



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería de Electrónica y Eléctrica
Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones

**Mejoramiento del sistema de cableado estructurado de
una oficina corporativa convencional empleando la
tecnología PoE IEEE 802.3bt**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de
Telecomunicaciones

AUTOR

John Helver PACHECO PALACIN

ASESOR

Rogelio Isaac VALDERRAMA ROMERO

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Pacheco, J. (2023). *Mejoramiento del sistema de cableado estructurado de una oficina corporativa convencional empleando la tecnología PoE IEEE 802.3bt*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	John Helver Pacheco Palacin
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72636333
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Rogelio Isaac Valderrama Romero
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09074547
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-9436-0757
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jose Carlos Hurtado Rantes
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08558088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Horacio Alfonso Jesus Chacon Cursack
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08738113
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.3.10. Redes de datos
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Edificio corporativo JDA-700 País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Isidro Latitud: - 12.096315 Longitud: -77.028201

Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2019 – Agosto 2019
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01 Ingeniería de sistemas y comunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04 Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 053/FIEE-CTGT/2023

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 06 de septiembre del 2023, como Presidente de Jurado el **ING. JOSE CARLOS HURTADO RANTES**, integrado por el Miembro de Jurado **DR. WERNER WILMER PACHECO LUJAN**, el Miembro de Jurado **MG. EDY ALBERTO ROMÁN CCORAHUA** y Miembro Asesor el **ING. ROGELIO ISAAC VALDERRAMA ROMERO**.

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. JOHN HELVER PACHECO PALACIN** con código N° 11190252 que para optar el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO DE UNA OFICINA CORPORATIVA CONVENCIONAL EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA PoE IEEE 802.3bt”**

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo quince (16).

Ciudad Universitaria, 11 de septiembre del 2023

ING. JOSE CARLOS HURTADO RANTES
Presidente de Jurado

DR. WERNER WILMER PACHECO LUJAN
Miembro Jurado

MG. EDY ROMÁN CCORAHUA
Miembro Jurado

ING. ROGELIO VALDERRAMA ROMERO
Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES

INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.
 2. Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones.
 3. Emisor del Informe el presidente de la Comisión Ejecutiva del Pro0grama de Perfeccionamiento Profesional.
 4. Operador del programa informático de similitudes: Renato Paredes Peñafiel.
 5. Documento evaluado: Trabajo de Suficiencia Profesional para título de (pregrado)
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO DE UNA OFICINA CORPORATIVA CONVENCIONAL EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA PoE IEEE 802_3bt
 6. Autor de la tesis: **JOHN HELVER PACHECO PALACÍN**
Fecha de aplicación de recepción del documento: 05-04-2023
 7. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 05-04-2023
 8. Software utilizado: Turnitin.
 9. Configuración del programa detector de similitudes:
 - Excluye citas.
 - Excluye bibliografía.
 - Excluye cadenas menores de 40 palabras
 10. Porcentaje de similitudes según programa detector: Ocho por ciento – 8%
 11. Fuentes originales de las similitudes encontradas.

1. hdl.handle.net	4% Fuente de Internet
2. repository.usta.edu.com	1% Fuente de Internet
3. biblioteca.uteg.edu.ec:8080	1% Fuente de Internet
4. repository.uladech.edu.com	<1% Fuente de Internet
5. upc.aws.openrepository.com	<1% Fuente de Internet
6. www.slideshare.net	<1% Fuente de Internet
7. docplayer.es	<1% Fuente de Internet
8. dspace.ups.edu.ec	<1% Fuente de Internet
9. Submitted to Universidad Nacional Mayor de San Marcos	<1% Fuente de Internet
 12. Observaciones: Ninguna.
 13. Calificación de originalidad.
 - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.
 14. Fecha del informe: 05 de junio del 2023.
- Atentamente,

Mg. Renato Paredes Peñafiel
Presidente de la Comisión Ejecutiva del Programa de
Perfeccionamiento Profesional

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla para mejorar las condiciones técnicas observadas en el sistema de cableado estructurado existente en la oficina corporativa. A partir de un diseño de ingeniería basado en recomendaciones de fabricantes, organismos normativos, entre otros; se propone pautas para lograr los objetivos trazados del presente trabajo.

El autor basándose en fundamentos técnicos de fabricantes y organismos normativos, recomienda el uso del cableado F/UTP categoría 6A y la bandeja portacables tipo “malla” como componentes esenciales para una nueva instalación del sistema de cableado estructurado. Esto se debe a sus ventajas para soportar la elevación de la temperatura en el cableado, puesto que la bandeja al ser abierta permite brindar ventilación al cableado instalado. En este sentido Nexans (fabricante de cableado) recomienda instalar en paquetes de 37 cables, para evitar el problema del aumento de temperatura en el cableado UTP instalado en las bandejas.

Complementariamente a la investigación, el autor desarrolló un prototipo digital en 3D de la oficina corporativa empleando los softwares AutoCAD y Sketchup con el objetivo de plasmar su diseño y estudio teórico realizado en la investigación. Asimismo, servir como una herramienta para la presentación de soluciones técnicas previas a una implementación.

Palabras clave: Sistema de cableado estructurado, Tecnología PoE, Estándar IEEE 802.3bt, Cableado F/UTP, Oficina corporativa.

ABSTRACT

The present work is developed to improve the technical conditions observed in the existing structured cabling system in the corporate office. From an engineering design based on recommendations from manufacturers, regulatory bodies, among others; guidelines are proposed to achieve the objectives outlined in this work.

Based on the technical foundations of manufacturers and regulatory bodies, the author recommends the use of category 6A F/UTP cabling and the "mesh" type cable tray as essential components for a new installation of the structured cabling system. This is due to its advantages in supporting the rise in temperature in the cabling, since when the tray is opened it allows ventilation for the installed cabling. In this sense, Nexans (cabling manufacturer) recommends installing in packages of 37 cables, to avoid the problem of temperature rise in the UTP cabling installed in the trays.

Complementary to the investigation, the author developed a 3D digital prototype of the corporate office using the AutoCAD and Sketchup software with the aim of capturing the design and theoretical study of it carried out in the investigation. Also, serve as a tool for the presentation of technical solutions prior to an implementation.

