llevará a cabo un análisis exhaustivo para determinar la ubicación óptima de las cámaras y sensores, considerando los puntos críticos y vulnerables de la zona urbana que se desea proteger. Simultáneamente, se realizará una planificación detallada de la infraestructura de red FTTH. Esto abarcará la identificación estratégica de puntos de acceso, la estimación precisa de la capacidad necesaria.

Por último, pero no menos importante, se abordará la integración de paneles solares fotovoltaicos ON-GRID. Esta integración se realizará con el propósito de aprovechar fuentes de energía renovable para alimentar el sistema de CCTV centralizado. Esto no solo reducirá los costos operativos a largo plazo, sino que también contribuirá significativamente a la sostenibilidad del sistema en su conjunto, asegurando su continuidad en caso de interrupciones en la red eléctrica convencional.

Palabras claves: Fibra Óptica, Monitoreo, Cctv, Alerta Temprana, Energía Renovable.

ABSTRACT

In the initial phase of this design process, a thorough review of the literature related to closed circuit television systems (CCTV), FTTH (Fiber to the Home) optical access networks, ON-GRID photovoltaics and their application in the context of urban security will be carried out. This comprehensive literature review is of vital importance, as it will allow us to delve deeply into the fundamentals and best practices in these areas, thus establishing a solid knowledge base. Based on the specific requirements identified during this review, we will move towards the detailed design of the CCTV system and its centralization into an early warning and monitoring system (iVMS).

In addition, an exhaustive analysis will be carried out to determine the optimal location of cameras and sensors, considering the critical and vulnerable points of the urban area to be protected. Simultaneously, a detailed planning of the FTTH network infrastructure will be carried out. This will include the strategic identification of access points, the precise estimation of the required capacity.

Last but not least, the integration of ON-GRID photovoltaic solar panels will be addressed. This integration will be done with the purpose of harnessing renewable energy sources to power the centralized CCTV system. This will not only reduce operating costs in the long term, but will also contribute significantly to the sustainability of the system as a whole, ensuring its continuity in case of interruptions in the conventional power grid.

Keywords: Fiber Optics, Monitoring, Cctv, Early Warning, Renewable Energy.

1. Capítulo

Descripción General del Trabajo de Titulación

1.1. Introducción.

El crimen es un problema generalizado en muchas sociedades, que presenta amenazas significativas para la seguridad pública y el bienestar general de las comunidades. Para abordar este complejo problema, varios países han puesto en marcha proyectos destinados a transformar sus ciudades en lugares más seguros, con el objetivo de reducir las tasas de delincuencia y garantizar la tranquilidad de sus ciudadanos.

Ecuador, como muchos otros países, ha enfrentado su parte de desafíos relacionados con el crimen. El país ha experimentado problemáticas como el hurto, el robo, el narcotráfico y la actividad delictiva organizada. Estas actividades delictivas no solo han puesto en peligro la seguridad pública, sino que también han obstaculizado el desarrollo social y económico. Reconociendo la gravedad de la situación, el gobierno ecuatoriano ha adoptado un enfoque proactivo para abordar el crimen y promover la creación de ciudades más seguras, estableciendo así los Fundamentos de Proyectos de Ciudades Seguras en Ecuador (Infante et al. 2022).

En los proyectos de Ciudades Seguras en Ecuador, se ha hecho un uso significativo de la tecnología con el objetivo principal de fortalecer la seguridad. Estas políticas han involucrado una extensa implementación de tecnologías de la información y la comunicación para llevar a cabo una supervisión y monitoreo eficaz de los espacios públicos. Además, el uso de técnicas de análisis de datos y mapeo de la delincuencia también ha ayudado a identificar los puntos conflictivos y los patrones delictivos. Esto ha habilitado a las fuerzas de seguridad para asignar recursos de manera eficiente y ejecutar intervenciones específicas con el objetivo de abordar de manera más efectiva los desafíos de seguridad en las comunidades (Espinoza et al. 2018).

Las redes de cámaras, equipadas con sistemas de análisis de video de supervisión pasivo que detecta amenazas potenciales y genera alertas, tienen la capacidad de realizar un monitoreo constante de los espacios públicos, detectando

tanto incidentes delictivos como accidentes. Estas cámaras poseen funciones tales como la detección de disparos, el análisis de la dinámica de multitudes y el reconocimiento de matrículas, proporcionando información detallada y procesable que puede ser utilizada para tomar medidas efectivas y oportunas en respuesta a situaciones críticas (Garcés et al. 2020).

Los centros de respuesta de emergencia centralizados desempeñan un papel fundamental al proporcionar una visión integral de la situación, lo que facilita la coordinación efectiva de unidades policiales, médicas y de bomberos en situaciones de crisis.

El gobierno ha incrementado sus esfuerzos para brindar mejor capacitación, recursos y tecnología a la fuerza policial para mejorar su capacidad en la prevención y respuesta al delito. Esto incluye equipar a los agentes con herramientas modernas como cámaras de vigilancia, sistemas de comunicación y equipo forense para mejorar su eficacia en la lucha contra el crimen.

En este contexto, El avance de las tecnologías de inteligencia artificial está revolucionando la seguridad urbana, ofreciendo mejoras en la eficiencia nunca antes vistas, la integración de algoritmos de aprendizaje profundo en dispositivos de detección en ubicaciones periféricas y en potentes sistemas de computación en la nube. Esto genera datos precisos que respaldan diversas aplicaciones de seguridad. La implementación exitosa de una solución urbana segura y eficiente requiere un sistema centralizado inteligente y en tiempo real, con una amplia variedad de componentes que van desde sistemas de almacenamiento de video robustos hasta grandes pantallas de alta resolución, transmisiones de datos de alto rendimiento y centros de procesamiento de datos avanzados. Además, se proporciona un sistema de aplicaciones completo que aprovecha las capacidades de procesamiento y análisis de datos para diversas aplicaciones.

1.2. Antecedentes.

La implementación de proyectos de ciudades seguras que emplean tecnología para el monitoreo y alerta temprana ha demostrado ser altamente efectiva en la reducción significativa de los índices de criminalidad. La utilización de cámaras de

vigilancia, sensores y análisis de datos ha agilizado la respuesta a incidentes y ha mejorado la eficiencia en los esfuerzos de prevención del delito.

Estos sistemas se componen de cámaras de circuito cerrado de televisión (CCTV) estratégicamente ubicadas en toda la ciudad, con el propósito de vigilar espacios públicos, calles y áreas con una incidencia delictiva elevada. Por ejemplo, ciudades de renombre mundial como Londres y Nueva York han desplegado extensas redes de vigilancia, lo que ha conducido a una mayor efectividad en la prevención y detección de actividades delictivas (Rezabala & Chancay, 2023).

El avance tecnológico en diversos sectores, la creciente globalización, la integración social y la omnipresencia de las tecnologías de la información y la comunicación demandan que el ámbito de las telecomunicaciones en Ecuador se adapte de manera efectiva a estos cambios y a su influencia en nuestro entorno. Para lograr esta adaptación, es esencial que se establezcan políticas transparentes y se desarrollen planes y proyectos concretos (Aldali, 2020)

Estos esfuerzos deben orientarse hacia el fortalecimiento de los sectores ya establecidos en el campo de las telecomunicaciones, así como hacia la expansión de estos servicios a áreas previamente marginadas. El objetivo final es mejorar la calidad de vida de todos y asegurar un desarrollo equilibrado y armonioso de la sociedad en su conjunto (Aldali, 2020)

Para la creación de ciudades seguras conlleva el uso de aplicaciones de tecnología de monitoreo y alerta temprana, que desempeñan un papel crucial en la prevención del crimen y en el resguardo de la seguridad. No obstante, es fundamental reconocer que la implementación de estas soluciones tecnológicas puede enfrentar ciertos desafíos y obstáculos.

1.3. Definición del Problema.

Uno de los desafíos tecnológicos cruciales en el desarrollo de ciudades seguras reside en la necesidad de contar con una infraestructura sólida y altamente confiable que respalde la implementación efectiva de sistemas de monitoreo y alerta temprana. Esta infraestructura, que constituye el nervio central de la seguridad urbana, engloba una serie de componentes esenciales, que van desde la instalación de cámaras de

vigilancia estratégicamente ubicadas hasta la implementación de sensores de diversa índole y la construcción de robustas redes de comunicación. En ocasiones, la infraestructura existente puede no estar a la altura de las demandas tecnológicas de la seguridad moderna o puede requerir actualizaciones sustanciales para adaptarse de manera efectiva a estas necesidades.

Este escenario se refleja en la Urbanización Puerto Azul de la ciudad de Guayaquil. Actualmente, el sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV) en esta área está compuesto por 55 cámaras, cada una equipada con sus respectivos elementos de comunicación, baterías y paneles solares. Es importante destacar que al momento de realizar este estudio las cámaras establecen comunicación a través de conexiones de radio con antenas ubicadas en cada una de ellas y direccionadas un punto central.

1.4. Justificación del Problema.

La seguridad pública y la protección de activos representan asuntos cruciales en la sociedad actual. La creciente complejidad de las amenazas, que van desde delitos comunes hasta desastres naturales y emergencias de salud pública, demanda soluciones de monitoreo y alerta temprana de mayor eficacia. En este contexto, la convergencia de tecnologías desempeña un papel fundamental en la mejora de la eficiencia y efectividad de las soluciones de seguridad.

La integración de la red de acceso óptico y la energía fotovoltaica en un sistema CCTV representa un enfoque innovador que aprovecha la combinación de tecnologías diversas para establecer una infraestructura de seguridad sólida y sostenible. En particular, la fibra óptica se destaca por su capacidad para transmitir datos a altas velocidades, lo que la convierte en un medio altamente eficiente para el transporte de grandes volúmenes de información. Esta característica resulta esencial en sistemas de monitoreo y alerta temprana, donde la obtención de datos en tiempo real es crítica tanto para la detección de posibles amenazas como para habilitar respuestas rápidas ante incidentes.

El enfoque central de esta investigación se centra en el diseño de un sistema de monitoreo CCTV y alerta temprana en una red de acceso FTTH respaldada por

energía fotovoltaica, que se efectuara en la Urbanización Puerto Azul en la ciudad de Guayaquil. El propósito principal de este proyecto es lograr una mejora significativa con respecto al sistema de videovigilancia actualmente en funcionamiento. El sistema de monitoreo propuesto posee un gran potencial para elevar notablemente los niveles de seguridad y la capacidad de automatizar respuestas en diversas situaciones.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Este proyecto consiste en realizar un diseño de un sistema CCTV de monitoreo y alerta temprana que se integre de manera eficaz en una red de acceso óptico FTTH, respaldado por una solución de energía fotovoltaica ON-GRID. Este sistema tiene como objetivo central mejorar de manera significativa tanto la seguridad como la capacidad de respuesta ante una variedad de situaciones que puedan surgir en la infraestructura de la Urbanización Puerto Azul, ubicada en la ciudad de Guayaquil. La meta es introducir una solución tecnológica avanzada y sostenible que no solo fortalezca la vigilancia, sino que también permita la detección temprana de posibles amenazas.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Diseñar un sistema de monitoreo por CCTV y alertas que pueda integrarse en la red de acceso óptico FTTH
- Definir un sistema capaz de emitir alertas tempranas sobre posibles amenazas a la seguridad (como iVMS) que permita a los operadores supervisar y administrar eficazmente el sistema de seguridad.
- Evaluar los datos obtenidos en el OptiSystem.

1.6. Hipótesis.

La seguridad en las ciudades modernas se ha convertido en una preocupación primordial en un mundo donde las amenazas pueden surgir en diversas formas, desde delitos comunes hasta desastres naturales o crisis de salud pública. En este argumento, la convergencia de tecnologías emergentes ofrece oportunidades para abordar estos desafíos de manera más eficientemente. El presente proyecto de investigación se centra en un enfoque que busca mejorar la seguridad urbana

mediante la integración de un sistema de monitoreo CCTV y alerta temprana en una red de acceso óptico FTTH, respaldado por energía fotovoltaica ON-GRID.

La hipótesis principal de esta investigación es la convergencia tecnológica tiene el potencial de transformar la seguridad en áreas urbanas, específicamente en la Urbanización Puerto Azul de la ciudad de Guayaquil. Se sostiene que, al combinar estas tecnologías, se logrará una mejora significativa en varios aspectos clave de la seguridad y la resiliencia urbana. Uno de los aspectos fundamentales que se espera mejorar es la capacidad de detección de amenazas. Con el diseño de un sistema de monitoreo CCTV que permita una vigilancia constante y un monitoreo en tiempo real de áreas críticas, lo que facilita la detección temprana de situaciones sospechosas o potencialmente peligrosas. Esta capacidad de alerta temprana es esencial para prevenir incidentes y tomar medidas preventivas de manera oportuna.

Además, al contar con una red de acceso óptico FTTH, la transmisión de datos será rápida y confiable, lo que permitirá una comunicación eficiente entre las cámaras de CCTV y el centro de monitoreo. Esto, a su vez, facilitará una respuesta coordinada y ágil ante cualquier amenaza o emergencia. La sostenibilidad es otro aspecto importante de esta investigación, con la integración de energía fotovoltaica ON-GRID en el sistema no solo proporcionará una fuente de energía más limpia y confiable, sino que también puede contribuir a la reducción de costos a largo plazo, lo que es esencial para la sostenibilidad económica del sistema.

1.7. Metodología de Investigación.

Esta Investigación se realizó basándose en un diseño bibliográfico de tipo documental. El trabajo se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase, donde se efectúa un proceso de abstracción científica, generalizando sobre la base de lo fundamental, partiendo de forma ordenada y con objetivos precisos, de acuerdo con ciertos procedimientos que garanticen confiabilidad y objetividad en la presentación de los resultados.

En la etapa inicial, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con sistemas CCTV, redes de acceso óptico FTTH, energía fotovoltaica ON-GRID, y su aplicación en seguridad urbana. Con base en los requisitos

identificados, se procederá al diseño del sistema CCTV. Esto implicará la selección de hardware y software adecuados, la determinación de la ubicación óptima de cámaras y sensores, la planificación de la infraestructura de red FTTH y la integración de paneles solares fotovoltaicos ON-GRID.

Esta metodología proporciona un marco sólido para llevar a cabo una investigación integral y práctica sobre el diseño de un sistema CCTV de monitoreo y alerta temprana en una red FTTH con integración de energía fotovoltaica ON-GRID, con el objetivo de mejorar la seguridad y la resiliencia urbana en la Urbanización Puerto Azul de Guayaquil.

2. Capítulo

Fundamentación Teórica

2.1. Historia y desarrollo de la fibra óptica.

La historia y el desarrollo de la fibra óptica han transitado por diversas etapas de investigación y evolución. Ya en 1960, con la invención del láser, momento en el que se comenzaron a vislumbrar las aplicaciones potenciales de las fibras ópticas en las comunicaciones. Sin embargo, no fue sino hasta 1966 que se presentaron ante la Institución de Ingenieros Eléctricos de Londres los primeros resultados exitosos de la transmisión de luz a través de fibras ópticas (Chan, 2020).

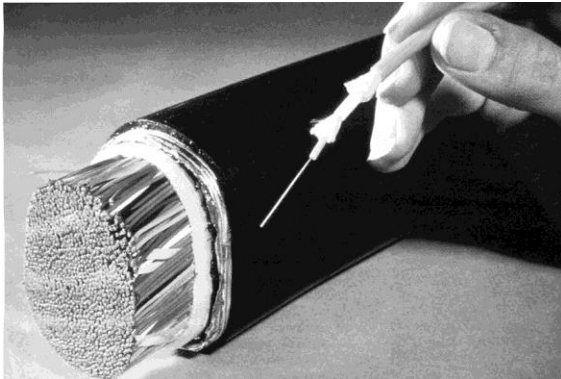
A lo largo de los años, se han realizado innumerables pruebas y experimentos para perfeccionar la tecnología de la fibra óptica. Un hito importante ocurrió en 1970 cuando se logró estirar un kilómetro de fibra óptica sin que esta se rompiera como se muestra en la figura 2.1, marcando un avance significativo en su desarrollo. Desde entonces, se han logrado avances considerables en la fabricación de fibras ópticas, mejorando su capacidad de transmisión y reduciendo las pérdidas de señal (Conway, 2019).

En la actualidad, la fibra óptica se utiliza ampliamente en las telecomunicaciones debido a sus numerosas ventajas. Como medio de transmisión de luz, la fibra óptica ofrece una mayor capacidad de transmisión de datos, una menor atenuación de la señal y una mayor inmunidad a las interferencias electromagnéticas en comparación con otros medios de comunicación. Además, la fibra óptica es más ligera y delgada, lo que facilita su instalación y permite una mayor flexibilidad en el diseño de redes de comunicación (Aldali, 2020).

Continuará desempeñando un papel fundamental en el avance de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial y las redes de alta velocidad. Además de su relevancia en las telecomunicaciones, la fibra óptica encuentra aplicaciones vitales en campos tan diversos como la medicina, la industria y la investigación científica, donde la transmisión de datos rápida y fiable es esencial. A pesar de los desafíos y obstáculos que ha enfrentado a lo largo de su evolución, la

fibra óptica ha demostrado ser una tecnología innovadora y esencial en el ámbito de las comunicaciones. Su capacidad para transmitir datos a velocidades excepcionales, su resistencia a las interferencias electromagnéticas y su uso en una variedad de campos demuestran su versatilidad y su importancia continua en la era digital en constante evolución (Ulloa et al., 2021).

Figura 2. 1: Evolución de la Fibra Óptica



Fuente: Foa (2020).

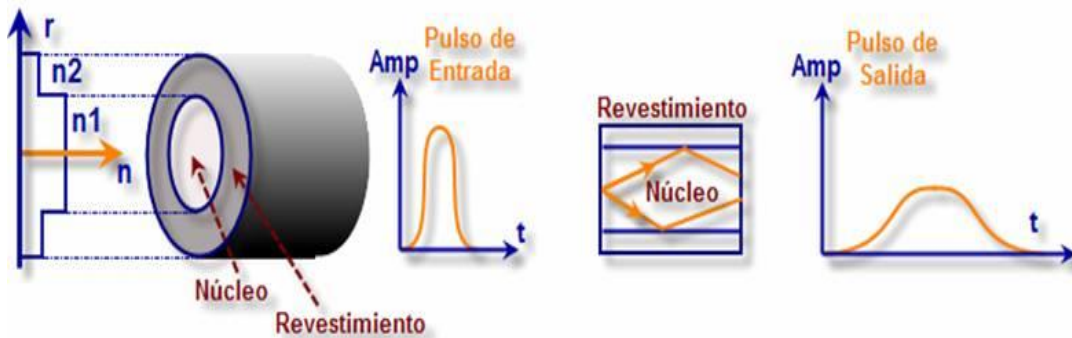
2.2. Fibras Multimodo.

Las fibras multimodo son fibras ópticas que transportan múltiples haces de luz o modos simultáneamente a través del núcleo de la fibra. Es ampliamente utilizado en enlaces de comunicación de corta distancia y redes de área local (Paz et al. 2019).

La fibra multimodo tiene un diámetro de núcleo más grande en comparación con la fibra monomodo. Los tamaños de núcleo típicos oscilan entre 50 y 100 μm . El núcleo más grande permite que múltiples modos de luz se propaguen a través del núcleo al mismo tiempo. Las dos subcategorías principales son fibra multimodo de índice escalonado y de índice graduado (Paz et al. 2019).

En la fibra multimodo de índice escalonado, como se ilustra en la Figura 2.2, el núcleo de la fibra tiene un índice de refracción uniforme, mientras que el revestimiento que rodea el núcleo tiene un índice de refracción ligeramente más bajo. Este cambio abrupto en el índice de refracción en la interfaz entre el núcleo y el revestimiento provoca que los diferentes modos de luz viajen a diferentes velocidades dentro de la fibra. Este fenómeno resulta en lo que se conoce como dispersión modal (Villacís & Guamán, 2023).

Figura 2. 2: Diagrama de fibra multimodo de índice escalonado



Fuente: Ikastaroak (2018).

En la fibra multimodo de índice gradual como se muestra en la Figura 2.3, el índice de refracción disminuye gradualmente desde el centro del núcleo hacia el exterior. Los modos de orden inferior viajan más rápido en el centro en comparación con los modos de orden superior que viajan en el núcleo externo. Esto reduce significativamente la dispersión modal (Villacís & Guamán, 2023).

Figura 2. 3: Diagrama de fibra multimodo de índice graduado



Fuente: Ikastaroak (2018).

La fibra multimodo es adecuada para enlaces de corta distancia de hasta unos pocos kilómetros y aplicaciones de red donde se requiere un gran ancho de banda en distancias más cortas. Proporciona conectividad de menor costo en comparación con la fibra monomodo. Sin embargo, la dispersión modal limita la longitud máxima y el producto ancho de banda-distancia que se puede lograr (Nonaka et al. 2020).