Keywords: Structured cabling system, PoE Technology, IEEE 802.3bt Standard, F/UTP Cabling, Corporate Office.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	ix
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	2
2.1 Institución donde se desarrolló la actividad	2
2.2 Periodo de duración de la actividad.....	2
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad.....	2
2.4 Razón social	3
2.5 Dirección postal	3
2.6 Correo electrónico del profesional a cargo.	3
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	4
3.1 Descripción de la realidad del problema.....	4
3.2 Definición del problema	5
3.2.1 Problema General	5
3.2.2 Problemas específicos	5
3.3 Justificación e importancia de la investigación	5
3.4 Objetivos de la actividad.....	6
3.4.1 Objetivo general	6
3.4.2 Objetivos específicos.....	6
3.5 Metodología.....	6
3.5.1 Bases teóricas.....	6
3.6 Marco conceptual	9
3.6.1 Red de telecomunicaciones	9

3.6.2	Red Ethernet	11
3.6.3	Cableado UTP	12
3.6.4	Tecnología PoE	14
3.6.5	Normativas que servirán en el diseño de la red de cableado estructurado	18
3.6.6	Sistema de cableado estructurado	21
3.7	Procedimiento	24
3.7.1	Análisis técnico detallado de la problemática del sistema de cableado estructurado existente	24
3.8	Diseño del nuevo sistema de cableado estructurado empleando la tecnología PoE	26
3.8.1	Subsistema de canalización	26
3.8.2	Sistema de cableado horizontal y vertical	31
3.8.3	Sala de telecomunicaciones	32
3.8.4	Área de trabajo	37
3.9	Herramientas y/o softwares empleados para el diseño del nuevo sistema de cableado estructurado	39
3.9.1	Dibujo en 2D – software AutoCAD	40
3.9.2	Modelado en 3D – software Sketchup	40
3.10	Diagrama propuesto del sistema de cableado estructurado	40
3.11	Presentación de resultados	40
3.11.1	Resultados de la creación del plano de arquitectura de la oficina corporativa (2D)	41
3.11.2	Resultados del modelamiento tridimensional de la oficina corporativa	42
3.11.3	Resultados de la propuesta de equipamiento para la sala de telecomunicaciones	45
3.11.4	Resultados de los diseños de la red inalámbrica y cámaras de video	45
CAPITULO IV: CONCLUSIONES		47
4.1	Metodología aplicada	47
4.1.1	Estimación de costos	47
4.2	Conclusiones	48

CAPITULO V: RECOMENDACIONES.....	49
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA	50
CAPITULO VII: ANEXOS	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de topologías de red. Fuente: Ávila (2014)	10
Figura 2: Comparativa de los tipos de cable UTP. Fuente: Siemon (2013) .	12
Figura 3: Formación de paquetes de 37 y 259 cables.	16
Figura 4: Temperatura medida en el centro del paquete vs. paquete de cables. Fuente: Nexans (2019)	17
Figura 5: Cableado horizontal ($d \leq 90$ m).....	23
Figura 6: Componentes utilizados en una toma de telecomunicaciones.	24
Figura 7: Cálculo de capacidad de cables para bandeja de 105 x 200 mm.	28
Figura 8: Interconexión de bandeja portacables con tuberías tipo conduit. .	29
Figura 9: Cálculo del número de cables en una tubería conduit EMT.....	30
Figura 10: Sección transversal del cable F/UTP Categoría 6A.....	32
Figura 11: Switch PoE Ruckus ICX 7650-48ZP.....	33
Figura 12: Grabador de video digital DH-XVR7816S-4KL-X-LP.....	33
Figura 13: Rack de telecomunicaciones con ordenadores verticales de alta densidad. Fuente: Siemon (2020).....	34
Figura 14: Panel de conexiones de 24 puertos ZS-PNL(F)-24E.....	35
Figura 15. Conector de 8 posiciones Shielded Z-MAX 6A Outlet.....	35
Figura 16: UPS Vertiv Liebert GXT5 6 kVA.	36
Figura 17: PDU vertical modelo: PDUMV20HVNETLX.....	37
Figura 18: Componentes de una toma de telecomunicaciones (TO).	38
Figura 19: Cámara IP tipo domo Varifocal (4MP) modelo DS-2CD2745FWD- IZS. Fuente: Siemon (2019).....	38
Figura 20: Access point inalámbrico de alta densidad AP-515.	39
Figura 21: Plano en 2D del prototipo de la oficina corporativa convencional.	41
Figura 22: Dibujo de la oficina corporativa importado en el software SketchUp. Fuente: Elaboración propia.....	42

Figura 23: Vista de planta del recorrido de las bandejas en la oficina corporativa. Fuente: Elaboración propia	43
Figura 24: Vista panorámica del modelado 3D finalizado.	44
Figura 25: Diseño propuesto de la sala de telecomunicaciones	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Clases y categorías normados para el cable UTP	13
Tabla 2: Estándares PoE, potencias de trabajo, aplicaciones	15
Tabla 3: Características técnicas del sistema de cableado estructurado convencional.....	25
Tabla 4: Consolidado total relacionado a N° de puntos de red, equipos y componentes	26
Tabla 5: Características técnicas de la bandeja portacables tipo “malla”	27
Tabla 6: Diámetros de tubería conduit tipo EMT (Electrical Metallic Tubing)	30
Tabla 7: Características técnicas del cable F/UTP categoría 6A	31
Tabla 8: Cálculo de potencia total para determinar la capacidad del UPS ..	36
Tabla 9: Costo total estimado del proyecto	47

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El sistema de cableado estructurado existente la oficina corporativa presenta condiciones técnicas desfavorables para la implementación de un sistema de cableado estructurado que soporte la tecnología IEEE PoE 802.3bt. El motivo principal es la antigüedad del cableado, dado que la instalación se realizó en el año 2005, las categorías de los cableados UTP empleados son categoría 5e y 6, mientras que las bandejas portacables son del tipo lisas.

Por tales motivos, es necesario realizar una modernización general del sistema de cableado estructurado con equipamiento y materiales con tecnologías actualizadas. Para lograr dicho objetivo, el autor en base a recomendaciones de fabricantes y organismos internacionales, propone el uso del cableado F/UTP Categoría 6A y la bandeja portacables tipo malla como mejoras a implementarse para modernizar el sistema de cableado estructurado existente. Además, presenta la creación de un prototipo digital de una oficina corporativa donde se reflejan estas mejoras. La estructura del informe se conforma de la siguiente forma. En el capítulo I se describe una breve introducción acerca de la problemática encontrada y la solución a la misma. En el capítulo II se presenta la información del centro de labores donde se realizó la actividad. En el capítulo III se desarrolla la problemática, se resalta los problemas y objetivos generales y secundarios; de igual forma se sustenta la justificación e importancia de la investigación. Se desarrolla las bases teóricas que son relevantes para fundamentar el presente trabajo. Para finalizar se desarrolla el procedimiento para mejorar la problemática encontrada. En el capítulo IV se presenta un resumen económico de costos estimados de inversión y las conclusiones finales del trabajo. En el capítulo V se expone las recomendaciones para futuros trabajos de esta índole y en el capítulo VI se citan las referencias bibliográficas empleadas en el presente trabajo.

CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución donde se desarrolló la actividad

Las actividades vistas en el presente trabajo de suficiencia profesional se realizaron en el edificio corporativo JDA-700 ubicado en el distrito de San Isidro.

2.2 Periodo de duración de la actividad.

Las actividades observadas en el presente trabajo se realizaron desde enero del 2019 hasta agosto del 2019.

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad

El objetivo principal de la empresa es convertirse en un socio estratégico para sus clientes en su crecimiento continuo, buscando la optimización de sus recursos empresariales mediante el empleo de soluciones integrales en sistemas de cableado estructurado y fibra óptica, sistema de control de acceso, seguridad electrónica, sistema de detección de incendios y automatización de procesos industriales.

2.4 Razón social

Función Digital Perú S.A.C.

2.5 Dirección postal

Av. Juan de Arona 735, San Isidro 15046

2.6 Correo electrónico del profesional a cargo.

Nombre: Víctor Daniel Hurtado Vergara.

Correo: dhurtado@funciondigital.com

CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Descripción de la realidad del problema

Actualmente los sistemas de cableado estructurado se encuentran en pleno avance tecnológico gracias a la innovación que muestran los fabricantes de cableado y componentes, asimismo los organismos internacionales brindan nuevas normativas con respecto a las nuevas tecnologías como PoE (Power Over Ethernet). Su última versión IEEE 802.3bt fue ratificada en el año 2018. Sin embargo, estas recomendaciones no se ven reflejadas en los proyectos de cableado estructurado convencionales, debido a que se siguen implementando bajo el empleo de técnicas convencionales para el despliegue de los sistemas de cableado estructurado. De acuerdo con el fabricante de cableado Siemon (2012) expresa la importancia de los diseños preliminares en el sistema de cableado estructurado, específicamente relacionados con los aspectos de espacio en las canalizaciones, porque permitirán la escalabilidad de la red en un futuro, asimismo permitirá una adecuada ventilación entre los cables. En otro apartado del documento, el fabricante de cableado recomienda el empleo de cables de categoría 6A en adelante, porque ofrecen buenas características frente a futuras aplicaciones de alto rendimiento. De acuerdo a lo expuesto por el fabricante de cableado y componentes para los sistemas de cableado estructurado, expresa recomendaciones acertadas que sirven de base para los planteamientos futuros de los diseños que deberían realizar los profesionales vinculados a proyectos de cableado estructurado.

3.2 Definición del problema

3.2.1 Problema General

¿Cómo mejorar el sistema de cableado estructurado de una oficina corporativa convencional empleando la tecnología PoE IEEE 802.3bt?

3.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el estado real del sistema de cableado estructurado que utiliza la oficina corporativa convencional?
- ¿Cuáles son las normativas que fundamentan la aplicación de la tecnología PoE IEEE 802.3bt en los sistemas de cableado estructurado de una oficina corporativa convencional?
- ¿Cómo diseñar el sistema de cableado estructurado de la oficina corporativa convencional empleando la tecnología PoE IEEE 802.3bt?
- ¿Cuál es el procedimiento para validar el diseño del nuevo sistema de cableado estructurado para la oficina corporativa convencional?

3.3 Justificación e importancia de la investigación

El presente trabajo se justifica puesto que permite brindar una metodología con soluciones ante los problemas que se generan en las etapas del despliegue e instalación de los sistemas de cableado estructurado tales como: pérdida de puntos de red en el despliegue, tendido desordenado del cableado en las bandejas, problemas en el conectorizado de terminales y otros errores posteriores que se detectan en los procesos de certificación del cableado estructurado. Asimismo, el presente trabajo sirve como base para futuras investigaciones relacionadas a los sistemas de cableado estructurado.

3.4 Objetivos de la actividad

3.4.1 Objetivo general

Mejorar el sistema de cableado estructurado de una oficina corporativa convencional empleando la tecnología PoE IEEE 802.3 bt.

3.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado real del sistema de cableado estructurado que utiliza la oficina corporativa convencional.
- Fundamentar teóricamente la aplicación de la tecnología PoE IEEE 802.3bt en los sistemas de cableado estructurado de una oficina corporativa convencional.
- Diseñar el sistema de cableado estructurado de la oficina corporativa convencional empleando la tecnología PoE IEEE 802.3bt.
- Validar el diseño del nuevo sistema de cableado estructurado para la oficina corporativa convencional.

3.5 Metodología

3.5.1 Bases teóricas

Cordero y Marcillo (2018), en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, realizó un trabajo de investigación titulado “*Propuesta de diseño del Data center y reestructuración de la red de datos de la Universidad Estatal de Bolívar*”, plantean como su objetivo general: Proponer el diseño del Data Center y reestructuración de la red de datos de la universidad estatal de Bolívar, la investigación es de tipo proyectivo. La investigación arribó a las siguientes conclusiones:

- El diseño de la red fue construido utilizando la metodología PPDIOO que ayudara a brindar el soporte de red en tiempo real.
- La problemática de la tesis se realizó visitando los ambientes de todas las facultades y el centro de datos de la universidad; las deficiencias más notorias que se observó fueron: falta de seguridad en la salida a internet, incorrecto diseño de la red inalámbrica, asimismo en centro de datos se observó un desorden en los puntos de red por falta de etiquetados.
- La red de fibra óptica diseñada tiene mejor performance que la red existente, puesto que en una simulación de 8 horas presentó 4 averías y la red diseñada no presento averías.

Aguilar (2017), en la Universidad Santo Tomás, realizó un trabajo de investigación titulado “Propuesta de un marco general para el despliegue de ciudades inteligentes apoyado en el desarrollo de IoT en Colombia”, plantea como su objetivo general: Proponer un modelo para el despliegue de una ciudad inteligente en el contexto colombiano mediante el desarrollo de la tecnología IoT; la investigación se desarrolló bajo el paradigma positivista, con enfoque cuantitativo. El trabajo de investigación arribó a las siguientes conclusiones:

- Se recomienda encaminar a Colombia a utilizar el enfoque denominado mezcla Top-Down y Bottom-Up, el cual permitirá una masiva participación de los interesados en el proceso evolutivo de la urbe.
- Se propone una visión holística de la ciudad, que permita establecer planes y proyectos para la ejecución y donde se tiene una evaluación constante de la efectividad de los planes y el estado de la evolución de la ciudad.
- Para realizar el despliegue de una ciudad inteligente se propone un modelo estructurado en cuatro niveles: infraestructura física, infraestructura TIC, nivel de gestión de negocio y estrategia.
- Se identificaron tres tipos de retos en la adopción de ciudades inteligentes: retos técnicos, retos regulatorios y retos de gestión, para

un total de 19 retos, en los retos de gestión se encuentran conocimiento, aceptación y apropiación de la tecnología por parte de la ciudadanía.