Debido a que los dos rayos viajan a la misma velocidad a través del núcleo de la fibra a índice de refracción constante, la diferencia de retardo está directamente relacionada con la longitud de sus respectivos caminos a través de la fibra. Por

consiguiente, el tiempo que tarda el rayo axial en atravesar una fibra de longitud L da el retardo mínimo T_{Min} (Pardo & Santos, 2020). Así:

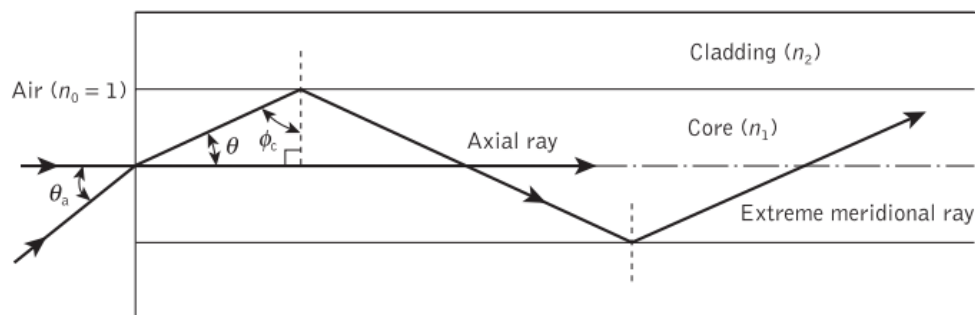
$$T_{Min} = Distancia / Velocidad = L / (c / n_1) = Ln_1 / c$$

Donde n_1 es el índice de refracción del núcleo y c es la velocidad de la luz en el vacío. El haz más meridional tiene el tiempo de retardo máximo T_{Max} donde:

$$T_{Max} = (L / \cos \phi) / (c / n_1) = Ln_1 / (c \cdot \cos \phi)$$

En la siguiente Figura 2.4, se muestra las trayectorias del rayo axial y de un rayo meridional extremo en una fibra multimodo perfecta de índice escalonado

Figura 2. 4: Trayectorias del rayo axial



Fuente: Senior (2009).

2.2.1. Fibras Multimodo.

Las fibras multimodo como OM1, OM2, OM3, OM4 y OM5 son diferentes tipos de fibras ópticas como se muestra en la figura 2.5. Cada tipo de fibra multimodo tiene características diferentes que les permiten cumplir con diferentes requisitos de transmisión en términos de distancia y velocidad (Dantas, 2022).

- **Fibra OM1:** Se considera la fibra multimodo de primera generación. Su núcleo tiene un diámetro de 62,5 μm y un ancho de banda de 200 MHz-km. OM1 es adecuado para distancias cortas de hasta 2000 metros debido a su ancho de banda relativamente pequeño. A menudo se utiliza en aplicaciones de red de área local (LAN) y sistemas de seguridad.
- **Fibra OM2:** Es la segunda generación de fibra multimodo. Al igual que OM1, tiene un diámetro de núcleo de 62,5 μm , pero con un ancho de banda mejorado de 500 MHz-km. Por lo tanto, es más adecuado para hasta 2000 m.

OM2 se utiliza en aplicaciones similares a OM1, como redes locales y sistemas de seguridad.

- **Fibra OM3:** Se considera una fibra multimodo de tercera generación. Su núcleo tiene un diámetro de 50 μm y un ancho de banda de 2000 MHz-km. Una característica especial del OM3 es su capacidad para admitir transmisión Ethernet de 10 gigabits, lo que lo hace adecuado para distancias de hasta 3000 m. Se utiliza en LAN de alta velocidad y aplicaciones de centros de datos.
- **Fibra OM4:** Es una fibra multimodo de cuarta generación. Al igual que el OM3, tiene un diámetro de núcleo de 50 μm . Sin embargo, OM4 ofrece un mayor ancho de banda, alcanzando los 4700 MHz-km. Por tanto, es apto para distancias de hasta 4000 m y es compatible con tecnologías de transmisión de alta velocidad como 40 y 100 Gigabit Ethernet. OM4 se utiliza en aplicaciones de centros de datos y transmisión de larga distancia.
- **Fibra OM5:** La quinta generación de fibra multimodo. Al igual que el OM3 y el OM4, este núcleo tiene un diámetro de 50 μm . Sin embargo, la característica principal de OM5 es su capacidad de transmitir en múltiples longitudes de onda, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de transmisión de alta velocidad como 100 Gigabit Ethernet. La fibra OM5 se utiliza en entornos donde se requiere una mayor capacidad de transmisión y flexibilidad de red (Dantas, 2022).

Figura 2. 5: Modelos de fibra multimodo



Fuente: Fibrastore (2022).

2.2.2. Diferencias físicas

De acuerdo con Bhaumik y McGrath (2023), estas diferencias son:

Fibra OM1:

- Utiliza un diámetro de núcleo de 62,5 μm con un ancho de banda de 200 MHz*km a 850 nm.
- Admite velocidades de hasta 1 Gbps en distancias cortas.
- Sufre de alta dispersión modal debido al gran núcleo.

Fibra OM2:

- Utiliza un núcleo de 50 μm con un ancho de banda de 500 MHz*km a 850 nm.
- Habilita enlaces de 10 Gbps a más de 300 metros.
- Ancho de banda modal mejorado en comparación con OM1.

Fibra OM3:

- Utiliza un núcleo de 50 μm con un ancho de banda de 2000 MHz*km a 850 nm.
- Admite enlaces de 10 Gbps hasta 300 m y 100 Gbps hasta 100 m.
- Optimizado para cable plano optimizado por láser (LOMMF).

Fibra OM4:

- Diseño de núcleo mejorado aún más con un ancho de banda de 3500 MHz*km a 850 nm.
- Admite enlaces de 100 Gbps hasta al menos 150 m.
- Se utiliza para enlaces de 40 y 100 Gigabit Ethernet de hasta 400 m.

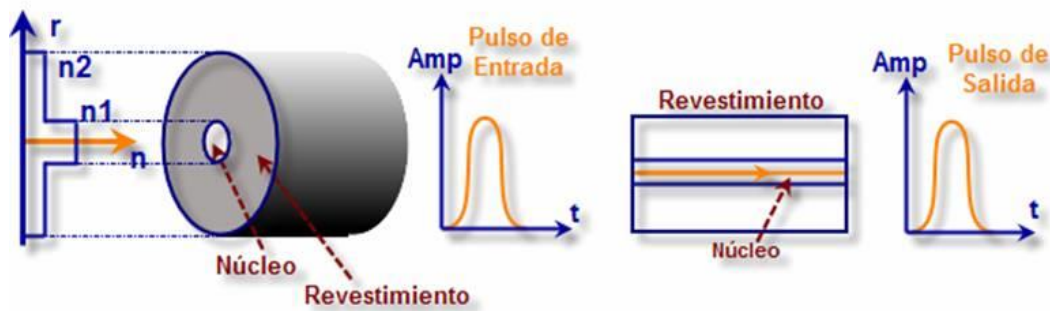
Fibra OM5:

- Última generación con 4700 MHz*km de ancho de banda a 850nm
- Amplía el alcance de los enlaces de 100 Gbps hasta 200 m.
- Admite nuevos estándares Ethernet de 200 y 400 Gbps.

2.3. Fibras Monomodo

La fibra monomodo es una fibra óptica diseñada para transportar un solo modo de luz a través del núcleo de la fibra. Se utiliza para redes de telecomunicaciones de larga distancia y transmisión de datos de alta velocidad, como se muestra en la figura 2.6 (Villacís & Guamán, 2023).

Figura 2. 6: Diagrama de fibra monomodo



Fuente: Ikastaroak (2018).

El diámetro del núcleo de la fibra monomodo es mucho más pequeño que el de la fibra multimodo, normalmente alrededor de 8 a 10 μm . Este tamaño de núcleo más pequeño ayuda a minimizar la dispersión y a mantener la integridad de la señal en distancias más largas (Villacís & Guamán, 2023).

La fibra monomodo exhibe una dispersión modal insignificante ya que solo hay un modo que viaja a través del núcleo. Sin embargo, está presente la dispersión cromática debida a diferentes longitudes de onda que viajan a diferentes velocidades. Puede admitir velocidades de datos más altas y puede transmitir señales a distancias mucho mayores sin una degradación significativa de la señal. Debido tamaño del núcleo dificulta el acoplamiento de la luz y requiere el uso de fuentes láser en lugar de LED (Villacís & Guamán, 2023).

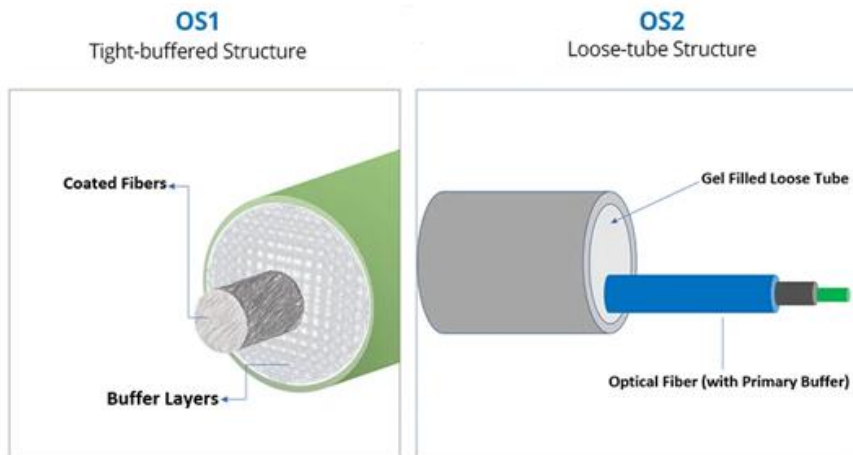
2.3.1. Fibras Monomodo (OS1 y OS2)

Las fibras OS1 y OS2 se utilizan ampliamente en telecomunicaciones de larga distancia. También se utilizan en redes de área local (LAN) y redes de área amplia (WAN) para conectar edificios o ubicaciones remotas. Estas son dos especificaciones diferentes para fibra monomodo. OS1 es el estándar para uso en interiores, mientras que OS2 está diseñado para uso en exteriores y soporta entornos más duros (Chan, 2020).

Las fibras monomodo OS1 y OS2 cumplen las normas internacionales de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Estas normas garantizan la calidad y el rendimiento de las fibras ópticas utilizadas en las redes de telecomunicaciones

(Nieto & Carriel, 2022), En la figura 2.7 muestra las diferencias físicas entre la fibra monomodo OS1 y OS2.

Figura 2. 7: Diferencia monomodo OS Y OS2



Fuente: Batal (2023).

2.4. Convertidor de medios de Fibra Óptica

Un convertidor de medios de fibra óptica permite ampliar el alcance y las capacidades de una red al permitir la transmisión de datos a través de distancias más largas y a velocidades más altas. El funcionamiento principal de un convertidor de medios de fibra óptica implica la conversión de señales eléctricas en señales ópticas y viceversa. Cuando se recibe una señal eléctrica de un dispositivo de red basado en cobre el convertidor de medios la convierte en una señal óptica mediante un módulo transmisor como se especifica en la figura 2.9.

Los conversores de medios pueden aprovechar los numerosos beneficios que ofrece la tecnología de fibra óptica, incluida la gran capacidad de ancho de banda, la baja atenuación y la inmunidad a las interferencias electromagnéticas (Llanos & Zapata, 2019).

Figura 2. 8: Convertidor de medios de fibra óptica

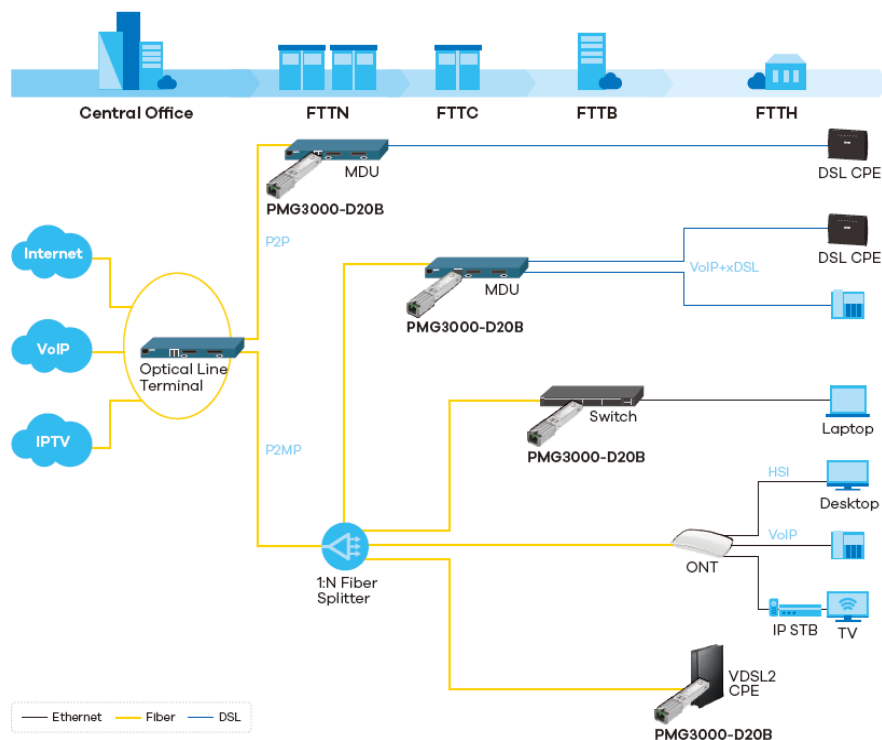


Fuente: Community FS (2018).

2.4.1. Tipos de convertidores de medio de fibra óptica

Cuando se trata de convertidores de medios de fibra óptica, hay varios tipos disponibles en el mercado. Estos tipos difieren según sus funcionalidades, las interfaces de red admitidas y el modo de fibra óptica utilizado, como se demuestra en la figura 2.10.

Figura 2. 9: *Convertidores de medios*



Fuente: Cablecel (2018).

- **Convertidores óptico-eléctrico-óptico (OEO):** son dispositivos que convierten señales ópticas en señales eléctricas y viceversa. Estos dispositivos son esenciales en las redes de fibra óptica, ya que permiten la conexión de dispositivos que utilizan diferentes tipos de medios de transmisión. Permiten regenerar, amplificar y re-temporizar las señales ópticas después de propagarse a largas distancias (Kaminow et al. 2021).
- **Convertidores óptico-óptico (OOO):** son dispositivos que convierten señales ópticas en otras señales ópticas con diferentes características. Estos dispositivos son esenciales en las redes de fibra óptica, ya que permiten la conversión de señales ópticas en diferentes longitudes de onda, formatos de modulación y velocidades de transmisión. Mantienen la señal completamente

en el dominio óptico utilizando efectos no lineales en materiales especiales para realizar funciones todo-óptica sin conversión O/E/O (Ter, 2019).

2.5. Arquitectura de red FTTH

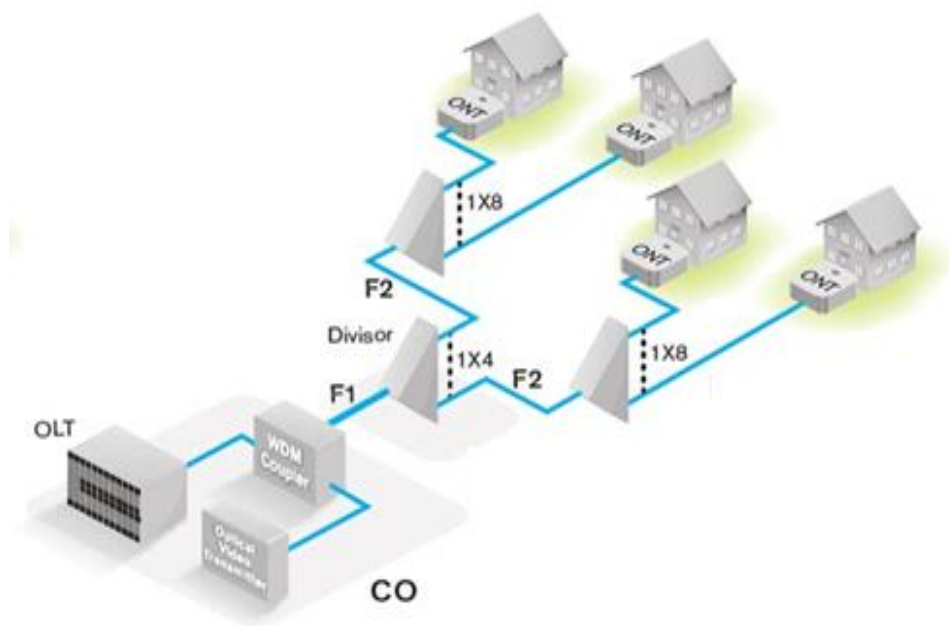
La arquitectura FTTH se basa en la idea de llevar la fibra óptica directamente al hogar del usuario, eliminando la necesidad de segmentos de cobre o coaxial en la última milla de la red. Existen algunas diferencias con algunas arquitecturas variantes de FTTH entre las cuales se incluye "fiber to the curb" (FTTC), "fiber to the building" (FTTB), como se muestra en la figura 2.14 donde se muestra una arquitectura FTTH. Cada variante define dónde se encuentra la terminación de la fibra óptica y cómo se realiza la conexión final al usuario, permitiendo la máxima velocidad y rendimiento (León & Martínez, 2021).

La arquitectura FTTH ofrece una serie de beneficios significativos en comparación con las tecnologías tradicionales. En primer lugar, la fibra óptica proporciona velocidades de transmisión mucho más altas que el cableado de cobre, lo que permite una experiencia de usuario fluida en aplicaciones de alta demanda, como video en alta definición y juegos en línea, etcétera. En segundo lugar, FTTH ofrece una mayor capacidad de ancho de banda, lo que permite el crecimiento futuro de la demanda de datos. Además, la fibra es inmune a interferencias electromagnéticas y es más segura en términos de transporte de datos (Faulkner & Baddour, 2019).

Las redes FTTH suelen estar conformadas por tres componentes principales:

- La línea de transmisión óptica (OLT), que se encuentra en la central telefónica o en el centro de datos.
- La red de distribución óptica (ODN), que se extiende desde la OLT hasta el punto de acceso de la red.
- La unidad de terminación de red óptica (ONT), que se encuentra en el hogar o negocio del usuario final.

Figura 2. 10: Arquitectura de la red FTTH



Fuente: Rodríguez (2013)

2.6. Topología de Árbol en Redes Ópticas Pasivas

Esta estructura punto a multipunto permite un alto grado de compartición del ancho de banda. A diferencia de las redes punto a punto, donde cada usuario final tiene una conexión dedicada a la OLT, en la topología de árbol, múltiples usuarios comparten la misma fibra óptica entre el splitters y la OLT. Esta compartición de recursos de red es eficiente y ahorra costos de despliegue (Chanclou et al. 2017).

2.6.1. Ventajas de la Topología de Árbol en PON

Según Xiao y Yu (2013) la topología de árbol en las redes PON ofrece una serie de ventajas significativas:

- **Eficiencia en el uso de la fibra:** La compartición de la fibra óptica entre múltiples usuarios finales reduce la necesidad de desplegar fibras dedicadas para cada usuario, lo que disminuye los costos.
- **Escalabilidad:** Es fácil agregar nuevos usuarios finales a la red simplemente conectando más ONUs al splitter existente.
- **Ahorro de energía:** Las redes PON tienden a tener un menor consumo de energía en comparación con otras tecnologías de acceso, lo que las hace más sostenibles.
- **Facilidad de mantenimiento:** La estructura jerárquica simplifica el mantenimiento y la identificación de problemas en la red.

La topología de árbol en las redes PON ha desempeñado un papel fundamental en la expansión de la conectividad moderna. Estas redes son ampliamente utilizadas por proveedores de servicios de telecomunicaciones para brindar acceso a Internet de alta velocidad, servicios de televisión y telefonía

2.7. Red GPON, avance histórico

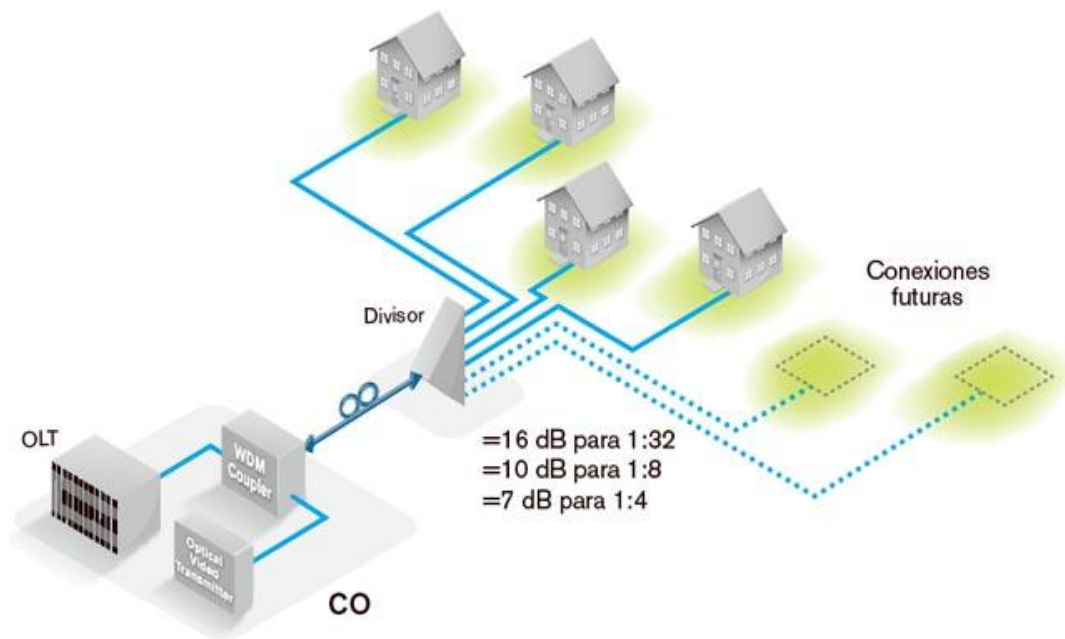
La evolución histórica de las redes GPON (Gigabit Passive Optical Network) ha sido testigo de importantes avances y desarrollos a lo largo de los años. La tecnología GPON ha revolucionado la industria de las telecomunicaciones al brindar acceso a Internet de alta velocidad y capacidades eficientes de transmisión de datos. Las redes GPON han evolucionado a través de varias etapas, cada una de las cuales contribuye a mejorar el rendimiento y aumentar el ancho de banda (Loayza et al. 2020).

El desarrollo de la tecnología GPON marcó un hito significativo en la evolución de las redes PON. GPON, también conocido como ITU-T G.984, introdujo mejoras sustanciales en términos de ancho de banda y eficiencia. Las redes GPON ofrecen velocidades descendentes de hasta 2,5 Gbps y velocidades ascendentes de hasta 1,25 Gbps, lo que las hace ideales para aplicaciones de gran ancho de banda, como transmisión de video y computación en la nube (Alcoser et al. 2023).

Para satisfacer la creciente demanda de mayor ancho de banda, se introdujo XG-PON (10 Gigabit PON) como una mejora de las redes GPON. XG-PON proporciona velocidades descendentes de hasta 10 Gbps y velocidades ascendentes de hasta 2,5 Gbps, como se muestra en la figura 2.15, lo que permite una transmisión de datos más rápida y admite servicios de uso intensivo de ancho de banda (Alcoser et al. 2023).

La evolución de las redes GPON continuó con la introducción de tecnologías PON de próxima generación (NG-PON). NG-PON abarca varios estándares, incluido NG-PON2, que ofrece mejoras significativas en términos de velocidad y capacidad. NG-PON2 admite múltiples longitudes de onda, lo que permite velocidades de datos más altas y una mayor flexibilidad en la implementación de la red (Pintos, 2022).

Figura 2. 11: Red GPON



Fuente: Rodríguez (2013).

2.8. Estándares de las Redes Ópticas

Los estándares de fibra óptica definen las especificaciones y los protocolos que rigen el diseño, la implementación y el funcionamiento de las redes de fibra óptica. Estos estándares aseguran la interoperabilidad y la compatibilidad entre los diferentes componentes y equipos de la red (Pintos, 2022).

Uno de los primeros estándares de fibra óptica fue el estándar ITU-T G.652, que se publicó en 1984. Este estándar definió las características de la fibra óptica monomodo, incluido el tamaño del núcleo, el perfil del índice de refracción y las propiedades de atenuación (Pintos, 2022).

La fibra G.652 se convirtió en la base de las redes de telecomunicaciones de larga distancia, lo que permitió la transmisión de datos de alta capacidad a grandes distancias. A medida que avanzaba la tecnología, la necesidad de velocidades de datos más altas y una mayor capacidad de ancho de banda llevó al desarrollo de nuevos estándares de fibra óptica (Pintos, 2022).

A fines de la década de 1990, el estándar ITU-T G.983 introdujo el concepto de redes ópticas pasivas (PON). Los PON son una solución rentable para brindar

servicios de datos, voz y video de alta velocidad a múltiples usuarios a través de una infraestructura de fibra óptica compartida. La primera generación de estándares PON, conocida como BPON (Broadband PON), se desarrolló a principios de la década de 2000 (Rábano, 2022).

BPON utilizó multiplexación por división de tiempo (TDM) para asignar ancho de banda entre los usuarios, con velocidades de datos descendentes de hasta 622 Mbps y velocidades ascendentes de hasta 155 Mbps. Sin embargo, BPON tenía limitaciones en términos de escalabilidad y capacidad. Para superar las limitaciones de BPON, el ITU-T desarrolló el estándar Gigabit PON (GPON), también conocido como G.984 (Rábano, 2022).

GPON fue ratificado en 2003 y marcó un hito importante en la evolución de las redes de fibra óptica. GPON introdujo varias mejoras sobre BPON, incluidas velocidades de datos más altas, mayores relaciones de división y funciones de seguridad mejoradas. GPON opera utilizando una técnica de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), donde se asignan diferentes longitudes de onda para la transmisión de datos descendente y ascendente. Esto permite velocidades de datos simétricas de hasta 2,5 Gbps de bajada y 1,25 Gbps de subida. GPON también admite proporciones de división más grandes, lo que permite a los proveedores de servicios conectar más usuarios a un solo terminal de línea óptica (OLT) (Pardo & Santos, 2020).

2.8.1. Tipos de Estándares en las Redes Ópticas

- **ISO/IEC 11801:** Norma internacional para sistemas de cableado genérico, incluido el cableado de fibra óptica. Define tipos de cables, distancias, arquitecturas, etc.
- **ANSI/TIA-568:** Estándares para la topología e instalación de cableado de fibra óptica en edificios comerciales. Define códigos de colores, conectores.
- **IEEE 802.3:** Estándares Ethernet para LAN y MAN de fibra óptica. Define protocolos de hasta 400 Gbps de velocidad.
- **ITU-T G.652:** Estándar para atributos y métodos de prueba de fibra óptica monomodo.

- **ITU-T G.654:** Estándar para fibra óptica monomodo con corte desplazado.
- **ITU-T G.655:** Estándar para fibra monomodo desplazada de dispersión distinta de cero para DWDM.
- **ITU-T G.657:** Estándar para fibras ópticas monomodo insensibles a la flexión.
- **ITU-T G.671:** Estándares de trama y multiplexación para canales ópticos de hasta 100 Gbps.
- **ITU-T G.989:** Estándares para redes de acceso óptico de próxima generación como XG-PON y NG-PON2.
- **IEC 60793-2-50:** Especificaciones internacionales para tipos de fibra, geometrías, atributos de transmisión y pruebas.
- **IEC 61753:** Normas para dispositivos de interconexión de fibra óptica, componentes pasivos y subsistemas.
- **IEC 61754:** Especificaciones para interfaces ópticas, inserciones y formatos mecánicos de conectores de fibra óptica.
- **Telcordia GR-326:** Especificaciones de confiabilidad y calidad para componentes de cableado de fibra óptica.
- **IA/EIA-568:** Este es un conjunto de estándares desarrollado por la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA) y la Alianza de Industrias Electrónicas (EIA) para sistemas de cableado estructurado. Incluye especificaciones para cableado de fibra óptica, conectores y prácticas de instalación.
- **MIL-STD-2042:** Este es un estándar militar que cubre los cables y conectores de fibra óptica utilizados en aplicaciones militares. Especifica los requisitos de rendimiento, confiabilidad y condiciones ambientales que deben cumplir los componentes de fibra óptica.
- **ANSI/TIA-568-C:** Este es un conjunto de estándares desarrollado por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) y TIA para sistemas de cableado de edificios comerciales. Incluye especificaciones para cableado de fibra óptica, conectores y procedimientos de prueba.

2.9. Elementos de una red GPON

Una red GPON consta de varios elementos esenciales que trabajan en conjunto para proporcionar una conectividad de alta velocidad a los usuarios finales. Estos

elementos incluyen el OLT (Optical Line Terminal), el ONU (Optical Network Unit) y la fibra óptica de acceso. El OLT actúa como el punto central de control y gestión de la red, mientras que el ONU se encuentra en el extremo del usuario y actúa como el interfaz de conexión directa para el usuario final. La fibra óptica de acceso conecta el OLT y el ONU, transmitiendo datos y señales de control bidireccionalmente (Lam, 2019).

2.9.1. Componentes Pasivos

En las redes de comunicación, los componentes pasivos desempeñan un papel esencial al permitir la transmisión, distribución y gestión eficiente de señales y datos. A diferencia de los componentes activos que requieren energía para su funcionamiento, los componentes pasivos no requieren alimentación eléctrica y son fundamentales para asegurar la estabilidad y el rendimiento de las redes (Enríquez, 2020). Entre los componentes pasivos utilizados en las redes GPON se encuentran los siguientes:

- **Multiplexores:** estos son dispositivos que combinan múltiples señales en una sola señal para la transmisión a través de una sola fibra. Se utilizan para aumentar la capacidad de una red de fibra óptica.
- **Demultiplexores:** Son dispositivos que separan una sola señal en múltiples señales. Se utilizan para extraer señales individuales de una señal multiplexada.
- **Conectores:** Son dispositivos que se utilizan para unir dos fibras. Se utilizan para crear un camino continuo para la transmisión de la luz.
- **Atenuadores:** Son dispositivos que se utilizan para reducir la potencia de una señal. Se utilizan para evitar la sobrecarga del receptor y mejorar la relación señal/ruido.
- **Acopladores:** Son dispositivos que se utilizan para dividir o combinar señales. Se utilizan para distribuir señales a múltiples ubicaciones o para combinar señales de múltiples fuentes.
- **Puentes:** son cables cortos de fibra óptica que se utilizan para conectar dos dispositivos. Se utilizan para crear una conexión temporal entre dispositivos con fines de prueba o mantenimiento.

- **Pigtail:** Son cables cortos de fibra óptica con conector en un extremo y fibra desnuda en el otro extremo. Se utilizan para conectar componentes ópticos a una red de fibra óptica.

2.9.2. Componentes Activos

Los componentes activos desempeñan un papel esencial en las redes de comunicaciones modernas. Uno de los papeles fundamentales es la amplificación de la señal, que permite superar las pérdidas de señal cuando ésta se transmite a largas distancias. Los componentes activos también desempeñan un papel crucial en la regeneración de las señales, restaurando su calidad y reduciendo su degradación. Además, los componentes activos ayudan a gestionar y encaminar el tráfico de datos, garantizando que las señales se dirigen de forma eficiente a su destino final (Hecht, 2015).

2.9.2.1. OLT

El OLT es el punto de partida de la red FTTH y generalmente se encuentra en la oficina central del proveedor de servicios. La OLT implementa las funciones de gestión, control de acceso y tramas de la capa MAC especificadas en los estándares PON como GPON y EPON. Esto permite la coordinación de transmisiones ascendentes desde múltiples ONU de manera eficiente y sin colisiones. La OLT también admite el cifrado y la autenticación de texto cifrado para proporcionar seguridad de datos en la red de acceso. Agrega y prepara el tráfico de las interfaces PON a las interfaces de enlace ascendente que se conectan a las redes Metro/Core utilizando protocolos de alta capacidad como Gigabit Ethernet (Mayhui, 2022).

Las capacidades adicionales de valor agregado que ofrecen las OLT incluyen soporte para video RF, VoIP, VLAN, protocolos de multidifusión, OAM y monitoreo de rendimiento. La OLT es un componente activo central que permite un alto ancho de banda descendente, control de acceso seguro, conectividad de baja latencia y servicios avanzados a través de redes de acceso de fibra profunda (Mayhui, 2022).

2.9.2.2. ONT/ONU

Las ONT y las ONU son dispositivos transceptores ópticos ubicados en las instalaciones del cliente para interactuar con la red óptica pasiva y proporcionar

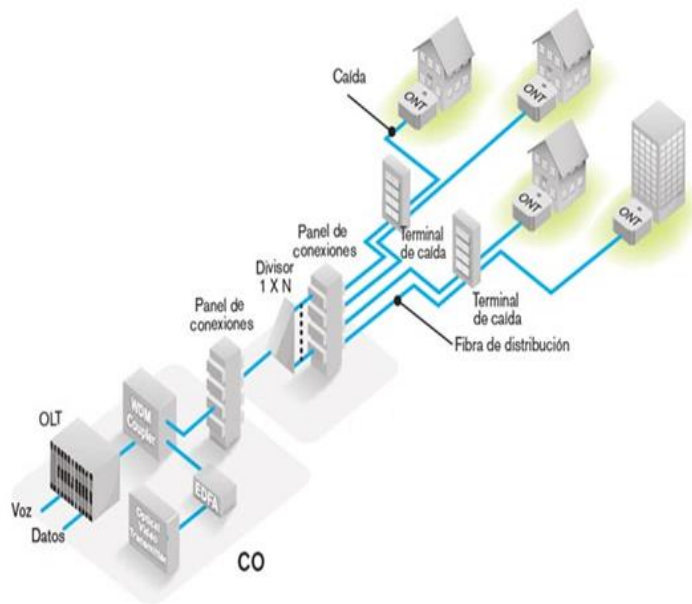
demarcación de servicios. Una ONT proporciona interfaces basadas en Ethernet y/o TDM a los CPE de los consumidores, mientras que una ONU se conecta normalmente a un enrutador WiFi o convertidor de medios (Cabezas & Cabrera, 2020).

Una función clave de la ONT/ONU es recibir datos, video y voz de alta velocidad desde la OLT ascendente a través de un solo hilo de fibra. Utiliza un receptor de fotodiodo sensible para convertir las señales ópticas en formato eléctrico. Para evitar colisiones, la transmisión ascendente se realiza durante intervalos preasignados asignados por la OLT mediante protocolos como TDMA (Cabezas & Cabrera, 2020).

Las ONT/ONU avanzadas admiten funciones como VoIP, WiFi, VLAN, video de multidifusión, puntos de demarcación de fibra y POTS integrados. Esto permite la entrega de servicios triple play a través del enlace de fibra. Las ONT destinadas a empresas y conectividad de sitios celulares ofrecen capacidades como carrier ethernet MEF, Synchronous Ethernet, alta disponibilidad y baja latencia (Mayhuiiri, 2022).

Las ONT/ONU diseñadas para el despliegue en exteriores permiten una penetración profunda de la fibra en vecindarios y sitios celulares. Con un tamaño pequeño, bajo consumo de energía, rango de temperatura ampliado y carcasas resistentes, se pueden montar en postes, paredes o refugios, como se describe en la figura 2.16. A medida que las redes PON evolucionan a XGS-PON y NG-PON2, las ONT/ONU también evolucionan para admitir 10 Gbs y velocidades más altas por cliente (Mayhuiiri, 2022).

Figura 2. 12: *Fiber to The Home*



Fuente: Rodríguez (2013).

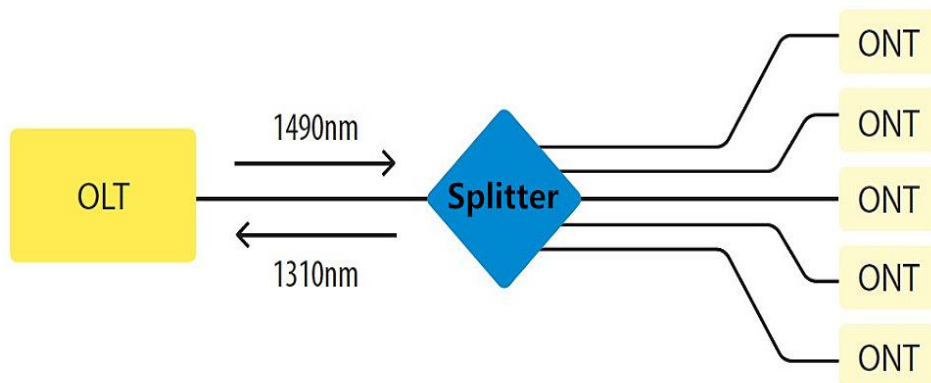
2.10. Splitter

El divisor de fibra óptica, también conocido como divisor óptico o splitters, divisor de fibra o divisor de haz, es un dispositivo integrado de distribución de energía óptica de guía de ondas que puede dividir un haz de luz incidente en dos o más haces de luz, y viceversa, que contiene múltiples extremos de entrada y salida. El divisor es un dispositivo pasivo que no requiere ninguna fuente de alimentación externa y se utiliza para dividir o separar un haz de luz incidente en varios haces de luz en una proporción determinada (Moreno, 2020).

La división óptica o splitters, cumplen una función crucial en las redes ópticas pasivas (PON) como GPON y EPON para dividir una señal óptica en múltiples salidas. Los divisores de potencia óptica, también conocidos como acopladores ópticos, son dispositivos pasivos que se utilizan para lograr esta división de uno a muchos (Agusto & Guerrero, 2020).

Los divisores ópticos constan de una serie de guías de ondas cónicas bicónicas fusionadas. Como se muestra en la Figura 2.17, cuando la luz entra en el extremo más grande del cono, diverge para iluminar los extremos más pequeños de múltiples conos de salida debido a la difusión del frente de onda. Esto divide la energía entrante (Agusto & Guerrero, 2020).

Figura 2. 13: Diagrama del divisor óptico 1xN



Fuente: Community FS (2021).

2.10.1. Característica de los Splitters

De acuerdo con Moreno (2020).

- Permite tomar una señal óptica y distribuirla hacia múltiples salidas.
- Existen divisores 1x2, 1x4, 1x8, 1x16, 1x32 y más salidas.
- La potencia óptica se divide equitativamente entre todas las salidas. Por ejemplo, un splitters 1x4 tendrá 4 salidas con 1/4 de potencia cada una.
- La atenuación o pérdida de inserción típica es de 3.5 dB para un splitters 1x2 y 7 dB para un 1x4.
- Son dispositivos completamente pasivos, no requieren alimentación eléctrica.
- Están basados en tecnologías como divisoras PLC.
- Permiten implementar redes ópticas PON.
- De bajo costo, no introducen distorsión, ocupan poco espacio y no generan ruido eléctrico.
- Se conecta la fibra con la señal óptica entrante al puerto de entrada (IN) del splitters.
- Se debe verificar que la potencia llegue a un nivel adecuado a todos los nodos finales.
- Los splitters se combinan en cascada para realizar subdivisiones sucesivas. Por ejemplo, la salida de un 1x4 se lleva a la entrada de otro 1x4.
- En redes PON los splitters permiten alimentar múltiples ONUs desde un OLT.
- Se ubican estratégicamente para minimizar el tendido de fibra.

- Requieren cuidado en su manipulación por ser dispositivos completamente pasivos y sin protección.

2.11. Energía Renovable

La energía renovable es energía que proviene de recursos naturales que se reponen con el tiempo, como la luz solar, el viento, la lluvia, las mareas y el calor geotérmico. A diferencia de las fuentes de energía no renovables como los combustibles fósiles, las fuentes de energía renovables son sostenibles y no producen emisiones dañinas que contribuyan al cambio climático (Catalán, 2021).

2.12. Tipos de energía renovable:

Conforme a Game y Terán (2023), existen:

- **Energía solar:** La energía solar se genera a partir de la radiación del sol y se puede aprovechar a través de paneles solares o sistemas de energía solar concentrada.
- **Energía eólica:** La energía eólica se genera a partir del movimiento de aerogeneradores. Los aerogeneradores convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica.
- **Energía hidráulica:** la energía hidráulica se genera a partir del movimiento del agua en los ríos, las mareas y las corrientes oceánicas.
- **Energía geotérmica:** La energía geotérmica se genera a partir del calor del núcleo de la tierra. Las plantas de energía geotérmica utilizan vapor o agua caliente del subsuelo para generar electricidad.
- **Energía de biomasa:** La energía de biomasa se genera a partir de materia orgánica como madera, cultivos y desechos. La energía de la biomasa se puede convertir en electricidad o utilizarse para calefacción y refrigeración.

2.13. Energía solar o Fotovoltaica

La energía fotovoltaica (PV), también conocida como energía solar, es una fuente renovable de electricidad generada aprovechando la energía de la luz solar. El término "fotovoltaico" se deriva de las palabras "foto" que significa luz y "voltaico" que se refiere a la electricidad. La energía fotovoltaica convierte la luz solar directamente en electricidad utilizando células solares, también conocidas como células fotovoltaicas, que están hechas de materiales semiconductores. El proceso de

convertir la luz solar en electricidad comienza cuando los fotones, que son partículas de luz, golpean las células solares. Esta interacción entre los fotones y el material semiconductor hace que se liberen electrones, creando una corriente eléctrica. Luego, la corriente eléctrica se captura y puede usarse para alimentar varios dispositivos o almacenarse en baterías para su uso posterior (Espejo & Aparicio, 2020).