Camacho (2019), en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, realizó un trabajo de investigación titulado “Diseño del cableado estructurado backbone en fibra óptica para mejorar la velocidad de transmisión de datos en la empresa industrial Cerámica San Lorenzo en las plantas de producción 1 y 2 basándose en el estándar ANSI/TIA/EIA-568-A y ANSI/TIA/EIA-568-B.3”, plantea como objetivo general: Diseñar el backbone horizontal en fibra óptica siguiendo las recomendaciones de estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3 que permita establecer acciones de mejora en la velocidad de transmisión de datos en Cerámica San Lorenzo; el tipo de investigación utilizado el paradigma positivista, enfoque cuantitativo del tipo proyectivo. La investigación arribó a las siguientes conclusiones:

- El diseño propuesto está proyectado para satisfacer servicios y proyectos futuros como el nuevo ERP SAP en la nube, video vigilancia, telefonía IP, entre otros.
- El tiempo de vida útil proyectada para la red diseñada es 15 años.
- La capacidad total proyectada para la red backbone diseñada es de 40 Gbps.

Chimpay (2018), en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, realizó un trabajo de investigación titulado “Diseño de un sistema de cableado estructurado para el hospital regional de Moquegua”, plantea como su objetivo general: Diseñar la infraestructura física de cableado estructurado que permita optimizar las comunicaciones de datos del Hospital Regional de Moquegua, el tipo de investigación utilizado es proyectivo. La investigación arribó a las siguientes conclusiones:

- Una red de cableado estructurado es un factor indispensable para brindar conectividad a internet a un centro hospitalario.
- Para el diseño es importante calcular parámetros como: ancho de banda, tiempo de vida útil, disponibilidad de la red.

- Finalmente, para obtener un diseño correcto es importante considerar las recomendaciones de los organismos internacionales como: ANSI, TIA, UIT, IEEE, ISO, entre otros.

3.6 Marco conceptual

En este apartado se describirá toda la investigación relacionada con los sistemas de cableado estructurado y la tecnología PoE.

3.6.1 Red de telecomunicaciones

Una red de telecomunicaciones tiene como finalidad la transmisión de señales electromagnéticas u ópticas entre dos lugares o ubicaciones. Para lograr dicha transmisión se utilizan medios transmisión alámbricos e inalámbricos. Asimismo, la información transmitida puede ser una señal analógica o digital.

3.6.1.1 Medios de transmisión empleados en una red de telecomunicaciones. Para transmitir información a través de las redes de telecomunicaciones se puede utilizar dos tipos de medios de transmisión. Según Ávila (2014) menciona que se puede clasificar de la siguiente forma:

- **Red cableada.** Para su transmisión utiliza medios físicos o tangibles. Su principal característica es su fiabilidad y rapidez para la transmisión de datos o señales. Los más utilizados actualmente son: fibra óptica, cable coaxial y cable de par trenzado. Con respecto al par trenzado, el más utilizado es el cable UTP (Unshielded Twisted Pair) sus siglas significan que es un cable no blindado.
- **Red inalámbrica.** Para su transmisión utiliza las ondas radioeléctricas que viajan a través del aire. Se rigen al uso de bandas de frecuencia para transmitir diversos servicios. Entre su característica principal se puede mencionar su rápido despliegue de la red. Sin embargo, posee vulnerabilidades para el robo de la información y sensibilidad a las

interferencias medioambientales. Los medios de transmisión más conocidos son: microondas, satélite, infrarrojos, Bluetooth, entre otros.

3.6.1.2 Tipos de topologías de redes. La topología de una red describe la forma de comunicarse distintos nodos que pertenecen a la red. Los diversos servicios de telecomunicaciones emplean diferentes topologías para transmitir sus informaciones. En la Figura 1 se presenta un resumen de las topologías más utilizadas.

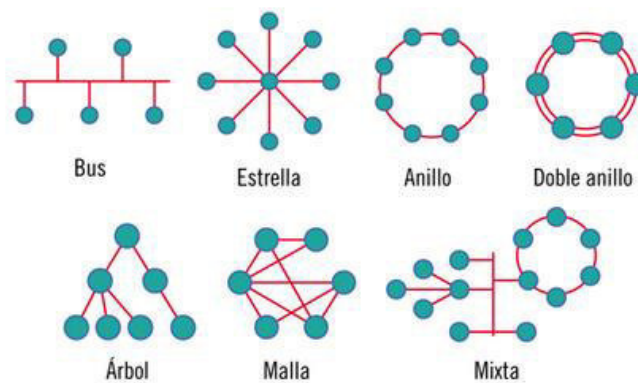


Figura 1: Tipos de topologías de red. Fuente: Ávila (2014)

- **Topología en anillo.** Es un tipo de topología muy empleado en las redes de fibra óptica. Según Felipe y Pinto (2014) resaltan su ventaja con respecto a la seguridad, tal como es mostrado en la Figura 2 referente a la topología de anillo, cada punto es un nodo y los lazos que interconectan los nodos serían la fibra óptica. Los autores explican que, en caso de producirse una rotura de fibra óptica, los equipos que se encuentran en los nodos pueden redirigir el tráfico en otra dirección disponible. De esa forma no se producen interrupciones y es más seguro el tráfico de información.
- **Topología en bus o Ethernet compartida.** Este tipo de topología emplea un equipo denominado HUB que cumple la función de un concentrador. Sin embargo, en la actualidad se emplean muy poco,

puesto que cada usuario conectado podía escuchar o recibir la información de otros usuarios, además el ancho de banda total se compartía entre todos los usuarios, según lo afirma Ávila (2014).

- **Topología en estrella o Ethernet conmutada.** Es el tipo más utilizado actualmente en las redes de cableado estructurado, a nivel de una instalación horizontal. En la Figura 2, se observa que en el centro de la configuración se ubica un nodo, a partir de ese nodo se distribuyen varios puntos. En la realidad ese punto o nodo central se representa por un switch y los múltiples puntos que se conectan a él son las computadoras o dispositivos de los usuarios que se conectan a la red.
- **Topología en malla o mesh.** Principalmente se utiliza para redes inalámbricas. Según Cisco Networking Academy (como se citó en Romero, 2017) ofrecen ventajas de alta disponibilidad y robustez a interrupciones. Sin embargo, en sus desventajas resalta lo económico comparando con otras topologías descritas.

3.6.2 Red Ethernet

Es una de las tecnologías más instaladas en las redes LAN, su funcionamiento se produce con la interconexión de múltiples ordenadores empleando el mismo medio de transmisión. Según Ethernet (2020), se puede resaltar las siguientes características:

- Simplicidad.
- Compatibilidad
- Fácil mantenimiento de la red.
- Equidad entre usuarios

3.6.2.1 Versiones de la tecnología Ethernet.

Principalmente son 4 versiones de Ethernet, pero cada uno de ellas tienen subversiones propias. Dependerá del tipo de medio y la velocidad de transmisión que se necesite. La unidad de medida denominada Mbps equivalente a (10^6 bps) representa un millón de bits por segundo. En el Anexo 1 se pueden observar las cuatro versiones de Ethernet.

3.6.3 Cableado UTP

También es conocido como cable de par trenzado, posee una impedancia característica de 100 ohmios. Es un componente fundamental en el sistema de cableado horizontal y vertical. Los cables más empleados son de categoría: 5e, 6 y 6A.

3.6.3.1 Tipos de cable UTP. A continuación, se describe los 3 tipos de cableado UTP, de acuerdo con Siemon (2013).

- **U/UTP. Unshielded/Unshielded Twisted Pair:** Par trenzado sin blindaje.
- **F/UTP. Overall-Foil/Unshielded Twisted Pair:** Par trenzado sin blindaje de pares individuales y con blindaje de pantalla de aluminio protegiendo los pares.
- **S/FTP. Overall-Shield/Foil Twisted Pair:** Par trenzado con blindaje tipo pantalla de aluminio para cada par y blindaje tipo malla general.

En la Figura 2 se presenta a los tres tipos de cable UTP, se resalta su protección contra la diafonía exógena.

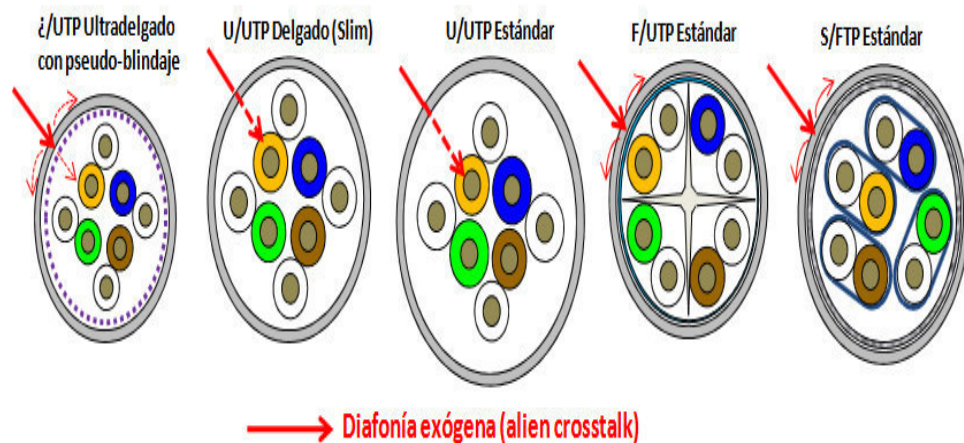


Figura 2: Comparativa de los tipos de cable UTP. Fuente: Siemon (2013)

3.6.3.2 Categorías de cable UTP. Estas “categorías” o “clases”, son designados por los comités de la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA) y la Organización Internacional para la Normalización (ISO).

Para el diseño de la tabla se utilizó datos de Siemon (2007), Fluke Networks (2016) y Legrand (2018). En la Tabla 1 se muestra las categorías y clases de los cables UTP que más se emplean en los sistemas de cableado estructurado.

Tabla 1: Clases y categorías normados para el cable UTP

Ancho de banda	TIA (componentes)	TIA (cableado)	ISO (componentes)	ISO (componentes)	Velocidad
1-100 MHz	Categoría 5e	Categoría 5e	Categoría 5e	Clase D	1 Gbps
1-250 MHz	Categoría 6	Categoría 6	Categoría 6	Clase E	1 Gbps
1-500 MHz	Categoría 6A	Categoría 6A	Categoría 6A	Clase EA	10 Gbps
1-600 MHz	Sin especificar	Sin especificar	Categoría 7	Clase F	10 Gbps
1-1000 MHz	Sin especificar	Sin especificar	Categoría 7A	Clase FA	10 Gbps
1-2000 MHz	Categoría 8	Categoría 8	Sin especificar	Clase 8.1	25 y 40 Gbps
1-2000 MHz	Sin especificar	Sin especificar	Categoría 8	Clase 8.2	Gbps

Fuente: Fluke Networks (2016)

3.6.3.3 Estudio comparativo orientado al rendimiento de ciertos tipos de cables UTP categoría 6A. El estudio consistió en analizar ciertos tipos de cableados UTP frente a los fenómenos del aumento de temperatura en el cableado y la diafonía exógena. De acuerdo con el estudio proporcionado por Siemon (2013), se puede decir que el cable del tipo F/UTP categoría. 6A y S/FTP categoría 7A ambos pertenecientes a la marca Siemon, poseen muy buenas respuestas frente a fenómenos como la diafonía exógena (Alien Crosstalk), disipación de calor, desempeño eléctrico, entre otros. Las comparaciones descritas se pueden observar en el Anexo 2.

3.6.4 Tecnología PoE

Los estándares de la tecnología PoE fueron desarrollados por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). La tecnología PoE nació para brindar alimentación a equipos remotos como teléfonos o cámaras que consumían bajo voltaje. Actualmente los dispositivos exigen mayor cantidad de potencia en Watts (W) para alimentarse, es por ello que la tecnología PoE busca entregar más potencia a través del cableado.

3.6.4.1 Ventajas de la tecnología PoE. Dicha tecnología permite prescindir de alimentación eléctrica convencional a los equipos, ya que la tecnología PoE envía energía a través del cableado UTP. La energía suministrada a los equipos se genera por medio de equipos como: switches o también inyectores PoE que cumplen la función de fuentes PoE. Entre sus principales ventajas se puede mencionar lo siguiente:

- Simplificación y rapidez en la instalación.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Ahorro de energía.
- Sustituye la alimentación eléctrica convencional para equipos finales.