2.14. Componentes de un sistema de Energía Fotovoltaico

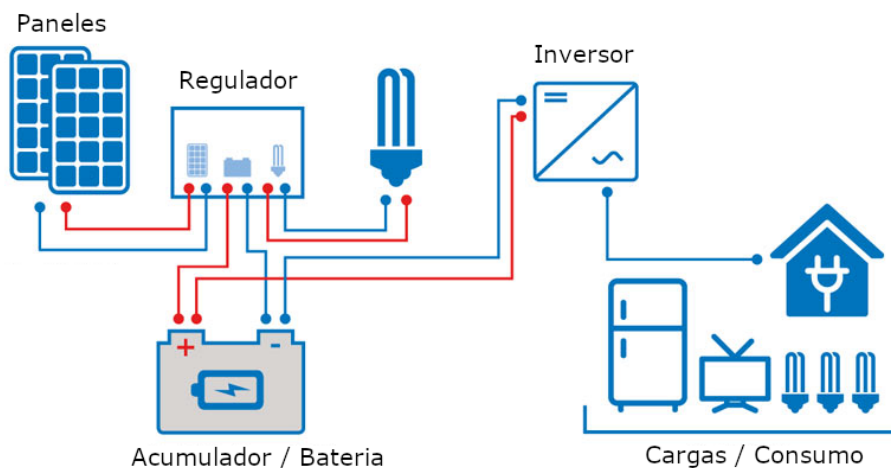
El proceso de convertir la luz solar en electricidad en un sistema fotovoltaico implica varios componentes clave (Chiné et al. 2019).

- **Células fotovoltaicas (FV):** Las células fotovoltaicas son los componentes básicos de los sistemas de energía fotovoltaica. Estas células están hechas de materiales semiconductores, como el silicio, y convierten la luz solar en electricidad de corriente continua (CC).
- **Módulos fotovoltaicos:** Los módulos fotovoltaicos están formados por múltiples células fotovoltaicas y se utilizan para generar electricidad a mayor escala. Suelen instalarse en tejados o en grandes parques solares.
- **Inversores:** Los inversores se utilizan para convertir la electricidad de corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en electricidad de corriente alterna (CA) que puede utilizarse para suministrar electricidad a hogares y empresas.
- **Controladores de carga:** Regulan el flujo de electricidad entre los módulos fotovoltaicos, la batería y la carga para garantizar que la batería se cargue de manera eficiente y segura.
- **Baterías:** sistemas de almacenamiento de energía, como las baterías, puede ayudar a almacenar el exceso de energía generada durante el día para su uso durante los períodos de poca luz solar o durante la noche.
- **Estructuras de soporte:** Sirven de base y permiten orientar los paneles o módulos voltaicos hacia el sol. Pueden ser fijas o con seguimiento solar.
- **Cableado eléctrico:** Conecta entre sí los componentes del sistema para transmitir la electricidad.
- **Medidores:** Registran datos como la energía producida, consumida y niveles de radiación.

- **Protecciones eléctricas:** Incluyen fusibles, interruptores, supresores de picos, etc. para seguridad del sistema.
- **Puesta a tierra:** Permite descargar sobrepotenciales eléctricos de forma segura.

En la figura 2.19 demuestra un esquema de funcionamiento de un sistema fotovoltaico.

Figura 2. 14: Componentes de un sistema de Energía Fotovoltaico



Fuente: Monje (2021).

2.15. Tipos y las diferentes combinaciones de los sistemas fotovoltaico

Entre las diferentes configuraciones y tipos de sistemas fotovoltaicos según su requerimiento se combinan sus componentes (Sol-Ark, 2023):

- **Sistemas aislados (off-grid):** No están conectados a la red eléctrica. Incluyen paneles, baterías, regulador e inversor. Ideales para zonas rurales.
- **Sistemas conectados a red (on-grid):** Vuelcan toda la energía a la red pública. No tienen baterías. Requieren inversores sincronizados con la red.
- **Sistemas híbridos:** Conectados a la red, pero con baterías de respaldo. Permite autoconsumo y venta de excedentes.
- **Sistemas de bombeo directo:** Los paneles alimentan directamente una bomba, sin baterías.
- **Seguidores solares:** Los paneles están en estructuras móviles que siguen el movimiento del sol. Maximizan la generación.
- **Concentradores solares:** Usan lentes o espejos para enfocar la luz en celdas de alta eficiencia. Ocupan menos área.

- **Techos solares:** Instalados como tejas sobre tejados, bien integrados en edificios.
- **Huertos solares:** Los módulos se instalan sobre estructuras que permiten cultivos agrícolas en los terrenos.
- **Flotantes:** Sistemas anclados en embalses o cuerpos de agua. Tienen beneficios de refrigeración y reducen evaporación.

2.16. Funcionamiento de un sistema On-Grid

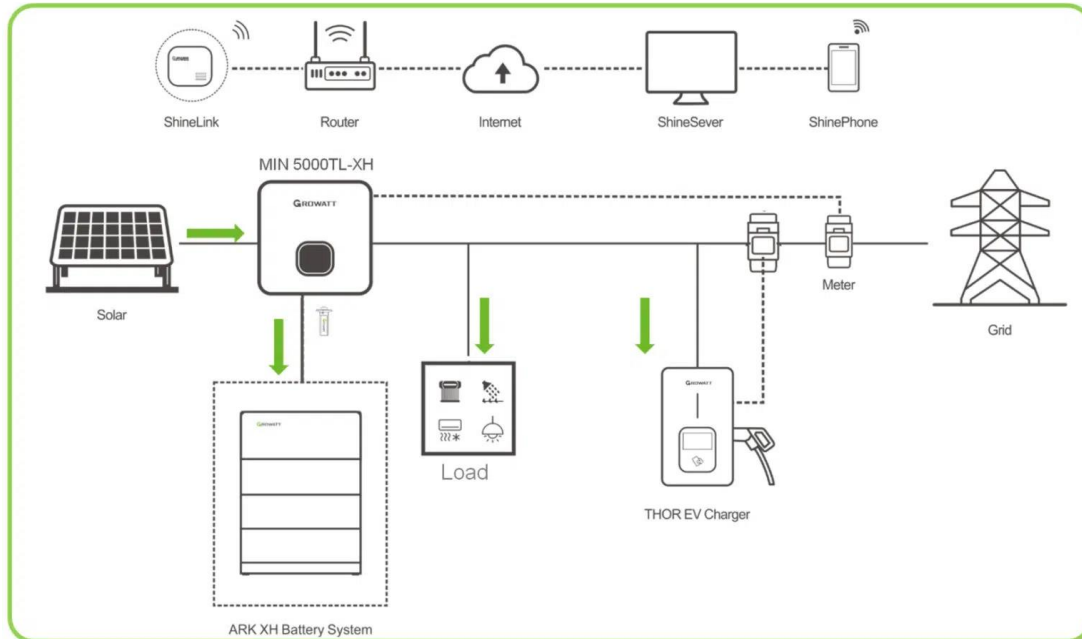
Un sistema fotovoltaico (PV) conectado a la red en la red funciona convirtiendo la luz solar en electricidad y regulando el voltaje y la frecuencia de la electricidad para que coincida con los requisitos de la red. El sistema consta de módulos fotovoltaicos, un inversor, una carga, una conexión a la red y estrategias de control (Ferreira et al. 2022).

Los módulos fotovoltaicos capturan la luz solar y la convierten en electricidad de CC. La electricidad de CC generada por los módulos fotovoltaicos se envía a un inversor, que la convierte en electricidad de CA que se puede utilizar para alimentar hogares y negocios. La electricidad de CA se envía a la carga, que es el equipo eléctrico que utiliza la electricidad. El sistema fotovoltaico está conectado a la red en la red a través de un convertidor de fuente de voltaje (VSC).

El VSC regula el voltaje y la frecuencia de la electricidad de CA para que coincida con los requisitos de la red. Cualquier exceso de electricidad generado por el sistema fotovoltaico puede devolverse a la red a través del VSC. A través de la medición neta, el propietario del sistema fotovoltaico recibe créditos por el exceso de electricidad, que puede usarse para compensar el costo de la electricidad comprada de la red cuando el sistema fotovoltaico no genera suficiente electricidad (Ferreira et al. 2022).

En la figura 2.20 se muestra una conexión de un sistema de energía fotovoltaica On-Grid.

Figura 2. 15: Diagrama de un sistema On-Grid



Fuente: Inversolar (2022).

2.17. Sistema de monitoreo y alerta temprana CCTV

Los sistemas de monitoreo utilizados en ciudades seguras para CCTV brindan a los operadores una visión integral del área monitoreada. Esto mejora el conocimiento de la situación permitiendo una rápida detección y respuesta a posibles amenazas de seguridad, permiten a los operadores monitorear múltiples transmisiones de cámaras simultáneamente, lo que reduce la necesidad de múltiples operadores y ahorra recursos (Rezabala & Chancay, 2023).

Los sistemas de monitoreo son un componente esencial de las ciudades seguras, las cámaras de circuito cerrado de televisión se utilizan para detectar y disuadir la actividad delictiva, lo que las convierte en una herramienta eficaz para la prevención.

2.18. Elementos de un sistema de monitoreo

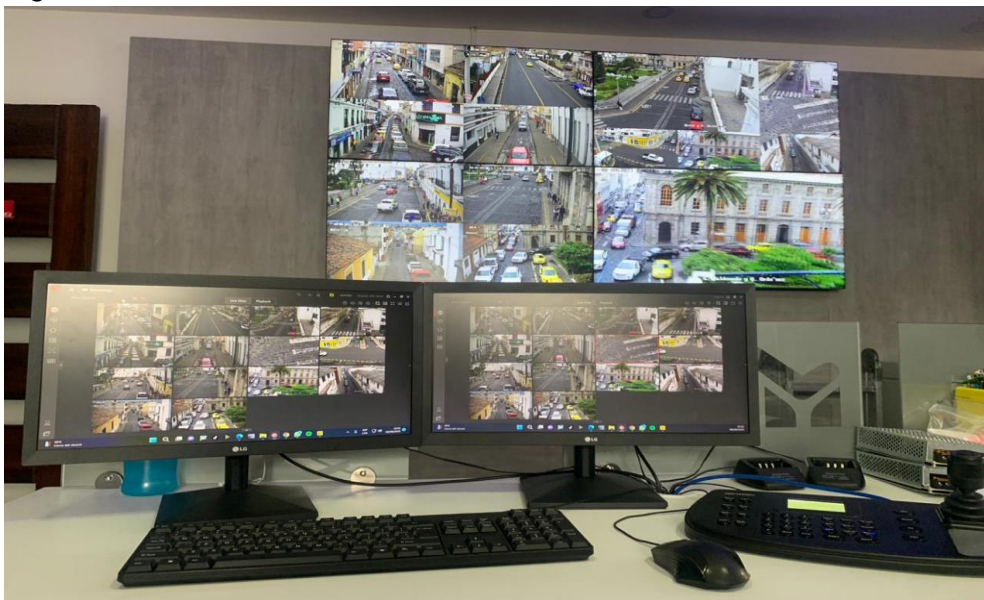
2.18.1. Video Wall

Los videos walls desempeñan un papel esencial en la prevención y respuesta a incidentes en Safe City. Al proporcionar una vista panorámica y detallada de la ciudad, los operadores pueden monitorear áreas problemáticas y tomar medidas preventivas para mitigar riesgos. En caso de incidentes, los videos walls permiten una evaluación rápida y una coordinación efectiva de los recursos de respuesta, como se muestra en

la figura 2.21. Además, la capacidad de mostrar información en tiempo real y actualizada permite tomar decisiones informadas y ajustar las estrategias de seguridad según la situación (Mendonça et al., 2016).

Estas pantallas pueden ser LCD, LED, OLED u otras tecnologías de pantalla. La tecnología detrás de los videos walls implica la sincronización precisa de las pantallas individuales para mostrar contenido coherente y continuo. Esto se logra a través de controladores y software especializados que gestionan la disposición, el contenido y la resolución de las pantallas. Además, la tecnología de video walls permite crear mosaicos de pantallas para mostrar imágenes y videos en gran escala con alta resolución y claridad (Poe, 2023).

Figura 2. 16: Video Wall



Fuente: Propia.

2.18.2. Decoders

Los Decoders opera mediante la recepción de flujos de video comprimidos desde fuentes de video, como cámaras de seguridad y grabadoras de video en red. Luego, utiliza su capacidad de decodificación para descomprimir y mostrar estos flujos de video en monitores conectados. El dispositivo está diseñado para ofrecer un rendimiento de decodificación eficiente y de alta calidad, lo que permite a los usuarios ver múltiples fuentes de video simultáneamente en tiempo real. Esto es especialmente útil en centros de control y monitoreo de seguridad (HikVision, 2020).

Los Decoders contribuye significativamente a la seguridad y la eficiencia en la videovigilancia. Al permitir la visualización en tiempo real de múltiples fuentes de video, los operadores pueden monitorear áreas extensas y detectar actividades sospechosas o incidentes de manera oportuna. La capacidad de decodificación eficiente y la reproducción de video de alta calidad permiten una evaluación precisa de la situación y una respuesta rápida a situaciones críticas. En la figura 2.20 se muestra un Decoders. Esto mejora la eficacia de la gestión de seguridad y ayuda a prevenir incidentes (HikVision, 2020).

Figura 2. 17: Imagen de Decores Hikvision



Fuente: Propia.

2.18.3. NVR

Los NVR son plataformas de gestión y almacenamiento centralizado para cámaras IP en un sistema CCTV, la gestión y la reproducción de vídeo, están diseñados para grabar secuencias de video de cámaras IP. En la figura 2.23 se muestra un NVR de 32 canales virtuales. Pueden grabar videos de alta resolución, hasta 4K, y admitir una grabación fluida a 30 fps para brindar videos nítidos y visualización remota (Cabrera et al. 2022).

Los NVR se conectan directamente con cámaras IP en una red Ethernet, los NVR comprimen y almacenan video de manera eficiente en unidades internas o externas. Entre sus características como la transmisión de tasa de bits variable, la grabación basada en movimiento y las políticas de retención de video optimizan los recursos, notificación de eventos y acceso remoto (Cabrera et al. 2022).

Figura 2. 18: Imagen de NVR Hikvision



Fuente: Propia.

2.18.4. Cámaras IP

Las cámaras IP están diseñadas para una fácil instalación y configuración. Se pueden conectar a la red mediante cables Ethernet estándar (Díaz & Guacollante, 2019).

- Alta resolución: calidad de video de hasta 4K para capturar detalles críticos
- Amplio rango dinámico: mantenga la visibilidad con iluminación de alto contraste
- Rendimiento con poca luz: utilice sensores IR o especializados para entornos oscuros
- Panorámica/inclinación/zoom: ajusta el ángulo de visión y el zoom de forma remota
- Alimentación a través de Ethernet: obtenga energía y transmita datos a través de un solo cable
- Opciones inalámbricas: permite un posicionamiento flexible sin cableado
- Análisis de video inteligente: análisis integrado para detectar objetos, rastrear movimiento

Figura 2. 19: Cámara BULLET Hikvision



Fuente: Propia.

2.18.5. Almacenamiento Centralizado

NAS IP y CVR son dos tipos de dispositivos de almacenamiento que se utilizan en los sistemas de CCTV. Están diseñados para almacenar secuencias de video capturadas por cámaras IP y proporcionar un medio confiable de almacenamiento y administración de video (Díaz & Guacollante, 2019).

- **NAS IP** significa almacenamiento conectado a la red para cámaras IP. Es un dispositivo de almacenamiento que se conecta a la red y se utiliza para almacenar secuencias de video capturadas por cámaras IP. NAS IP proporciona un medio confiable y eficiente de almacenamiento y administración de video, lo que permite a los operadores almacenar y administrar grandes cantidades de datos de video. NAS IP es almacenamiento basado en archivos, lo que significa que almacena secuencias de video como archivos a los que se puede acceder y administrar como cualquier otro archivo en la red (Cuesta & Freire, 2021).
- **CVR** significa Grabadora de video de almacenamiento central. Es un dispositivo de almacenamiento que está diseñado para almacenar secuencias de video capturadas por cámaras IP, como se muestra en la figura 2.25. Proporcionando un medio confiable y eficiente de almacenamiento y administración de video, lo que permite a los operadores almacenar y administrar grandes cantidades de datos de video. CVR es almacenamiento basado en bloques, lo que significa que almacena secuencias de video como bloques de datos a los que se puede acceder y administrar como cualquier otro bloque de datos en la red (Cuesta & Freire, 2021).

Figura 2. 20: Almacenamiento centralizado



Fuente: Propia.

3. Capítulo Diseño & Desarrollo

3.1. Diseño

El diseño de un sistema de monitoreo y alerta temprana CCTV sobre la red de acceso óptico FTTH con integración de energía fotovoltaica ON-GRID representa un paso importante hacia la creación de ciudades más seguras. Este sistema innovador fusiona diversas tecnologías y fuentes de energía sostenible para fortalecer las capacidades de vigilancia y garantizar la seguridad pública. Al aprovechar la potencia de la red de acceso óptico FTTH y la integración de energía fotovoltaica, se ofrece una solución completa para el monitoreo y la alerta temprana en entornos urbanos seguros.

Un sistema de alerta temprana se concibe para detectar y notificar a las autoridades sobre posibles incidentes de seguridad o emergencias, como se ilustra en la figura 3.1. Esta herramienta permite la adopción de medidas proactivas para mitigar los riesgos y asegurar la protección de los ciudadanos.

Figura 3. 1: Central de Monitoreo



Fuente: Propia.

La red de acceso óptico FTTH brinda una conectividad confiable y de alta velocidad, convirtiéndola en la infraestructura ideal para la transmisión y gestión de datos de video en los sistemas de circuito cerrado de televisión de las ciudades

seguras. Por otro lado, la energía fotovoltaica (PV) se refiere a la conversión de la luz solar en electricidad a través de paneles solares. En el sistema de monitoreo de CCTV, la integración de la energía fotovoltaica ON-GRID implica la conexión de estos paneles solares a la red eléctrica. Esto permite que el sistema utilice energía solar como fuente de alimentación para las cámaras y otros componentes, reduciendo la dependencia de las fuentes de energía tradicionales y promoviendo la sostenibilidad.

3.2. Diseño de telecomunicaciones utilizando Fibra Óptica

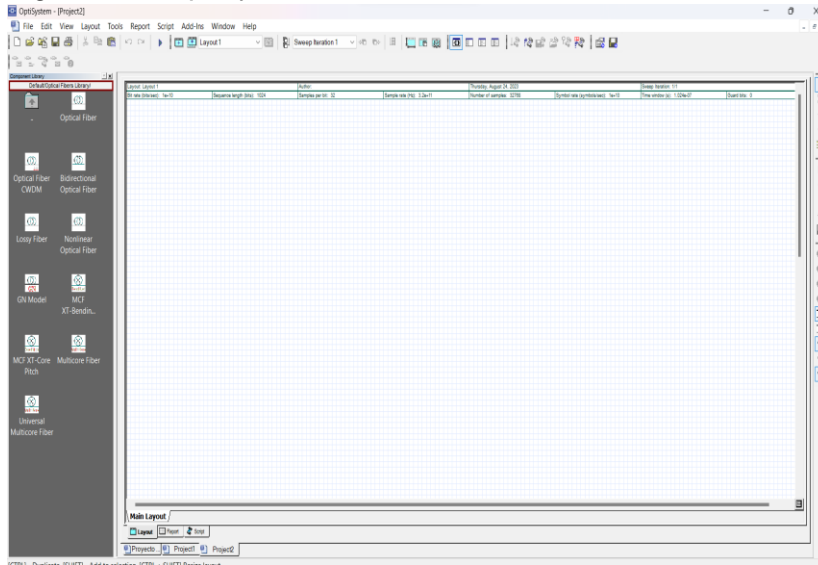
En el diseño de sistemas de comunicaciones ópticas, se utilizará una potente herramienta llamada OptiSystem para llevar a cabo la planificación y estimación del presupuesto óptico. Además, para determinar los detalles de las tramas, definir la estructura de datos y evaluar diversas variantes, se utilizará la herramienta HIKVISION TOOLS en el contexto del diseño de un sistema de monitoreo y alerta temprana CCTV sobre la infraestructura de acceso óptico FTTH.

En lo que respecta al cálculo de la sostenibilidad de la energía fotovoltaica, se realizarán evaluaciones basadas en los requisitos energéticos necesarios para su correcto funcionamiento. Esto conllevará la determinación de la capacidad y eficiencia requeridas de los sistemas fotovoltaicos para asegurar un suministro de energía adecuado y sostenible en el entorno específico considerado.

3.3. Descripción del software de Diseño Óptico.

OptiSystem es una herramienta de diseño de software altamente eficiente que ha demostrado ser una herramienta esencial e innovadora en la industria de las comunicaciones ópticas. Uno de los aspectos más destacados de OptiSystem es su capacidad para modelar y simular prácticamente cualquier tipo de enlace óptico en la capa de transmisión de diversas redes. Desde redes de área local (LAN) hasta redes de área metropolitana (MAN) y sistemas de transporte de larga distancia. Además de mantenerse actualizado con las tendencias, OptiSystem también brinda la capacidad de personalización. Los ingenieros pueden definir sus propios componentes y características, lo que les permite adaptar la herramienta a las necesidades específicas de sus proyectos y aplicaciones. cómo se ilustra en la Figura 3.2 que se muestra a continuación.