3.6.4.2 Estándares de la tecnología PoE. Como se mencionó en la introducción, la tecnología PoE nació en el 2003, posteriormente se lanzaron 2 versiones. A continuación, se describe cada una de las versiones.

- **IEEE 802.3af (PoE):** Fue lanzada en el año 2003, el cual permitía trabajar con una potencia de 15.4W.
- **IEEE 802.3at (PoE+):** Posteriormente en el año 2009, el cual permitía trabajar con una potencia de hasta 30W.
- **IEEE 802.3bt (PoE++ y 4PPoE):** Este último estándar se empezó a trabajar desde el 2013 hasta el 2018 donde finaliza el estudio. En este estándar se tiene potencias de trabajo entre 45 a 90W, para lograr ello es necesario utilizar los 4 pares de un cable UTP. Los anteriores estándares trabajan solo con 2 pares.

En la Tabla 2 se presenta información relevante acerca de los estándares de PoE. Otro estándar similar a PoE es HDBaseT.

Tabla 2: Estándares PoE, potencias de trabajo, aplicaciones

NORMA	IEEE 802.3af	IEEE 802.3at	IEEE 802.3bt		HDBaseT
Denominación PoE / Type	PoE Type 1	PoE+ Type 2	PoE++ Type 3	4PPoE Type 4	PoH N/A
Corriente máxima por par (mA)	350	600	600	960	1000
Número de pares energizados	2	2	4	4	4
Potencia en la fuente PSE	15.4W	30W	60W	90W	100W
Potencia mínima en el PD	13W	25.5W	51W	71W	100W
Aplicaciones prácticas	Acceso biométrico, Enrutador 802.n	Teléfono IP, Sistema alarma, Cámaras, Iluminación LED	Control de acceso, AP 802.11 ac, Cámaras, Laptop, Iluminación LED	Desktop, video conferencia, TVs, Wi Fi 802.11ax, Iluminación LED	Dispositivos HDBASE-T PoH

Fuente: Furukawa (2019).

3.6.4.3 Nomenclatura utilizada para equipos de una red PoE. Es importante conocer los siguientes términos, los cuales se usarán regularmente en la parte de diseño de la red de cableado estructurado. Ambos tipos de equipos se muestran en el Anexo 3.

- **PSE (power sourcing equipment):** Se hace referencia al equipo suministrador de energía. Un switch PoE cumple esta función, donde múltiples dispositivos se encuentran conectados y alimentados por el switch.
- **PD (powered device):** Se hace referencia al equipo alimentado. Se puede mencionar que en esta clasificación se encuentran los equipos terminales, tales como: cámaras de videovigilancia, dispositivos biométricos, access points, teléfonos IP, entre otros.

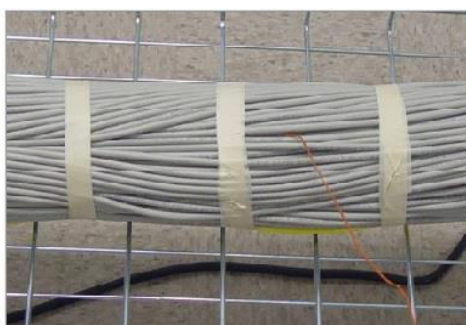
3.6.4.4 Estudio relevante acerca de la implementación de la tecnología PoE IEEE 802.3bt en un sistema de cableado estructurado.

Se analizó el presente estudio obtenido de Nexans (2019), las pruebas se realizaron en los laboratorios del Centro TEK de Nexans LAN. Las mediciones se realizaron en los siguientes tipos de cables: UTP categoría 6, UTP categoría 6A (sin blindaje) y UTP categoría 6A (blindado). El objetivo fue analizar el comportamiento de dos paquetes de cables con respecto al aumento de temperatura, el primer paquete se formó con 37 cables y el segundo con 259 cables. El lapso de tiempo para la toma de mediciones del aumento de temperatura en los cableados fue de 6 a 8 horas.

En la Figura 3 se muestra la formación de los paquetes mencionados. Es importante destacar el uso de la bandeja portacables tipo malla en la investigación de Nexans.



Paquete de 37 cables



Paquete de 259 cables

Figura 3: Formación de paquetes de 37 y 259 cables.
Fuente: Nexans (2019)

Se debe mencionar que la prueba se realizó para un escenario orientado a la tecnología PoE IEEE 802.3bt, donde cada par del cable transmitía corrientes de 1 amperio. En la Figura 4 se presenta los resultados de la prueba.

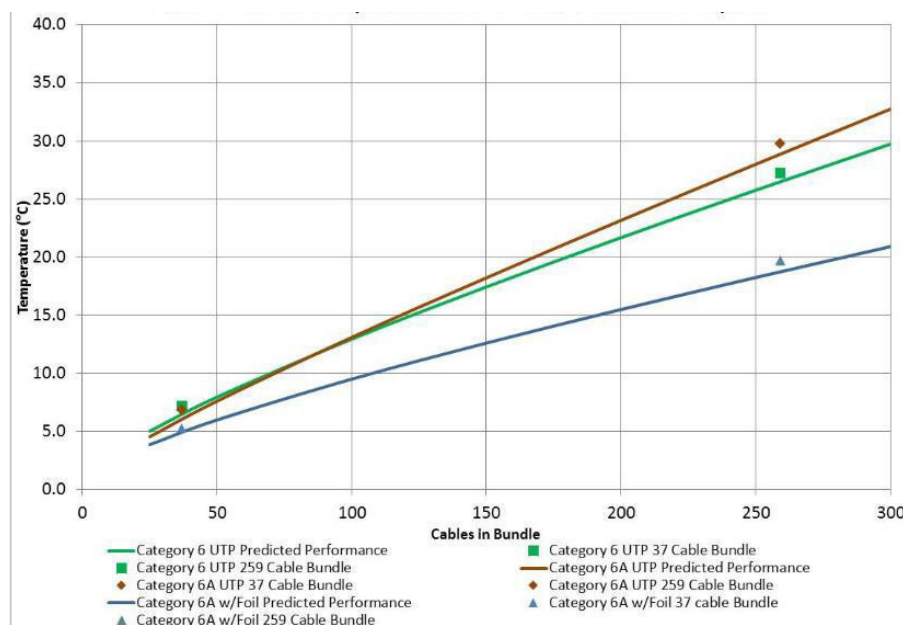


Figura 4: Temperatura medida en el centro del paquete vs. paquete de cables. Fuente: Nexans (2019)

Esta gráfica demuestra que formar paquetes pequeños produce menor incremento de temperatura comparado con paquetes de mayor número de cables. Por tal motivo es importante la recomendación de formar paquetes de 37 cables F/UTP Categoría 6A durante el tendido del cableado en las bandejas tipo “malla”.

Se concluye de la investigación que el cable F/UTP que posee blindaje o apantallamiento, tiene mejores resultados con respecto al aumento de temperatura comparado con cables de categorías inferiores o cables que tienen ausencia de blindaje o apantallamiento. Asimismo, es importante emplear bandejas portacables tipo “malla” por ayudar a lograr una mejor ventilación para el cableado UTP instalado.

3.6.5 Normativas que servirán en el diseño de la red de cableado estructurado

En este apartado se trata acerca de las normativas relacionados a los sistemas de cableado estructurado, que ayudarán a tomar mejores decisiones con respecto al diseño de la solución. Como se sabe el objetivo de las normativas es brindar pautas a fabricantes, ingenieros, técnicos entre otros, para fabricar y seleccionar los componentes adecuados. Los componentes más importantes en una red son los conductores, conectores, entre otros. Los cuales deben ser normados y probados en laboratorios para certificar el cumplimiento de los estándares.

A lo largo del marco teórico se fue conociendo ciertas organizaciones tales como:

- TIA (Telecommunications Industry Association -Asociación de la Industria de Telecomunicaciones).
- ISO/IEC (International Standards Organization – Organización Internacional de Normas).
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers – Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).

Ahora se estudiará ciertas normativas actuales que propusieron estos organismos, para ello se tomará como material de apoyo una guía de referencia creada por Leviton (2018).

3.6.5.1 Norma ANSI/TIA-568.2-D. Según Leviton (2018) esta norma reemplaza a la norma ANSI/TIA-568-C.2. Fue publicada en el año 2018, su objetivo es estudiar las especificaciones de los componentes y el cableado. Asimismo, requisitos y/o parámetros que se analizan en las pruebas para el cableado de cobre, incluye tablas con valores promedios para cada parámetro. El estándar cubre cables desde la categoría 3 hasta la última categoría 8 (el cual trabaja con componentes blindados). En resumen, es una normativa muy útil y se encuentra en vigencia, para ampliar los conocimientos

pueden revisar la Guía de estándares de referencia brindada por Anixter (s.f.), para obtener dicha guía primero se debe registrar como usuario nuevo.

3.6.5.2 Norma ANSI/TIA-942-B. Esta norma tiene como enfoque todo lo referente a infraestructuras de telecomunicaciones para centro de datos y cuartos de computadoras para una sola empresa, asimismo para un edificio empresarial que alojan múltiples empresas. Los puntos más importantes son:

- Infraestructura de cableado para el centro de datos.
- Pautas para un diseño energéticamente eficiente.
- Conocimientos acerca de pasillos fríos y calientes.
- Cableado horizontal y cableado troncal (backbone)
- Tipos de cableados reconocidos para instalaciones horizontales y troncales.
- Conocimientos acerca de redundancia.

Con respecto a los tipos de cableado reconocidos en la norma recomienda al cable de par trenzado balanceado de 100 ohmios de categoría 6A o superior para instalaciones horizontales. Esta afirmación se puede contrastar con Leviton (2018) y la guía de referencia de Anixter (s.f.). Asimismo, para el cableado de fibra óptica recomiendan la fibra multimodo optimizado por láser de 850nm en el tipo OM3, OM4 u OM5.

3.6.5.3 Norma ANSI/TIA-TSB-184-A. La presente norma fue aprobada en marzo de 2017, pertenece al grupo del nuevo Boletín de Sistemas Técnicos (TSB), que fue desarrollado por el Subcomité TIA TR-42.7. Su enfoque es brindar pautas para lograr la transmisión de energía a través del cableado de par trenzado balanceado o equilibrado. Cabe resaltar que esta norma se complementa con la ANSI / TIA-568.

El fabricante Belden (2017) sugiere las siguientes medidas.

- Recomendaciones para el diseño e implementación de una red PoE sobre un cableado de par trenzado balanceado que sea de categoría 5e hasta la categoría 8.

- Recomendaciones para agrupar los cables y lograr reducir la temperatura de los cables agrupados.
- Las corrientes máximas por par bajo distintas condiciones de instalación.

El estándar TSB-184-A recomienda el uso de cable de par trenzado balanceado de categoría 6A o superior, puesto que tiene mejores prestaciones para soportar el nuevo estándar PoE IEEE 802.3bt.

3.6.5.4 Norma ANSI/TIA-TSB-162-A. La presente norma fue publicada en noviembre de 2013, pertenece al grupo del nuevo Boletín de Sistemas Técnicos (TSB), que fue desarrollado por el Subcomité de cableado de edificios comerciales TIA TR-42.1. En su contenido proporciona recomendaciones acerca de la topología, diseño, instalación y pruebas de los sistemas de cableado que se encuentran orientados a una red de área local inalámbrica (WLAN). También estudia acerca de las rutas y espacios para transportar el cableado y los puntos de acceso inalámbrico (WAP). Para ampliar mayor información sobre esta norma, pueden revisar a Standards Informant (2014). En dicho documento se recomienda:

- Al igual que la anterior norma TSB 184-A, también recomienda utilizar el sistema de cableado de par trenzado balanceado en categoría 6A o el cableado de fibra óptica tipo OM3 para una red WLAN. Según Leviton (2014), cuando se instala un cableado de categoría 6A se está preparando a la red inalámbrica para que soporte la siguiente generación de equipos 802.11ac, a nivel de velocidades se va a migrar de 433 Kbps a 1.3 Gbps y en el mejor de los casos a 7 Gbps. En la actualidad existen equipos que trabajan con el estándar 802.11ax.
- Leviton (2014) recomienda instalar la red de cableado para la red inalámbrica en base a celdas que deben tener ciertas dimensiones. Una celda se representará por un cuadrado de 18.3m (60 pies) de lado. El equipo WAP se encontrará en la zona central del cuadrado o celda, debe formar un radio máximo de 13 m (42 pies) hacia uno de los vértices del cuadrado. El esquema de las celdas se puede observar en el Anexo 4.

3.6.6 Sistema de cableado estructurado

Un sistema de cableado estructurado puede ser definido como la configuración colectiva de un subsistema de cableado y equipos asociados en un determinado sitio, con el fin de ofrecer una infraestructura integral de telecomunicaciones. La definición anterior fue tomada de Leviton (2018).