Figura 3. 2: OptiSystem 20.0



Fuente: Propia.

3.4. Consideraciones al Diseñar una red de Acceso

La Urbanización Puerto Azul, se encuentra en un proceso de transformación tecnológica al cambiar sus enlaces de comunicación actuales, que están basados en conexiones radiales, por enlaces de fibra óptica. Esta decisión estratégica implica una serie de consideraciones fundamentales para el diseño de una red de acceso óptico y la integración de energía fotovoltaica ON-GRID. Aquí se presentan las consideraciones clave

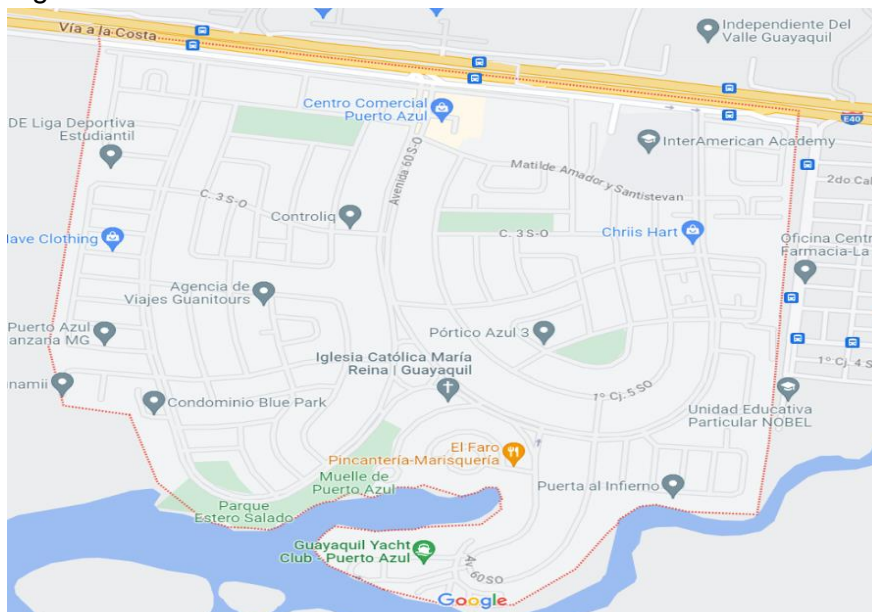
- **Capacidad de Transmisión y Ancho de Banda:** La fibra óptica proporciona una capacidad de transmisión significativamente mayor en comparación con los enlaces radiales. Esto permitirá una transferencia de datos más rápida y confiable, lo que es esencial para el funcionamiento eficiente del sistema de monitoreo CCTV y alerta temprana.
- **Escalabilidad:** La fibra óptica es altamente escalable, lo que permite una expansión más eficiente de la red a medida que crecen las demandas de conectividad en la urbanización. Esto facilita la incorporación de nuevos servicios y tecnologías en el futuro.
- **Planificación y Despliegue Estratégico:** La transición de enlaces radiales a fibra óptica debe llevarse a cabo con una planificación detallada para minimizar las interrupciones en el servicio existente. Se deben considerar rutas de cableado, ubicaciones de equipos y protocolos de implementación.

- **Respaldo Energético:** La energía fotovoltaica ON-GRID puede funcionar como respaldo energético en caso de interrupciones en la fuente de energía principal, garantizando la continuidad de los sistemas críticos, como el sistema de monitoreo y alerta temprana.
- **Mantenimiento y Capacitación:** Se debe planificar un programa de mantenimiento regular para asegurar el óptimo funcionamiento de la red de acceso y del sistema de energía fotovoltaica. Además, se deben brindar capacitaciones adecuadas al personal encargado de operar y mantener la infraestructura.

3.5.

La delimitación del área de cobertura se comenzó por definir los límites geográficos exactos de la Urbanización Puerto Azul, como se muestra en la figura 3.3. Esto incluye identificar sus fronteras y límites territoriales para asegurarse de que el proyecto se ajuste exclusivamente al área específica.

Figura 3. 3: Área a cubrir en el diseño



Fuente: Propia.

El proyecto busca proporcionar una cobertura de comunicación mejorada y confiable en toda la urbanización. La delimitación también abarca las rutas y conexiones de fibra óptica que se despliegan dentro de la urbanización para respaldar la infraestructura de monitoreo y alerta temprana.

3.6. Diseño de la red FTTH

El diseño de la red FTTH para este proyecto en la Urbanización Puerto Azul tiene como objetivo proporcionar una infraestructura de comunicaciones de alto rendimiento que respalde de manera eficiente el sistema de CCTV de monitoreo y alerta temprana. Dado que las cámaras actualmente están conectadas por enlaces radiales, la transición a una red FTTH proporcionará una mejora significativa en la capacidad y la calidad de la comunicación. A continuación, se describe el diseño de la red FTTH para este proyecto:

- **Identificación de Zonas de Despliegue:** Se identifican las zonas estratégicas donde se desplegará la red FTTH. Esto incluye áreas de alta densidad de cámaras de vigilancia, puntos de acceso clave y zonas de interés crítico en la urbanización.
- **Tendido de Fibra Óptica:** Se planifica la ruta y el tendido de cables de fibra óptica desde el punto central de conexión hasta las zonas de despliegue identificadas. La fibra óptica se desplegará en conductos subterráneos para protegerla de condiciones climáticas adversas y garantizar su seguridad.
- **Equipamiento de Red:** Se instalan equipos de conmutación y enrutamiento de última generación en el centro de conexión y en puntos estratégicos de la urbanización para gestionar y dirigir el tráfico de datos de manera eficiente.
- **Distribución de Fibra Óptica:** Se despliegan cables de distribución de fibra óptica desde los puntos de acceso hacia las cámaras de vigilancia y otros dispositivos de monitoreo. Se utiliza tecnología de conectorización adecuada para garantizar una conexión óptima.
- **Implementación de Puntos de Acceso:** Se establecen puntos de acceso en ubicaciones estratégicas dentro de la urbanización para garantizar una cobertura completa. Estos puntos de acceso se conectan a la red FTTH y proporcionan conectividad a las cámaras y otros dispositivos.
- **Integración de Energía Fotovoltaica ON-GRID:** Se considera la integración de la energía fotovoltaica ON-GRID para respaldar la alimentación eléctrica de los equipos de red, asegurando así su funcionamiento continuo incluso en situaciones de corte de energía.

- **Plan de Mantenimiento Preventivo:** Se establece un plan de mantenimiento preventivo para garantizar la operatividad a largo plazo de la red FTTH. Esto incluye inspecciones regulares, limpieza y actualización de equipos.
- **Consideraciones de Escalabilidad:** El diseño de la red FTTH se realiza con miras a la escalabilidad, lo que significa que se puede expandir fácilmente para acomodar futuras necesidades de conectividad y vigilancia en la urbanización.

3.6.1. Capacidades de la red FTTH

La configuración específica que se empleará para este proyecto será de 2488.32 Mbps en la dirección descendente y 1244.16 Mbps en la dirección ascendente. Estas capacidades gigabitson esenciales y se alinean con las especificaciones de la interfaz de gestión y control de ONT. Se ha planificado un ancho de banda específico para garantizar un rendimiento óptimo en la transmisión de datos de video. Concretamente, se ha asignado un ancho de banda de 4Mbps para las cámaras fijas y de 8Mbps para las cámaras PTZ. Esta asignación de ancho de banda asegura que la transmisión de datos de video se realice de manera eficiente y sin interrupciones.

- **Cámaras PTZ:** Con 40 cámaras PTZ, cada una con una transferencia de 8 Mbps, la capacidad total necesaria para estas cámaras se calcula de la siguiente manera:

$$40 \text{ cámaras PTZ} \times 8 \text{ Mbps/cámara} = 320 \text{ Mbps}$$

Por lo tanto, se asigna un ancho de banda dedicado de 320 Mbps para cubrir las necesidades de todas las cámaras PTZ en la urbanización. Esto garantiza una transmisión de video fluida y de alta calidad, incluso durante movimientos, zooms y operaciones simultáneas.

- **Cámaras Fijas:** Con 15 cámaras fijas, cada una con una transferencia de 4 Mbps, la capacidad total necesaria para estas cámaras se calcula de la siguiente manera:

$$15 \text{ cámaras fijas} \times 4 \text{ Mbps/cámara} = 60 \text{ Mbps}$$

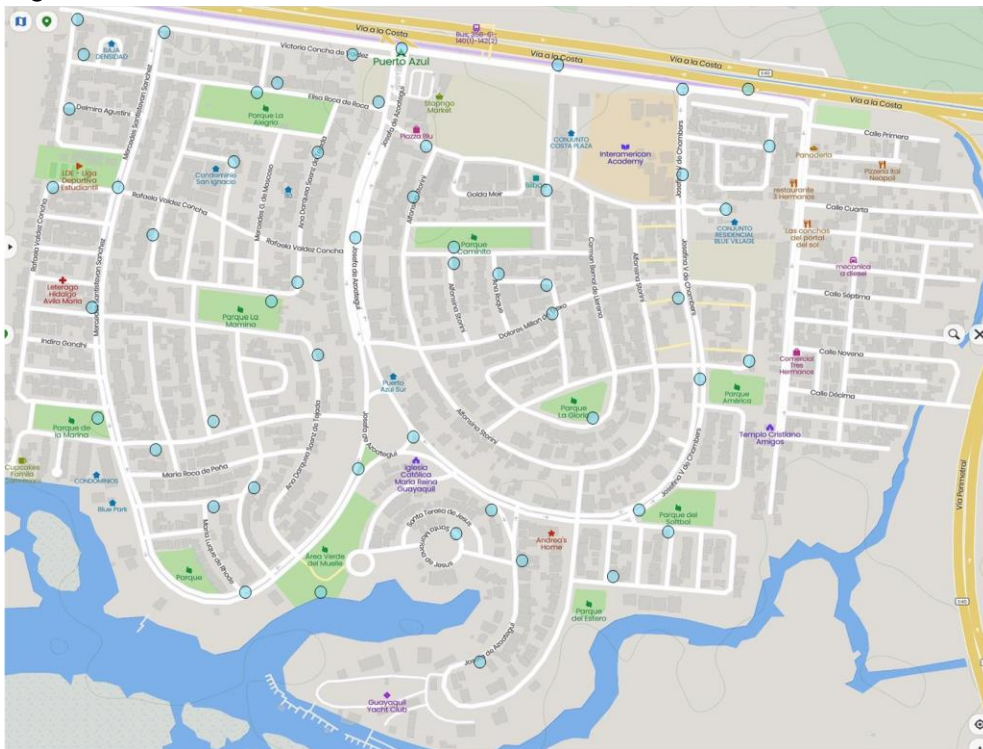
Se asigna un ancho de banda dedicado de 60 Mbps para cubrir las necesidades de todas las cámaras fijas en la urbanización. Esto garantiza una transmisión de video estable y de alta calidad desde las cámaras fijas.

- **Dimensionamiento de la Red:** La capacidad total requerida para la red se calcula sumando las capacidades asignadas para las cámaras PTZ y las cámaras fijas:

$$320 \text{ Mbps (PTZ)} + 60 \text{ Mbps (fijas)} = 380 \text{ Mbps}$$

Por lo tanto, se dimensiona la red FTTH con una capacidad total de 380 Mbps para satisfacer los requisitos de todas las cámaras PTZ y cámaras fijas en la urbanización.

Figura 3. 4: Diseño de los Abonado



Fuente: Propia.

Además de la capacidad asignada para las cámaras, se reserva un ancho de banda adicional para otros servicios o futuro aumento de cámaras dentro de la Urbanización como se muestra en la figura 3.4, garantizando un rendimiento óptimo de la red.

3.7. Topología de la Red

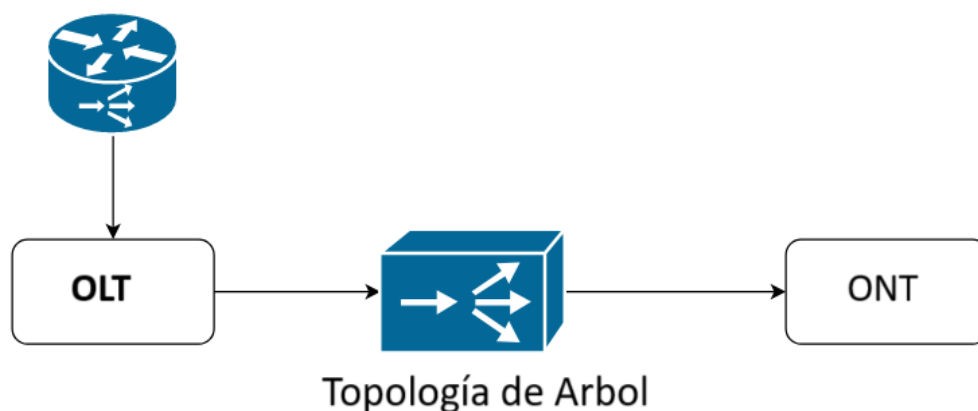
La propuesta para este diseño de red se basa en la tecnología GPON implementada sobre la arquitectura FTTH, con una topología en forma de árbol. Esto permitirá el transporte eficiente de los datos generados por el sistema de cámaras instaladas para el monitoreo CCTV y la alerta temprana. Como resultado de este

proceso de diseño de la red de acceso, se obtuvieron datos valiosos que son fundamentales para su implementación exitosa y la adecuada prestación de servicios de seguridad en la urbanización. Se optó por una topología en forma de árbol para este diseño de red por varias razones fundamentales:

- **Gran Cobertura y Flexibilidad:** La topología de árbol se destaca por su amplia cobertura y su flexibilidad. Esto la hace altamente escalable y relativamente sencilla de implementar.
- **Despliegue Completo de la Red Troncal:** Se ha planificado desplegar la red troncal al 100%. Esto significa que se establecerá una infraestructura completa que cubrirá toda la urbanización.
- **Facilidad de Ampliación Futura:** Una ventaja clave de esta topología es que permite la expansión de zonas específicas en el futuro de manera eficiente. Si se necesita ampliar la cobertura en áreas concretas, se puede lograr fácilmente aprovechando la red troncal existente.
- **Capacidad Adecuada para las Cámaras:** La capacidad de la red se ha dimensionado cuidadosamente en función de las cámaras ya instaladas.

Esta elección de topología y capacidad asegurará una red sólida y adaptable que cumplirá con las necesidades actuales y permitirá un crecimiento futuro sin complicaciones, a continuación, se muestra un diagrama de topología de árbol en la figura 3.5

Figura 3. 5: Topología de Árbol



Fuente: Propia.

3.8. Medios de Transmisión

3.8.1. Perfil de la Fibra Óptica a utilizarse

PSTEL FIBRA ADSS 6H120

Las principales características técnicas

- **Tipo de Cable:** ADSS (All-Dielectric Self-Supporting).
- **Número de Hilos:** 6.
- **Span Máximo:** 120 metros.
- **Norma de Fibra Óptica:** G.652D de la UIT.
- **Diámetro Exterior del Cable:** Variable según el diseño, típicamente alrededor de 10-15 mm.
- **Material de la Cubierta:** Material dieléctrico que no conduce electricidad.

Dadas las características mencionadas anteriormente de la Fibra Óptica PSTEL FIBRA ADSS6H120, esta nos proporciona las siguientes ventajas.

- **Autoportante:** No requiere estructuras de soporte adicionales, lo que reduce costos de instalación.
- **Aislante Dieléctrico:** No conduce electricidad y es resistente a la corrosión, lo que lo hace seguro y duradero.
- **Capacidad de Transmisión de Datos:** Cumple con la norma G.652D, que garantiza una excelente capacidad de transmisión de datos a larga distancia.
- **Flexibilidad:** Puede ser instalado en rutas curvas y adaptarse a la topografía del terreno.

PSTEL FIBRA DROP 2 HILOS G.657A2

Las principales características técnicas

- **Tipo de Cable:** Fibra óptica de acceso.
- **Número de Hilos:** 2.
- **Norma de Fibra Óptica:** G.657A2 de la UIT.
- **Chaqueta:** LSZH (Low Smoke Zero Halogen).
- **Triple Mensajero de Metal:** Proporciona soporte mecánico y resistencia a la tracción.
- **Diámetro Exterior del Cable:** Variable según el diseño, típicamente alrededor de 5-10 mm.
- **Material de la Cubierta:** Dieléctrico, no conductor de electricidad.

Dadas las características mencionadas anteriormente de la Fibra Óptica PSTEL FIBRA DROP 2 HILOS G.657A2, esta nos proporciona las siguientes ventajas.

- **Versatilidad:** Adecuada para aplicaciones en interiores y exteriores.
- **Chaquetas LSZH:** Reduce la emisión de humos y gases tóxicos en caso de incendio, lo que mejora la seguridad en entornos sensibles.
- **Cumple con la Norma G.657A2:** Garantiza un excelente rendimiento en términos de atenuación y dispersión de la señal.
- **Triple Mensajero de Metal:** Proporciona resistencia mecánica y facilita la instalación en postes y torres.

Cuando se realiza un diseño apropiado y se siguen las mejores prácticas de instalación, esta fibra óptica asegura un rendimiento confiable en las redes de telecomunicaciones. Para lograr una implementación exitosa de la Fibra Óptica, es esencial tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Diseño de Ruta:** Planificar cuidadosamente la ruta de instalación, teniendo en cuenta las condiciones climáticas, la topografía y los posibles obstáculos.
- **Soportes de Anclaje:** Asegurarse de que los soportes de anclaje sean adecuados y cumplan con las normas de seguridad.
- **Protección contra Daños:** Utilizar protectores y marcadores para prevenir daños durante la instalación y operación.
- **Mantenimiento Preventivo:** Programar inspecciones regulares para garantizar el rendimiento continuo de la fibra óptica.

3.9. Tecnología GPON seleccionada

3.9.1. OLT

La OLT CDATE FD1608S-B0-NDA0 es una unidad de terminal óptico que desempeña un papel crucial en la tecnología GPON. Esta OLT está diseñada para ofrecer servicios de alta velocidad a múltiples usuarios y se integra fácilmente en redes existentes o nuevas infraestructuras de telecomunicaciones.

Características

- **8 puertos GPON:** La OLT CDATA FD1608S-B0-NDA0 cuenta con 8 puertos GPON que pueden conectarse a múltiples ONTs en el lado del cliente. Esto permite una amplia cobertura y capacidad para servir a un gran número de usuarios.
- **Alta Capacidad:** Con una capacidad de hasta 1024 ONTs por OLT, esta unidad es escalable para adaptarse a las necesidades de crecimiento de la red.
- **Rendimiento Confiable:** La OLT ofrece un rendimiento confiable gracias a su diseño robusto y sus componentes de alta calidad. Esto garantiza una conectividad constante y una disponibilidad de servicio óptima.
- **Administración Avanzada:** Incluye capacidades de administración avanzada que permiten supervisar y controlar de manera efectiva la red, incluyendo diagnósticos, estadísticas de tráfico y configuración remota.

Proporciona una variedad de características y funciones, que incluyen etiquetado de VLAN, QoS y modelado de tráfico, que ayudan a optimizar el rendimiento de la red y garantizar una conectividad confiable. La OLT también es altamente escalable, lo que permite a los proveedores de servicios agregar nuevos suscriptores y servicios según sea necesario como se muestra en la figura 3.6

Figura 3. 6: 8 Port GPON OLT



Fuente: 8 Port GPON OLT (2016).

3.9.2. ONT

ONT CDATA FD511G-X-F690 XPON BRIDGE

Es un dispositivo compacto pero potente que se utiliza en las redes de acceso de fibra óptica. Su función principal es convertir la señal óptica proveniente de la red de fibra en señales eléctricas utilizables por dispositivos finales, como computadoras, teléfonos y televisores.

Características

- **Conectividad de Alta Velocidad:** La ONT FD511G-X-F690 ofrece conectividad de alta velocidad, lo que significa que los usuarios pueden disfrutar de velocidades de Internet ultrarrápidas para descargas y transmisiones de contenido sin problemas.
- **1 Puerto LAN:** Esta ONT está equipada con 1 puerto LAN (Local Area Network) que permite la conexión directa de un dispositivo final, como un enrutador o una computadora. Esto facilita la expansión de la red en el hogar o la oficina.
- **Compatibilidad XPON:** La tecnología XPON (10 Gigabit Passive Optical Network) garantiza un rendimiento óptimo y una transmisión de datos eficiente a través de la red de fibra óptica.
- **Configuración Versátil:** La ONT CDATA FD511G-X-F690 se puede configurar de diversas maneras según las necesidades específicas del usuario o la red. Esto incluye la posibilidad de habilitar o deshabilitar funciones como el enrutamiento o el firewall.

Permite para cumplir con los requisitos de la industria de las telecomunicaciones. Proporciona una variedad de características y funciones, que incluyen etiquetado de VLAN, QoS y modelado de tráfico, que ayudan a optimizar el rendimiento de la red y garantizar una conectividad confiable como se muestra en la figura 3.7.

Figura 3. 7: ONT FD511G-X-F690



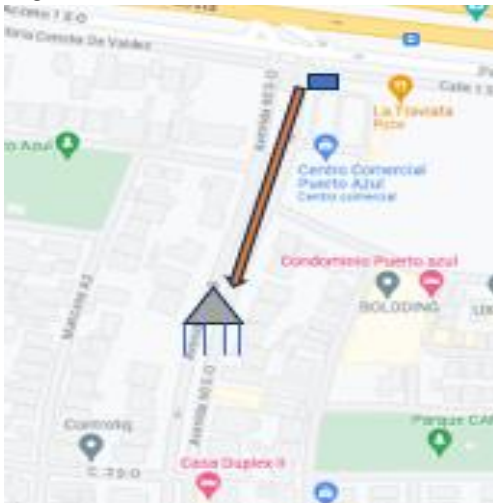
Fuente: CDATE (2016).

3.10. DISEÑO DE LA RED

3.10.1. Red Feeder

En una topología de árbol para FTTH, la red feeder es la columna vertebral de la red y se encarga de transportar grandes cantidades de datos desde el nodo de distribución (DN) hasta el nodo de inserción (IN). La red feeder se compone de cables de fibra óptica que se ramifican en varias redes de distribución (RN) que se conectan a los hogares y empresas. En la figura 3.8 se muestra la ubicación donde se instalaría la OLT y el primer Splitters de 1/4.

Figura 3. 8: Red Feeder

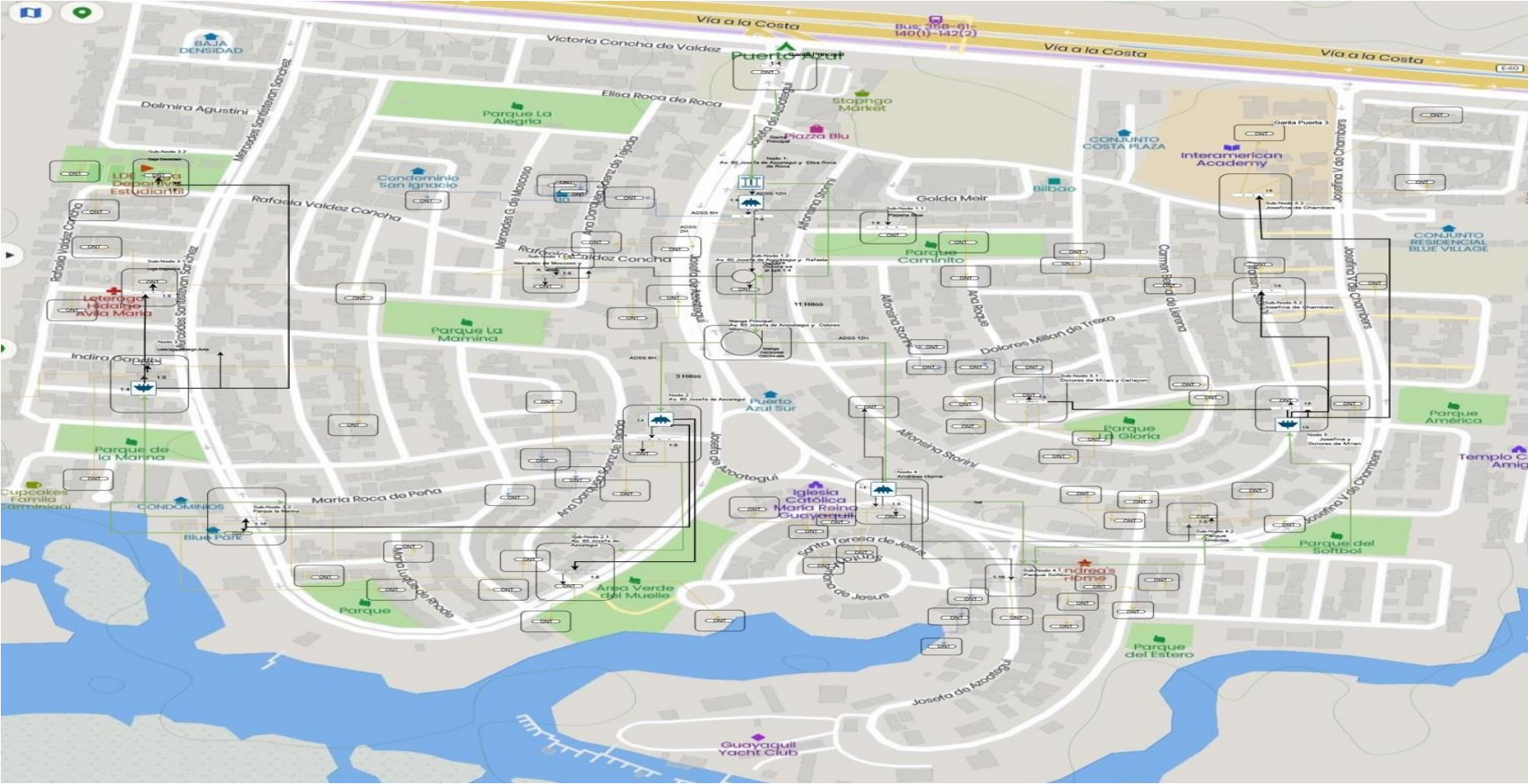


Fuente: Propia

3.10.2. Despliegue general de la red de acceso

Se llevó a cabo un estudio de viabilidad que incluyó la determinación de las ubicaciones estratégicas para los nodos de acceso y los puntos de distribución dentro de la urbanización. Esto se hizo con el objetivo de asegurar la flexibilidad y la capacidad de expansión de la red en el futuro como se muestra en la figura 3.9

Figura 3. 9: Diseño de la RED FTTH



Fuente: Propia

3.11. Cálculo del presupuesto óptico

Es el proceso de calcular y analizar la potencia óptica requerida para asegurar una transmisión eficiente de datos a través de la fibra óptica en una red de acceso de banda ancha. Este cálculo del presupuesto óptico es fundamental para garantizar un rendimiento óptimo. Para llevarlo a cabo, se consideran varios factores cruciales, como la distancia de transmisión, las pérdidas en el enlace y los componentes ópticos que se emplean en la red.

Los diferentes datos obtenidos

- Distancia: 3 Km el abonado más distante.
- Atenuación del Cable es de 0,34 dB/Km a 1310 nm.
- Conectores SFP (Pérdida): ~0,6 dB.
- Fusión (Pérdida): ~0,1 dB.
- Splitters 1x4 = Aprox 7dB de pérdida.
- Splitters 1x8 = Aprox 10.5dB de pérdida.

$$\text{Potencia } F. = (\text{Potencia Inicial}) - C - F - (1:4 \text{ PLC Splitter}) - (1:4 \text{ PLC Splitter}) - (1:8 \text{ PLC Splitter}) - F - (\text{Distancia}) - F - C$$

$$\text{Potencia } F. = 3dB - 0.6dB - 0.1dB - 7dB - 7dB - 9.2dB - 0.1dB - (0.3dB * 3 Km) - 1dB - 0.6dB$$

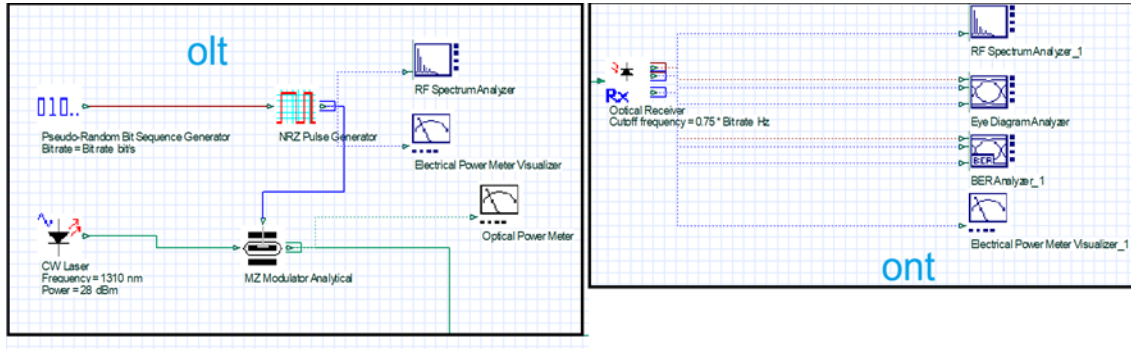
$$\text{Potencia } F. = -23.5dB$$

En este proyecto, utilizaremos módulos de Clase C++ cuya sensibilidad del receptor se sitúa en un rango entre -12dB y -30dB. El valor medido para la sensibilidad opera en un rango de señal de RX -12dBm a -32dBm, dados los valores obtenidos se encuentran dentro del rango permitido para garantizar su óptimo funcionamiento.

3.12. Análisis de resultados simulados

Para evaluar los resultados de la simulación, es esencial considerar las señales registradas por diversos instrumentos virtuales de visualización. Estos datos se pueden visualizar de manera sencilla haciendo doble clic en los íconos correspondientes. Esta representación gráfica como se muestra en la figura 3.10, proporciona una comprensión más profunda y precisa de los resultados obtenidos durante la simulación.

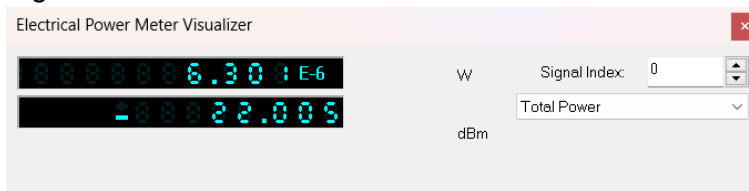
Figura 3. 10 Diagrama de OLT & ONT



Fuente: Propia

La figura 3.11, que se presenta a continuación, proporciona la confirmación visual de que este valor de potencia se encuentra dentro del rango permitido de acuerdo con las características del equipo. Esto asegura que el dispositivo ONT está operando de manera adecuada y en línea con las especificaciones requeridas.

Figura 3. 11 Potencia Recibida en la ONT

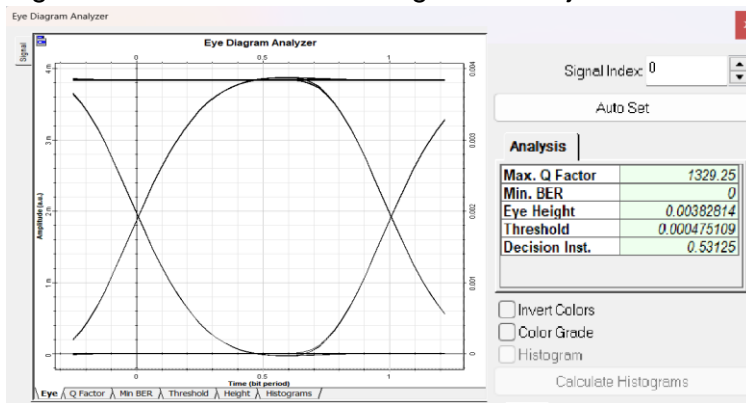


Fuente: Propia

Para evaluar la calidad de la transmisión se aplica otro criterio llamado como el factor de calidad Q este factor se calcula a partir de las estadísticas de ruido incluyendo las medias y desviaciones estándar de los niveles 1 y 0 de la señal que se busca detectar la influencia del factor q se puede apreciar claramente en la figura 3.12 donde se observa que el factor de calidad que alcanza su valor máximo en el punto de recepción esto también se refleja a través del diagrama de ojo el cual muestra un esquema muy abierto

este esquema de ojo amplio indica que la señal ha sido transmitida de manera óptima a lo largo de un enlace óptico de 3 km

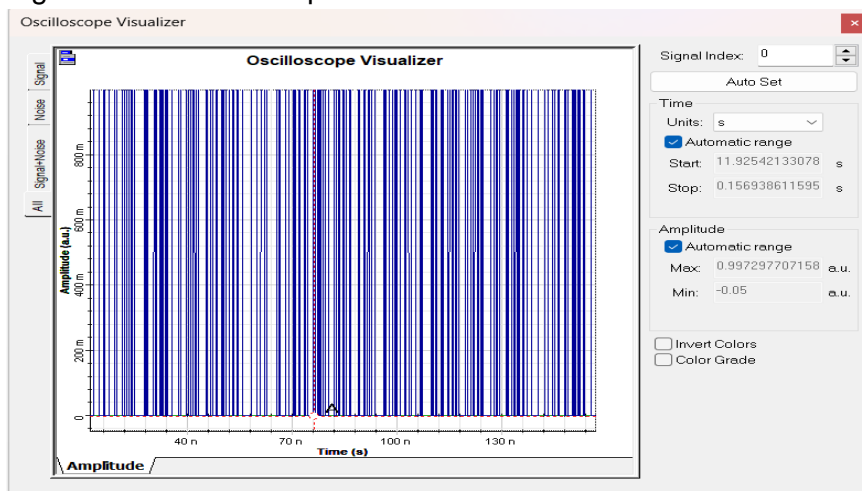
Figura 3. 12 :Analizador de Diagrama de Ojo



Fuente: Propia

Una alternativa para evaluar la calidad de la señal transmitida es mediante el uso del osciloscopio. En la Figura 3.13, se puede observar una gráfica que se mantiene estable y sin distorsiones, lo que indica un alto nivel de calidad en la señal. Este resultado demuestra que la señal se está transmitiendo de manera consistente y sin alteraciones significativas, lo que es un indicativo positivo de su calidad.

Figura 3. 13: Osciloscopio



Fuente: Propia

3.13. Cálculo de energía renovable

Para calcular la cantidad de energía fotovoltaica necesaria y garantizar el correcto funcionamiento del sistema, se recopilieron datos de fuentes confiables. Los datos meteorológicos se obtuvieron del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

(INAMHI), a través de su sitio web oficial en <https://www.inamhi.gob.ec/>. Además, se utilizaron datos proporcionados por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) a través de su plataforma oficial en <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> para estimar la radiación solar máxima. Estos valores, provenientes de fuentes reconocidas y autorizadas, sirvieron como base para determinar los requisitos energéticos específicos para la Urbanización Puerto Azul.

En Guayaquil, Ecuador, la irradiación solar efectiva a lo largo del año es significativa debido a su ubicación geográfica cercana al meridiano 0° de Greenwich. En promedio, Guayaquil disfruta de aproximadamente 5 a 6 horas de irradiación solar efectiva al día durante todo el año. Estas horas pueden variar ligeramente según las estaciones, con una tendencia a ser un poco más altas durante la estación seca y ligeramente más bajas durante la estación de lluvias.

La urbanización experimenta un promedio de 5 a 6 horas diarias de irradiación solar efectiva, lo que contribuye a un potencial fotovoltaico constante. Además, se registra un promedio de 3 a 4 horas diarias de máxima irradiación efectiva. Sin embargo, la irradiación efectiva puede variar según la ubicación específica dentro de la Urbanización tales como:

- Las condiciones de su instalación debido a la Caracterización de la Cobertura de Sombra.
- Orientación y Ángulo de Inclinación Óptimos.

3.13.1. Estudio de Carga y consumo

En el presente estudio se decidió utilizar la energía fotovoltaica en los abonados donde irían instaladas las cámaras y los demás equipos que tendrán acceso a la red FTTH.

Calcular la energía diaria necesaria: En la siguiente tabla se muestra el consumo calculado diariamente de cada uno de los equipos a intervenir en el diseño, como se

demuestra en las tablas 3.1 el consumo del sistema y en la tabla 3.2 el consumo del total del Inversor.

Tablas 3. 1: Consumo del Sistema

EQUIPOS	CANTIDAD	POTENCIA [W]	FACTORES DE ARRANQUE	POTENCIA TOTAL [W]	FACTORES SIMULTANEAJEDAD	POTENCIA_PV [W]	HORAS DE USO DIARIO	ENERGÍA PV [Wh/noche]
CAMARA	1	14	1,25	17,50	1,00	17,50	24	420,00
ONT	1	3	1,25	3,75	1,00	3,75	24	90,00
SWTCH	1	3	1,25	3,75	1,00	3,75	24	90,00
TOTAL				25,00		25,00		600,00

Tabla de Consumo Energético

Tablas 3. 2: Potencia del Inversor

MAGNITUD	POTENCIA TOTAL REQUERIDA	PÉRDIDAS DEL SISTEMA VARIAS	FACTOR DE RESERVA	PÉRDIDAS DEL INVERSOR	TOTAL, CON PÉRDIDAS
POTENCIA TOTAL [W]	25,00	1,00	1,20	1,20	36,00
POTENCIA FV [W]	25,00	1,00	1,20	1,20	36,00
ENERGÍA FV [Wh/día]	300,00	1,00	1,20	1,20	432,00
ENERGÍA FV [Wh/noche]	300,00	1,00	1,20	1,20	432,00

Tabla de Consumo y Generación del Inversor

Cálculo de potencia del Inversor

$$Potencia\ Total\ [W] = P_R [W] * P_S * F_R * P_I$$

$$Potencia\ Total\ [W] = 25[W] * 1 * 1.2 * 1.2 = 36[W]$$

$$P_I = Potencia\ del\ Inversor\ [Wdc] = Potencia\ Total\ [W]$$

$$P_I [Wdc] = 36[W]$$

De acuerdo a los resultados se tomó la decisión de seleccionar un equipo que gestionara de manera altamente eficiente la energía. Estos equipos están equipados con un controlador MPPT y diseñado específicamente para optimizar la generación de

energía fotovoltaica. La energía generada por este sistema se suministra mediante un Inversor Monofásico de 3 hilos, que incluye las fases, el neutro y la conexión a tierra (GND). Es importante destacar que la potencia total del sistema energético es de 36W. Siguiendo las recomendaciones basadas en la referencia del fabricante que indica que el consumo diario oscila entre 1 y 2000 Wh. determine que el sistema funcione a un voltaje de 12V.

Cálculo de los Paneles solares: Para determinar la cantidad necesaria de paneles solares, utilizamos una metodología específica que involucra una ecuación fundamental. Este proceso implica considerar varios factores clave, como la radiación solar en la ubicación específica, la eficiencia de los paneles, la capacidad de generación de energía requerida y la disponibilidad de espacio para la instalación. La ecuación que aplicamos es una herramienta fundamental en este proceso de dimensionamiento, ya que nos permite determinar de manera precisa cuántos paneles solares se necesitan para satisfacer las necesidades energéticas de nuestro sistema.

Para el cálculo del número de los paneles utilizaremos la siguiente ecuación.

$$\# \text{ Paneles} = \frac{E_T[\text{Wh}/\text{dia}]}{P_{PV} [\text{W}] * \frac{I \left[\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} \right]}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} * R_{PV}}$$

$$E_T = \text{Energía Total} \left[\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right] = 432.00 \left[\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right]$$

$$P_{PV} = \text{Potencia de los Paneles Fotovoltaicos} [\text{W}] = 100[\text{W}]$$

$$I = \text{Irradiación media en el País} \left[\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} \right] = 4575 \left[\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} \right]$$

$$R_{PV} = \text{Rendimiento de los Paneles} = 0.80$$

$$\# \text{ Paneles} = \frac{432 \left[\frac{Wh}{\text{dia}} \right]}{100[W] * \frac{4575 \left[\frac{Wh}{m^2} \right]}{1000 W/m^2} * 0.80} = 1.18$$

En consecuencia, se aconseja la instalación de dos paneles fotovoltaicos, cada uno con una capacidad de 100W, como parte integral del sistema de energía renovable fotovoltaica. Esto permitirá una generación de energía equilibrada y eficiente, asegurando que el sistema tenga la capacidad adecuada para satisfacer las demandas de consumo diarias, lo que garantiza un rendimiento confiable y óptimo del sistema en diversas condiciones.

Cálculo del controlador Solar: Para el cálculo del controlador Solar realizamos la siguiente operación.

$$P_C = \text{Potencia del Controlador}[Wdc] = P_{PV} * \text{Numero de los Paneles}$$

$$P_C = 100W * 2 = 200Wdc$$

Para el cálculo del Amperaje realizamos las siguientes operaciones

$$V_{PV} = \text{Voltaje de los Paneles} [Vdc]$$

$$A_C = \text{Amperaje del controlador}[Adc] = \frac{P_C [Wdc]}{V_{PV} [Vdc]}$$

$$A_C [Adc] = \frac{200 [Wdc]}{21.3[Vdc]} = 9.38[Adc]$$

Para el cálculo de las baterías realizamos las siguientes operaciones, con los siguientes datos.

$$\text{Numero de Bateria} = \frac{C_T [\text{Ah}] * F_D * P_a * (P_E/R)}{C_{BT} [\text{Ah}] * F_D}$$

$$C_T [\text{Ah}] = \frac{432 [\text{Wh}/\text{Noche}]}{12 [\text{Vdc}]} = 36 [\text{Ah}]$$

$$C_T = \text{Carga Total} [\text{Ah}] = 36 [\text{Ah}]$$

$$F_D = \text{Factor de Descarga} = 0.6$$

$$P_a = \text{Perdida por autodescarga} = 1.02$$

$$P_E/R = \text{Perdida Electroquimicas /Rendimiento} = 1.02$$

$$C_b = \text{Cargas de las baterias} = 100 [\text{Ah}]$$

$$F_D = \text{Factor de descarga} = 0.6$$

$$\text{Numerode Bateria} = \frac{36 [\text{Ah}] * 1 * 1.02 * 1.03}{100 [\text{Ah}] * 0.60} = 0.63$$

Considerando que el resultado obtenido es 0.63, se sugiere tomar el valor absoluto de uno. En consecuencia, el sistema se diseñará para operar con una batería de 12V y una capacidad de 100Ah como parte integral del sistema de energía renovable. La batería de 12V y 100Ah proporcionará una capacidad adecuada de almacenamiento de energía para mantener el funcionamiento del sistema en las condiciones previstas, como se muestra en la figura 3.14.

Figura 3. 14 Instalación en sitio



Fuente: Propia

3.14. Diseño de Central de Monitoreo y Alerta Temprana

El diseño de una Central de Monitoreo y Alerta Temprana puede variar dependiendo del contexto en el que se implementará. Identificar todos los riesgos dentro del diseño es uno de los puntos importantes a establecer indicando los riesgos que se desea monitorear y alertar tempranamente o si es considerado como un riesgo social. Establecer la red de comunicación por la cual se transmitirá la información a la central de los puntos remotos.

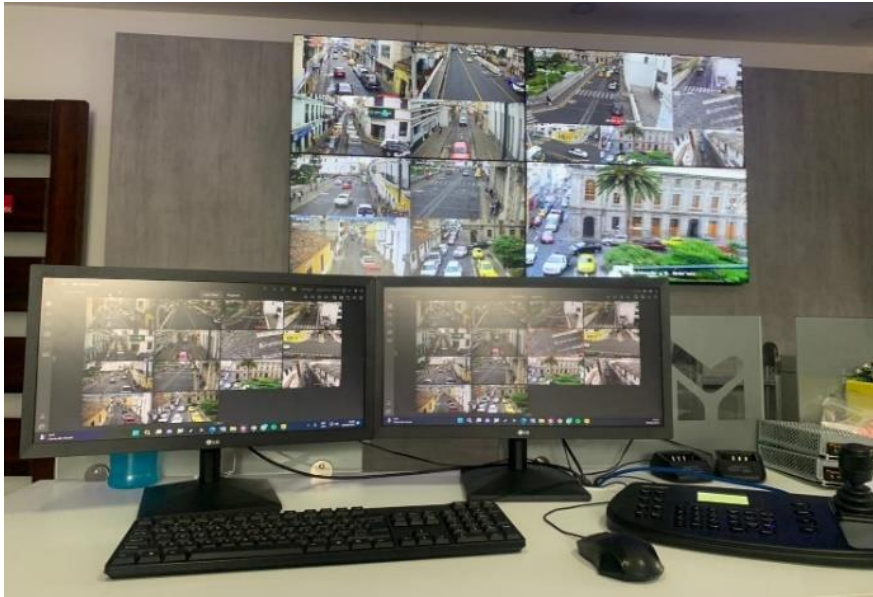
3.14.1. Centralización de Video

La centralización de video en Video Wall es una estrategia cada vez más utilizada en las centrales de monitoreo de seguridad. Consiste en la visualización simultánea de múltiples cámaras de seguridad en una pantalla grande o en conjunto de ellas, conocida como muro de video o Virtual administración de video como se visualiza en la figura 3.15. Esta tecnología ofrece una serie de ventajas y utilidades que mejoran la eficiencia y efectividad de las personas que operan las centrales.

- Pantallas de alta eficiencia.
- Decoders de 4/8/16 canales

- Controlador múltiple de entradas y salidas HDMI/Audio
- Administración centralizada
- Matriz de visualización

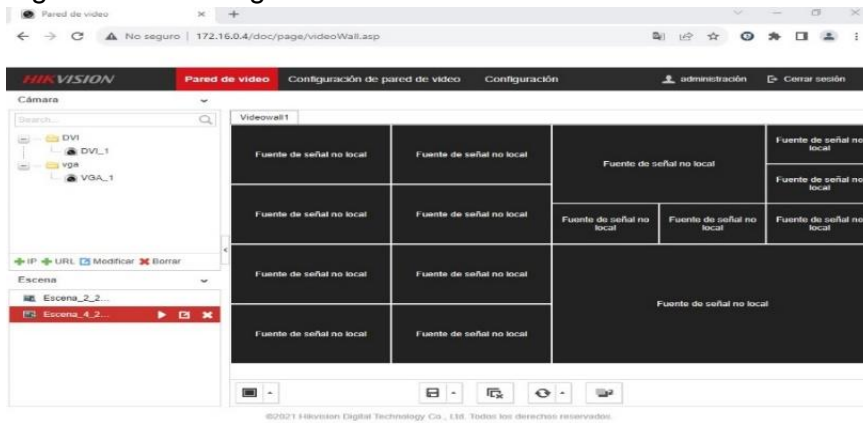
Figura 3. 15: Video Wall



Fuente: Propia

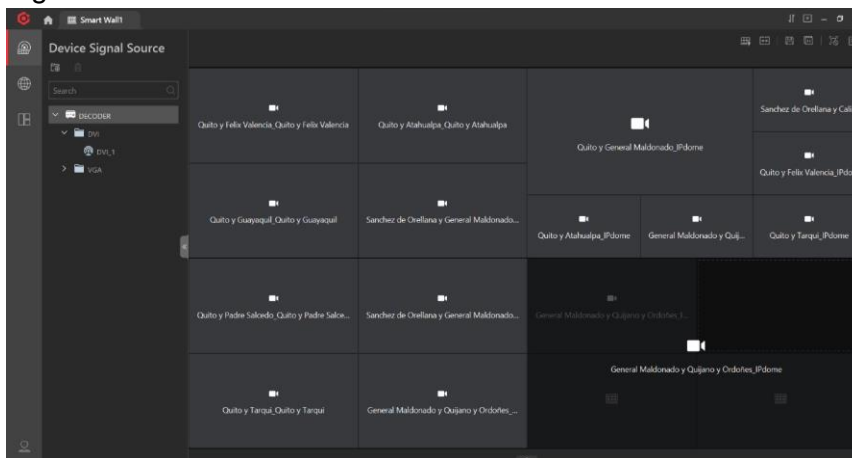
Para crear la matriz de visualización en el Decoders, se inicia accediendo a su interfaz web. Luego, se procede a configurar la matriz de visualización en la que se verá y proyectará la información en todas las pantallas, logrando la apariencia de una única pantalla interconectada. Esta configuración se realiza para que la información que se muestra en las diferentes pantallas se presente de manera coherente, como si todas las pantallas formaran una sola unidad visualmente continua como se muestra en la figura 3.16 y la figura 3.17 muestra la configuración en el equipo.

Figura 3. 16: Configuración de Decoreds



Fuente: Propia

Figura 3. 17: Vista General del Smart Wall

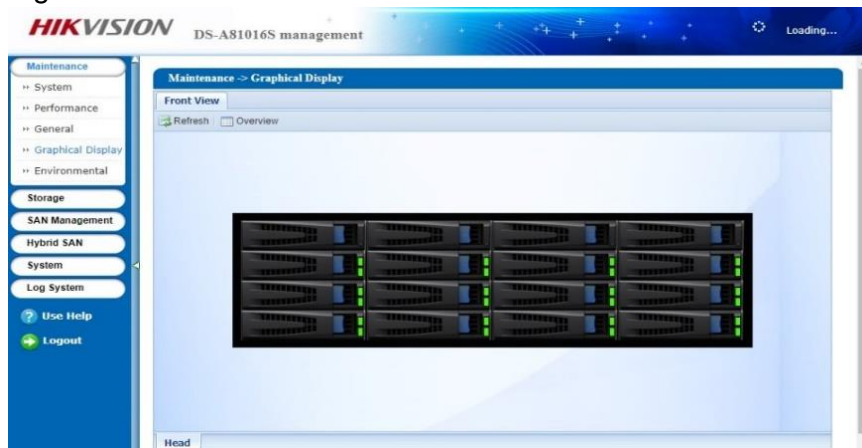


Fuente: Propia

3.14.2. Storage CVR NAS

En la implementación de centrales de monitoreo, los Storage CVR NAS pueden ser una herramienta muy útil para el almacenamiento y la gestión de los datos generados por los sistemas de monitoreo, permitiendo el acceso a los datos de manera remota y en tiempo real, a continuación, se muestra la interfaz web de un CVR/NAS.

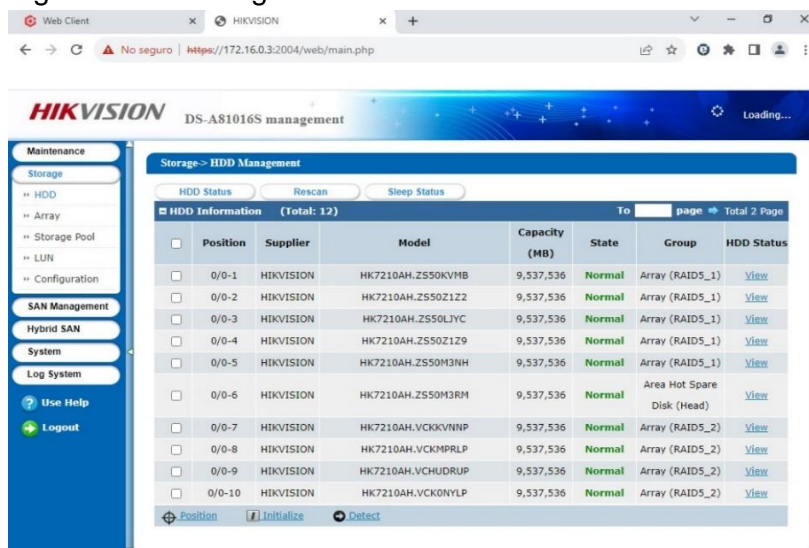
Figura 3. 18: CVR NAS



Fuente: Propia

El proceso se inicia al inicializar el servicio de centralización de almacenamiento mediante una configuración en el CVR utilizando la tecnología IP SAN/NAS, de acuerdo con la figura 3.18 y la figura 3.19 estas configuraciones, crea un arreglo en los discos con el propósito específico de separar las capturas de video e imágenes provenientes de las cámaras. Esta separación facilita la gestión y el acceso a los datos almacenados, permitiendo un control más eficiente y organizado de las grabaciones de video y las imágenes capturadas por el sistema de cámaras.

Figura 3. 19: Configuración de CVRNAS



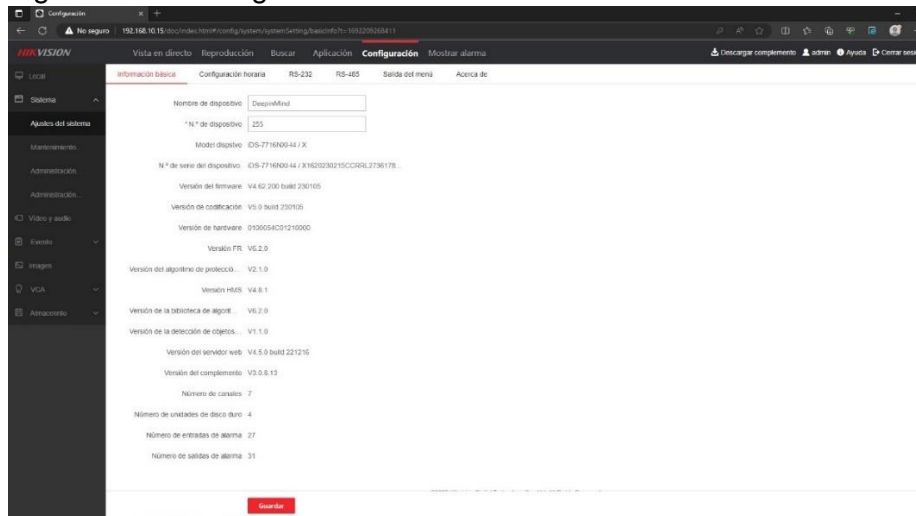
Fuente: Propia

3.14.3. NVR

Los NVR que hacen uso de la Inteligencia Artificial se presentan como herramientas valiosas en la vigilancia de áreas urbanas como calles y plazas en las ciudades. Su capacidad para la detección de objetos y comportamientos sospechosos puede desempeñar un papel esencial en la prevención de delitos y en el fortalecimiento de la seguridad en estos entornos.

Un ejemplo de estos NVR es el modelo iDS-7716NXI-I4/X como se muestra en la figura 3.20, que se destaca por su capacidad para integrarse con algoritmos de IA y realizar análisis en tiempo real de las imágenes capturadas. Esta integración con IA habilita funciones avanzadas como la detección de movimiento, el reconocimiento facial, el conteo de personas y la identificación de objetos abandonados, entre otras. La IA aporta una precisión y eficiencia superiores en la detección y análisis de eventos, lo que simplifica la identificación de situaciones inusuales.

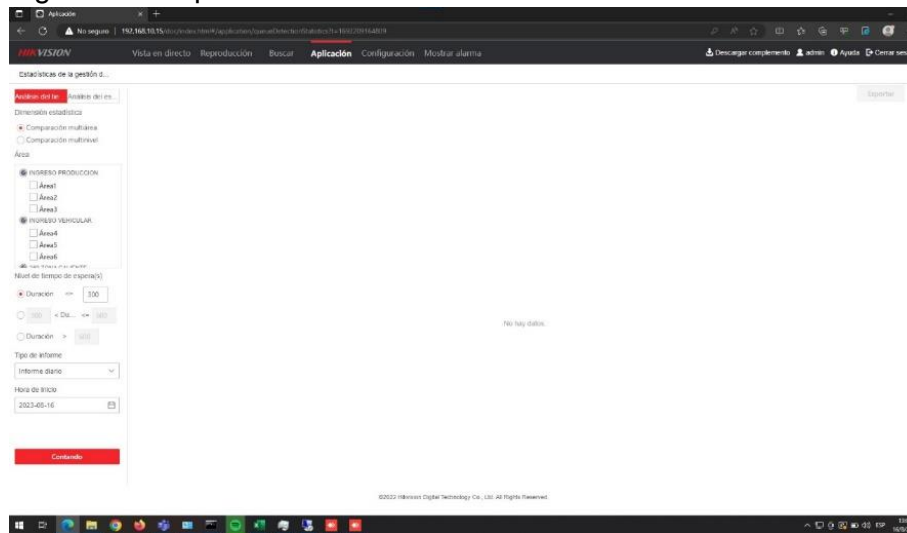
Figura 3. 20: Configuración de NVR



Fuente: Propia

Estas características tienen un impacto positivo en la eficiencia y la efectividad de la vigilancia de seguridad al permitir la detección automática de objetos en los videos capturados como se demuestra en la figura 3.21. En otras palabras, estos sistemas son capaces de identificar automáticamente elementos o eventos de interés en las grabaciones.

Figura 3. 21 Aplicaciones del NVR

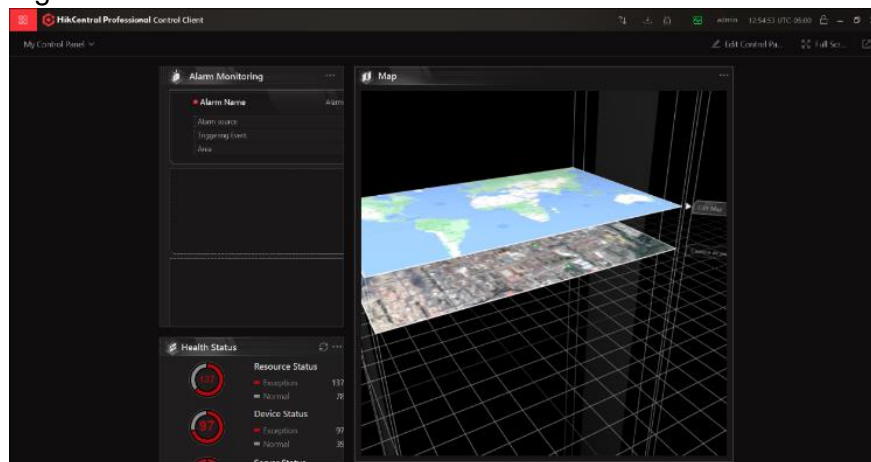


Fuente: Propia

3.14.4. Aplicación Centralizada y Gestión iVMS

Estas plataformas emplean algoritmos de inteligencia artificial y análisis de video para detectar actividades potencialmente sospechosas, así como para identificar objetos o personas de particular interés. La capacidad de estas plataformas para enviar alertas en tiempo real a los operadores de seguridad es esencial para garantizar una respuesta inmediata ante situaciones inusuales o amenazadoras.

Figura 3. 22 iVMS



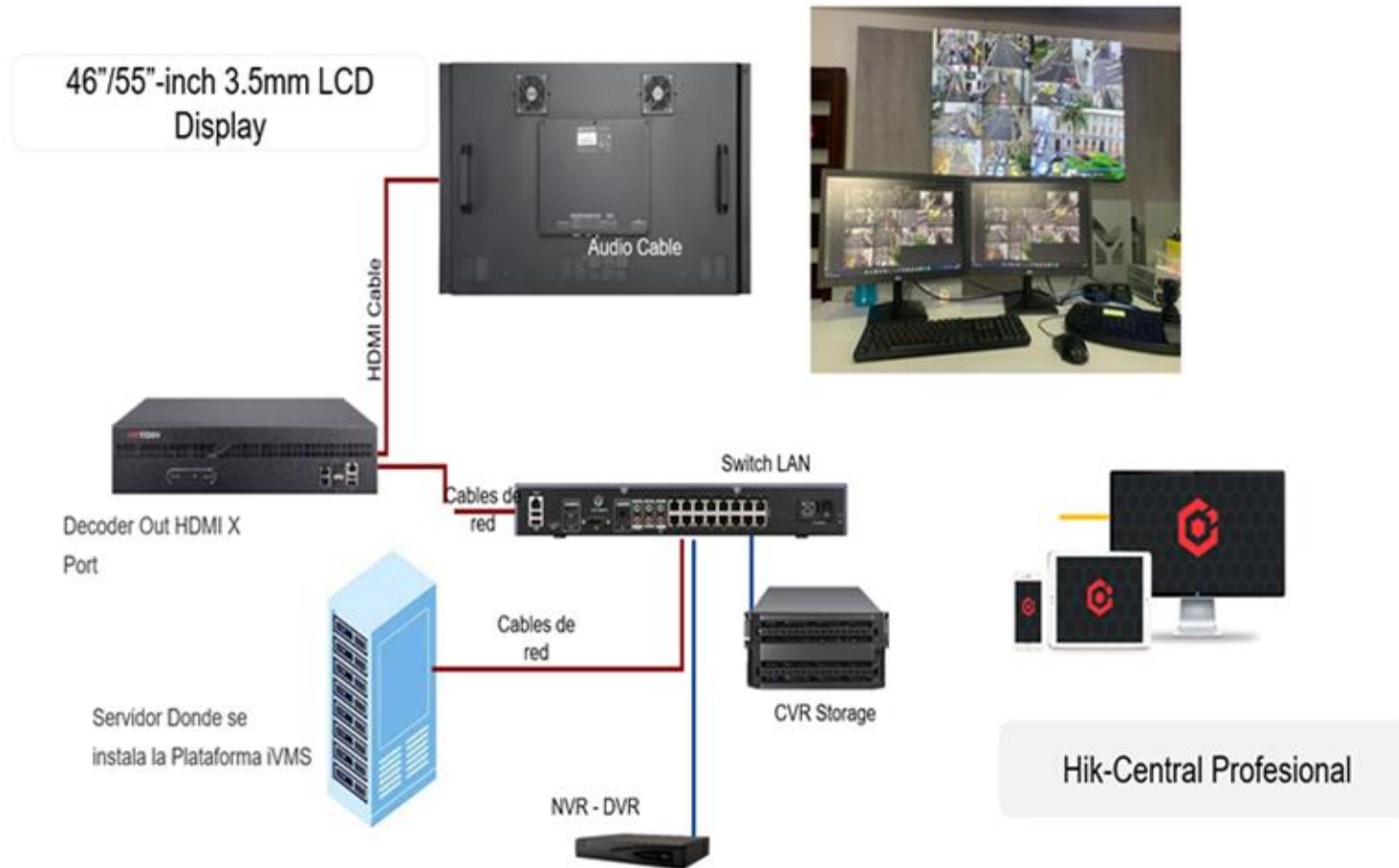
Fuente: Propia

En el proceso de desarrollo, se tomó como punto de referencia la plataforma HikCentral Pro, como se ilustra en la figura 3.22, también conocida como iVMS. Este sistema se destaca por su flexibilidad, escalabilidad, confiabilidad y potencia en el ámbito de la

seguridad. Además, tiene la capacidad de integrarse de manera efectiva con sistemas de terceros.

Las plataformas iVMS tienen la capacidad de recopilar y almacenar datos de video de forma eficiente, lo que posibilita la generación de informes detallados y el análisis retrospectivo de la información capturada. Este aspecto resulta especialmente valioso, ya que permite identificar patrones de comportamiento, perfeccionar la planificación de estrategias de seguridad y tomar decisiones informadas respaldadas por datos concretos como se muestra en la figura 3.23 la conexión de la solución integral de monitoreo y alarma.

Figura 3. 23 Diseño del Sistema de Monitoreo CCTV y Alerta Temprana



Fuente: Propia

4. Capítulo Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

En conclusión, el diseño de un sistema de CCTV para monitoreo y alerta temprana en una red FTTH con integración de energía fotovoltaica ON-GRID presenta una serie de requisitos críticos para su exitosa implementación en entornos urbanos. Estos elementos clave incluyen una baja latencia de comunicación, alta capacidad de ancho de banda, la confiabilidad energética respaldada por baterías y la escalabilidad son componentes críticos que deben considerarse cuidadosamente en su implementación.

La latencia, que debe ser menor a 3,33 ms, es fundamental para permitir la transmisión en tiempo real de alertas y respuestas, lo que se convierte en un aspecto decisivo en situaciones de seguridad. La conectividad de alta capacidad, con al menos 1 Gbps de ancho de banda y un bajo nivel de jitter, garantiza una transmisión fluida de flujos de video en alta definición, mejorando la eficacia de la vigilancia.

La integración de energía solar fotovoltaica respaldada por baterías proporciona una fuente de energía confiable y sostenible que garantiza el funcionamiento continuo del sistema, incluso en situaciones de cortes en la red eléctrica convencional. Esto significa que el sistema de monitoreo y alerta temprana seguirá operando de manera ininterrumpida, incluso en condiciones adversas en las que la alimentación eléctrica habitual pueda verse interrumpida.

Finalmente, la escalabilidad del sistema permite su adaptación a medida que la ciudad expande su red de vigilancia con el tiempo, garantizando que pueda satisfacer las cambiantes necesidades de seguridad y la creciente cobertura en áreas urbanas. Estos factores, en conjunto, son esenciales para un diseño e implementación efectivo del sistema de vigilancia y alerta temprana, lo que contribuye de manera significativa a la mejora de la seguridad pública y la respuesta eficaz y anticipada ante eventos de seguridad en entornos urbanos

4.2. Recomendaciones

A partir de los elementos clave señalados en la conclusión, que se refieren al diseño de un sistema de CCTV para monitoreo y alerta temprana en una red

FTTH con integración de energía fotovoltaica ON-GRID, se derivan las siguientes recomendaciones fundamentales para su exitosa implementación en entornos urbanos o en el contexto de ciudades seguras:

- **Latencia Mínima:** Garantizar que la latencia de comunicación entre las cámaras y los servidores centrales de análisis de imágenes sea menor a 50ms. Esto se logra a través de una infraestructura de red de alta velocidad y baja latencia.
- **Energía Solar y Respaldo de Baterías:** Implementar sistemas de energía solar fotovoltaica respaldados por baterías en ubicaciones críticas, como puntos de acceso y servidores.
- **Escalabilidad:** Diseñar el sistema de manera que sea escalable, permitiendo la incorporación de cámaras, sensores y terminales adicionales a medida que se expanda la red de vigilancia de la ciudad. Esto asegura que el sistema pueda adaptarse a las cambiantes necesidades y al crecimiento.
- **Mantenimiento Preventivo:** Establecer un programa de mantenimiento preventivo regular para garantizar el funcionamiento continuo y confiable del sistema.
- **Integración de IA:** Considerar la integración de algoritmos de Inteligencia Artificial para análisis de video y detección de eventos sospechosos, mejorando la detección y respuesta en tiempo real.

En resumen, las recomendaciones proporcionadas establecen un enfoque sólido y completo para la implementación exitosa de un sistema de vigilancia y alerta temprana en entornos urbanos.

Bibliografía

- 8 Port GPON OLT. (2016). VSOL. <https://es.vsolcn.com/product/8-port-gpon-olt-v1600g1b>
- Agusto, M., & Guerrero, F. (2020). *Diseño e implementación de un modelo educativo de fibra óptica para desarrollo de prácticas en el laboratorio de comunicaciones ópticas* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19459>
- Alcoser, F., Vega, G., & Ramos, R. (2023). Evaluación de los Servicios de la Red gpon de CNT de la Parroquia Barreiro Viejo del Cantón Babahoyo. *REICIT*, 3(1), Art. 1. <https://doi.org/10.48204/reict.v3n1.3951>
- Aldali, N. (2020, marzo 9). *Diseño de enlaces de fibra óptica de larga distancia y alta capacidad* [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis]. E.T.S.I y Sistemas de Telecomunicación (UPM). <https://oa.upm.es/67355/>
- Batal, F. (2023, enero 25). Núcleos de fibra óptica OS1 y OS2 Cables de fibra óptica Upcom Telekomunikasyon. *Upcom Telekomunikasyon*. <https://www.upcom.com.tr/es/cables-de-fibra-optica/nucleos-de-fibra-optica-os1-y-os2/>
- Bhaumik, S., & McGrath, A. (2023). *Differences between OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2 fiber optic cable nomenclatures*. STL Tech. https://stl.tech/wp-content/uploads/2023/04/Differences_between_OM1__OM2__OM3__OM4_.pdf
- Cabezas, P., & Cabrera, J. (2020). Diseño de una red pasiva GPON para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones en el cantón Macaró. *Domino de las Ciencias*, 6(3), Art. 3. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1282>

Cablecel. (2018). Conversores de medios / módulos | **【Nº1 en Precios】** .

TRANSCEIVER DE FIBRA / MODULOS GBIC.

<https://www.cablecel.com/categorias-de-productos/networking-y-wireless/switch-puntos-de-acceso-y-antenas/conversores-de-medios-modulos/>

Cabrera, J., Pérez, D., & Chávez, P. (2022). *Diseño y Simulación de Sistema de Videovigilancia para el Monitoreo de Cultivos y Control de Acceso del Personal* [Tesis de grado, ESPOL.FIEC].

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56321>

Catalán, H. (2021). Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases efecto invernadero en México. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 52(204), Art. 204.

<https://doi.org/10.22201/iiiec.20078951e.2021.204.69611>

CDATA. (2016). *FTTH ONU*. <https://cdatatec.com/ftth-onu>

Chan, A. (2020). *Fibra Óptica: Evolución, Estándares y Aplicaciones* [Tesis de grado, Universidad de Quintana Roo].

<http://risisbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/2610/TA1800.2020-2610.pdf?ipe>

Chanclou, P., Suzuki, H., Wang, J., Ma, Y., Boldi, M., Tanaka, K., Hong, S., Rodrigues, C., Neto, L., & Ming, J. (2017). How Does Passive Optical Network Tackle Radio Access Network Evolution? *Journal of Optical Communications and Networking*, 9(11), 1030-1040. <https://doi.org/10.1364/JOCN.9.001030>

Chiné, B., Cuevas, R., Jiménez, R., & Ortiz, G. (2019). Estudio experimental de la carbonatación del concreto | Revista Tecnología en Marcha. *Tecnología en marcha*, 32(2), 1-12.

- Community FS. (2018, junio 28). *¿Qué es transceiver fibra óptica sfp (mini-gbic) y cómo opciona? | Comunidad FS. Knowledge.*
<https://community.fs.com:7003/es/blog/sfp-module-what-is-it-and-how-to-choose-it.html>
- Community FS. (2021, mayo 4). *Definición y tipos del splitter fibra óptica | Comunidad FS. Definición y Tipos Del Splitter Fibra Óptica.*
<https://community.fs.com:7003/es/blog/what-is-a-fiber-optic-splitter-2.html>
- Conway, E. (2019). *Optical Fiber Communications Principles and Practice*. Scientific e-Resources. <https://books.google.com.ec/books?id=6-LEDwAAQBAJ&lpg=PR1&lr&hl=es&pg=PR1#v=onepage&q&f=false>
- Cuesta, M., & Freire, L. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de seguridad a través de cámaras IP en una empresa dedicada a la fabricación de tuberías y conexiones plásticas*. [Tesis de grado, ESPOL. FIEC].
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53594>
- Dantas, E. (2022). *Proposta de implementação de cabeamento estruturado no centro de diagnóstico por imagem de um hospital universitário* [Tesis de grado, Instituto Federal del Rio Grande del Norte].
<http://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/2404>
- Díaz, A., & Guacollante, O. (2019). *Implementación de un sistema de video vigilancia mediante cámaras IP para Ceramic Center Cía. Ltda. De la ciudad de Quito* [BachelorThesis, Quito, 2019.].
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20426>
- Enríquez, E. (2020). *Propuesta de red de acceso fija de Banda Ancha en la Península Ancón, municipio Trinidad*. [Tesis de grado, Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas].

<https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/89cb9af5-e2d4-4d29-847d-97ed3c0ad931/content>

Espejo, C., & Aparicio, A. (2020). La Producción de Electricidad con Energía Solar Fotovoltaica en España en el Siglo XXI. *Revista de Estudios Andaluces*, 39, Art. 39. <https://doi.org/10.12795/rea.2020.i39.04>

Espinoza, A., Nakano, M., Sánchez, G., & Arista, A. (2018). Sistemas de Información Geográfica y su Análisis Aplicado en Zonas de Delincuencia en la Ciudad de México. *Información tecnológica*, 29(5), 235-244. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000500235>

Faulkner, D., & Baddour, K. (2019). *Faulkner's Enterprise Communications*. Elsevier. <http://www.faulkner.com/showcase/entcom.htm>

Ferreira, G., Minotti, C., & Florian, F. (2022). Energía Fotovoltaica-Aplicación sistema On Grid en residencia. *Revista Científica Multidisciplinar*, 3(1), 1-12.

Fibrastore. (2022). *Tipos de fibra Multimodo: OM1 vs OM2 vs OM3 vs OM4 vs OM5*. <https://www.fibrastore.com.br/post/tipos-de-fibra-multimodo-om1-vs-om2-vs-om3-vs-om4-vs-om5>

foa. (2020). *Introducción a la FTTH* [Documento Web]. Introducción a la FTTH. <https://www.thefoa.org/tech/ref/appln/FTTH-ESP/Introduccion%20a%20la%20FTTH.html>

Game, E., & Terán, J. (2023). *Diseño e implementación de un sistema de energía renovable aislado para viviendas individuales de la comuna la masa 1 – Golfo de Guayaquil* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24661>

Garcés, L., Sánchez, R., Cabrera, A., Sánchez, S., & Brox, P. (2020). Implementación de un detector de movimiento para cámaras inteligentes

sobre sistemas embebidos. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 41(3), 53-65.

Hecht, J. (2015). *Understanding Fiber Optics*. Jeff Hecht.

https://books.google.com.ec/books?id=PIglCQAAQBAJ&lpq=PT13&ots=YRP3g_tYZY&dq=The%20Business%20of%20Fiber%20Optics&lr&hl=es&pg=PT13#v=onepage&q=The%20Business%20of%20Fiber%20Optics&f=false

HikVision. (2020). *DS-6900UDI(B) Series HD Video and Audio Decoder*.

https://www.hikvision.com/content/dam/hikvision/products/S000000001/S000000033/S000000049/S000000062/OFR000081/M000044627/User_Manual/UD21938B_Baseline_User-Manual-of-DS-6900UDIB-Series-Decoder_V2.6.1_20201109.pdf

Ikastaroak. (2018a). *Tipos de fibras ópticas*. Tipos de fibras ópticas.

https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ICTV/ICTV07/es_IEA_ICTV07_Contenidos/ICTV07_CONT_R122_pic075.jpg

Ikastaroak. (2018b). *Tipos de fibras ópticas*.

https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ICTV/ICTV07/es_IEA_ICTV07_Contenidos/ICTV07_CONT_R123_pic076.jpg

Infante, M., López, J., & Villarruel, Z. (2022). ¿Mito o realidad? Inseguridad ciudadana en la parroquia urbana “Alpachaca”, en Ibarra-Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(6), 24-30.

Inversolar. (2022, mayo 11). TODO sobre el nuevo cargador de vehículos eléctricos de Growatt | Thor Smart EV Charger. *INVERSOLAR*.

<https://inversolar.es/todo-sobre-el-nuevo-cargador-de-vehiculos-electricos-de-growatt-thor-smart-ev-charger/>

- JOHN M. SENIOR. (2009). *Optical Fiber Communications Principles and Practice: Vol. Third Edition*.
- Kaminow, I., Li, T., & Wilner, A. (Eds.). (2021). *Optical Fiber Telecommunications, Vol. 5, Part A: Components and Subsystems, 5th Edition* (5th edition). Academic Press. <https://www.amazon.com/Optical-Fiber-Telecommunications-Vol-Part/dp/0123741718>
- Lam, C. (2019). *Passive optical networks: Principles and practice*. Elsevier. https://www.researchgate.net/publication/216545888_Passive_optical_networks_Principles_and_practice
- León, D., & Martínez, O. (2021). Red FTTH utilizando tecnología ITU G984.x para la migración de una red ADSL en la ciudad de Alausí. *Tesla Revista Científica*, 1(1), Art. 1. <https://doi.org/10.55204/trc.v1i1.4>
- Llanos, M., & Zapata, R. (2019). *Diseño de un sistema de video vigilancia bajo una red de fibra óptica para mejorar la seguridad en los ambientes de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo—Lambayeque*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/5491>
- Loayza, P., Guaña, J., & Pumares, A. (2020). Guía metodológica de levantamiento de información para el diseño de redes FTTH-GPON con enfoque QoS - ProQuest. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 26, 13.
- Mayhouri, F. (2022). *Diseño de una red de fibra óptica Fiber To The Home para la mejora de la transmisión de datos aplicando la metodología G – PON en la Urbanización Los Incas de la ciudad de Juliaca* [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5993>

- Mendonça, M., Moreira, B., Coelho, J., Cacho, N., Lopes, F., Cavalcante, E., Dias, A., Ribeiro, J. L., Loiola, E., Estaregue, D., & Moura, B. (2016). Improving public safety at fingertips: A smart city experience. *2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*, 1-6.
<https://doi.org/10.1109/ISC2.2016.7580772>
- Monje, B. (2021, octubre 6). Esquema instalacion fotovoltaica aislada. *Esquema instalacion fotovoltaica aislada*. <https://todoespana.es/material-electrico/esquema-instalacion-fotovoltaica-aislada/>
- Moreno, I. (2020). *Propuesta de Red Metropolitana Ethernet para la provincia de Las Tunas* [Tesis de maestria, UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS]. <https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/f81f7b8f-9a63-4802-8b28-90c317cafb15/content>
- Nieto, A., & Carriel, R. (2022). La fibra óptica como medio para el desarrollo de las telecomunicaciones en Ecuador | E-IDEA Journal of Engineering Science. *E-IDEA Journal of Engineering Sciencies*, 2(5), 1-12.
- Nonaka, M., Agüero, M., Hnilo, A., & Kovalsky, M. (2020). Desarrollo en labview y matlab para el control y automatización de experimentos en óptica cuántica. *ANALES AFA*, 31(2), Art. 2.
- Pardo, A., & Santos, B. (2020). *Diseñar e implementar una red GPON y arquitectura FTTH aplicando los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A, en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones* [Tesis de grado, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020].
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5360>
- Paz, H., Campagnoli, S., Gómez, J., & Currea, J. (2019). Theoretical Model of Sensor based on the Principle of Light Reflectometry on Optical Fiber for

- Detection of Vehicular Overload. *Información tecnológica*, 30(2), 275-282.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000200275>
- Pintos, A. (2022). *Evolución de las redes de fibra óptica de última milla: Tecnología XG-PON implementación y sus potencialidades trabajo* [Tesis de grado, Universidad ORT Uruguay].
<https://dspace.ort.edu.uy/handle/20.500.11968/6404>
- Poe, R. (2023). *The Evolution of the Video Wall*.
<https://www.electrosonic.com/blog/the-evolution-of-the-video-wall>
- Rábano, C. (2022). *Estudio tecno-económico del despliegue del estándar 50G-PON sobre infraestructura óptica heredada* [Tesis de grado, Universitat Oberta de Catalunya]. <https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/145907>
- Rezabala, W., & Chancay, L. (2023). Sistema de alerta temprana mediante clasificación de imágenes para medir el nivel de seguridad en las paradas de buses. *Polo del Conocimiento*, 8(7), Art. 7.
<https://doi.org/10.23857/pc.v8i7.5825>
- Rodriguez, A. (2013a, julio 9). Equipo de red para distribución óptica pasiva [Equipo de red para distribución óptica pasiva]. *Introducción a la tecnología FTTH*.
<https://www.instaladoresdetelecomhoy.com/introduccion-a-la-tecnologia-ftth/>
- Rodriguez, A. (2013b, julio 9). Introducción a la tecnología FTTH.
instaladoresdetelecomhoy.com.
<https://www.instaladoresdetelecomhoy.com/introduccion-a-la-tecnologia-ftth/>
- Rodriguez, A. (2013c, julio 11). Parámetros físicos principales que afectan al rendimiento de la red FTTH. *Parámetros físicos principales que afectan al rendimiento de la red FTTH*.

<https://www.instaladoresdetelecomhoy.com/parametros-fisicos-principales-que-afectan-al-rendimiento-de-la-red-ftth/>

Sol-Ark. (2023, julio 20). ¿Qué tipos de sistemas fotovoltaicos puedes diseñar con inversores Sol-ark? *Sol-Ark Latinoamérica*. <https://es-la.sol-ark.com/noticias/que-tipos-de-sistemas-fotovoltaicos-puedes-disenar-con-inversores-sol-ark/>

Ter, V. (2019). *Fundamentals of Fiber Lasers and Fiber Amplifiers* (Vol. 181). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33890-9>

Ulloa, F., Carrizo, D., & García, L. (2021). Alternativas de comunicación para redes de sensores AML en Internet de las cosas para escenario energético en ciudades inteligentes. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(1), 158-167. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052021000100158>

Villacís, G., & Guamán, G. (2023). *Implementación de bastidor de fibra óptica en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena* [Tesis de grado, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2023]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9025>

Xiao, Y., & Yu, J. (2013). A novel WDM-ROF-PON architecture based on 16QAM-OFDM modulation for bidirectional access networks. *Optics Communications*, 295, 99-103. <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2013.01.036>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Andrade Arreaga, Byron Michael** con C.C: # 092679904-0 autor del Trabajo de Titulación: **Diseño de un sistema CCTV de monitoreo y alerta temprana sobre la red de acceso óptico FTTH con integración de energía fotovoltaica ON-GRID**, previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, al 6 día del mes de septiembre del año 2023

f. 

Nombre: **Andrade Arreaga, Byron Michael**

C.C: 092679904-0

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño de un sistema CCTV de monitoreo y alerta temprana sobre la red de acceso óptico FTTH con integración de energía fotovoltaica ON-GRID.		
AUTOR(ES)	Andrade Arreaga, Byron Michael		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Palacios Meléndez, Edwin Fernando, M. Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	6 de septiembre del 2023	No. DE PÁGINAS:	78
ÁREAS TEMÁTICAS:	Fibra Óptica, Monitoreo, CCTV, Alerta Temprana, Energía Renovable		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Fibra Óptica, Monitoreo, CCTV, Alerta Temprana, Energía Renovable		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>En la fase inicial de este proceso de diseño, se llevará a cabo una minuciosa revisión de la literatura relacionada con los sistemas de circuito cerrado de televisión (CCTV), las redes de acceso óptico FTTH (Fiber to the Home), la energía fotovoltaica ON-GRID y su aplicación en el contexto de la seguridad urbana. Esta revisión exhaustiva de la literatura es de vital importancia, ya que nos permitirá adentrarnos profundamente en los fundamentos y las mejores prácticas de estas áreas, estableciendo así una sólida base de conocimiento. Con base en los requisitos específicos identificados durante esta revisión, avanzaremos hacia el diseño detallado del sistema de CCTV y su centralización en un sistema de monitoreo y alerta temprana (iVMS).</p> <p>Además, se llevará a cabo un análisis exhaustivo para determinar la ubicación óptima de las cámaras y sensores, considerando los puntos críticos y vulnerables de la zona urbana que se desea proteger. Simultáneamente, se realizará una planificación detallada de la infraestructura de red FTTH. Esto abarcará la identificación estratégica de puntos de acceso, la estimación precisa de la capacidad necesaria.</p> <p>Por último, pero no menos importante, se abordará la integración de paneles solares fotovoltaicos ON-GRID. Esta integración se realizará con el propósito de aprovechar fuentes de energía renovable para alimentar el sistema de CCTV centralizado. Esto no solo reducirá los costos operativos a largo plazo, sino que también contribuirá significativamente a la sostenibilidad del sistema en su conjunto, asegurando su continuidad en caso de interrupciones en la red eléctrica convencional.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593989815314	E-mail: byron.andrade@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ricardo Xavier Ubilla González		
	Teléfono: +593-99-952-8515		
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			