Ahora se va a estudiar algunos puntos importantes de la norma ANSI/TIA-568.1-D el cual se encuentra orientado para edificios comerciales. Según la norma mencionada, el sistema de cableado estructurado está compuesto por los siguientes subsistemas:

- Instalaciones de entrada (EF)
- Sala de equipos (ER)
- Salas de telecomunicaciones (TRs)
- Cableado vertical (Backbone)
- Cableado horizontal
- Conjunto de tomas multi usuario (MUTOA)
- Punto de consolidación (CP)
- Áreas de trabajo (WA)

En el Anexo 5 se presenta el diagrama general de un sistema de cableado estructurado orientado para edificios corporativos. En los siguientes párrafos se describe cada uno de los subsistemas mencionados.

3.6.6.1 Instalaciones de entrada (EF). Es un espacio por donde se produce el ingreso del cableado de los servicios públicos de telecomunicaciones al edificio. Esta área también se puede considerar como un (punto de demarcación) entre la planta externa del operador y la planta interna del edificio, sirve para establecer límites de responsabilidades entre ambas partes. Algunos equipos de los operadores también pueden encontrarse ubicados en la sala de equipos.

3.6.6.2 Sala de equipos (ER). Generalmente contienen una gran parte del equipamiento de telecomunicaciones, terminaciones de cable y

conexiones cruzadas. Es importante que se ubiquen cerca de las canalizaciones backbone y las terminaciones de equipos. Según Siemon (2017) una sala de equipos debe tener un área mínima de 12 m²

3.6.6.3 Salas de telecomunicaciones (TRs). Una sala de telecomunicaciones cumple el rol fundamental de ser punto de inicio para la distribución del cableado horizontal a todo un piso del edificio. En esta sala se produce la interconexión con el cableado backbone y las terminaciones del cableado horizontal, particularmente se ubican gabinetes o racks donde se producen las conexiones cruzadas con los switches y otros equipos como: servidores, equipos de fibra óptica, DVR, NVR, entre otros. Es importante mencionar que la sala de telecomunicaciones debe tener puntos de energía comercial dedicados, sistema de HVAC (heating, ventilation and air conditioning) en otras palabras sistema de calefacción, ventilación, aire acondicionado, panel eléctrico, iluminación clara, entre otros requerimientos. Con respecto al área de la sala, Siemon (2017) recomienda una longitud de 3m de largo y 3m de ancho, es decir 9m² de área, para una capacidad de 200 usuarios. En el Anexo 6 se presenta los componentes principales de una sala de telecomunicaciones.

3.6.6.4 Cableado vertical (Backbone). Es un sistema de cableado que se instala de forma vertical que interconecta las instalaciones de entrada de los proveedores de servicios como de internet, telefonía, con las salas de telecomunicaciones en cada piso del edificio. De acuerdo con Siemon (2017) y Anixter (s.f) los siguientes cables son recomendados para el cableado Backbone:

- Par trenzado balanceado de 100 ohmios UTP (Categoría 3 hasta la categoría 6A).
- Par trenzado balanceado de 100 ohmios (multipar) exclusivo para voz.
- Cable de fibra óptica multimodo (OM4 recomendado).
- Cable de fibra óptica monomodo (OS1 y OS2 recomendado).

3.6.6.5 Cableado horizontal. Es un sistema de cableado que se instala de forma horizontal, involucra componentes como: cableado, tomas de telecomunicaciones y conectores para puntos de red en el área de trabajo. El estándar ANSI/TIA-568.1-D exige los siguientes puntos:

- Proporcionar un mínimo de 02 enlaces permanentes por cada estación de trabajo.
- Cada cable de 4 pares (UTP) instalado debe tener terminación en un conector modular de 8 posiciones (más conocido como “Jack” por los instaladores).
- La topología que debería utilizarse es el tipo “estrella”.
- La longitud máxima para el cableado horizontal es 90 m (295 pies) aplicado al cable de par trenzado UTP.
- La recomendación para los patch cords o cables de parcheo, menciona que las longitudes no deben exceder los 5 m (16 pies).

Según Anixter (s.f.), los siguientes cables son reconocidos para el cableado horizontal:

- El cable más recomendado para el cableado horizontal es el cable de par trenzado de categoría 6A. Por tener un soporte para mayor rango de aplicaciones por su ancho de banda.
- Cable de fibra óptica multimodo (tipo OM4 recomendado).

En la Figura 5 se explica acerca de la máxima longitud permitida para un cableado horizontal.

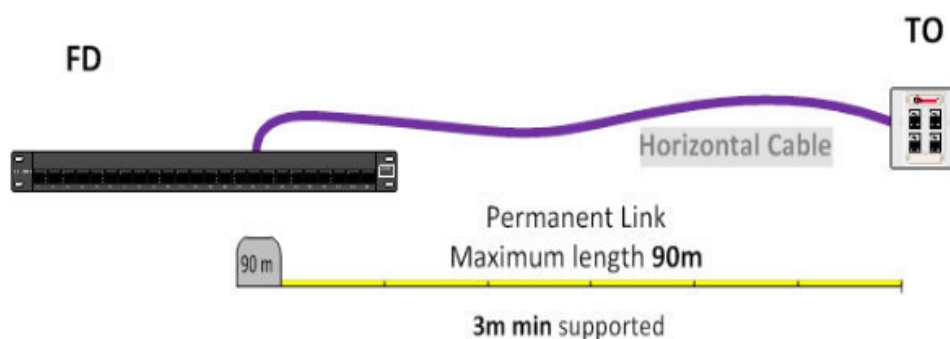


Figura 5: Cableado horizontal ($d \leq 90$ m).
Fuente: Siemon (2017)

3.6.6.6 Área de trabajo (WA). Según Anixter (s.f.) se encuentra definido como Work Area. En palabras sencillas es la terminación del cableado horizontal en el área del trabajo (WA).

En la Figura 6 se presenta componentes utilizados en el área de trabajo, para dar la terminación del cableado horizontal.



Figura 6: Componentes utilizados en una toma de telecomunicaciones.
Fuente: Netgroup (2016)

3.7 Procedimiento

3.7.1 Análisis técnico detallado de la problemática del sistema de cableado estructurado existente

En la siguiente Tabla 3 se muestra las características técnicas del sistema de cableado estructurado existente, el cual posee características muy similares a lo convencional. En la tabla se expone detalles muy importantes los cuales se mejorarán con las propuestas técnicas que se explicarán en los siguientes subcapítulos. Los puntos más importantes a mejorar se enfocarán en el cableado UTP y sistema de canalización horizontal, asimismo los equipos en la sala de telecomunicaciones y el área de trabajo.

Tabla 3: Características técnicas del sistema de cableado estructurado convencional

Características técnicas del sistema de cableado estructurado convencional (Oficina corporativa convencional)

Año de instalación	El sistema de cableado estructurado fue instalado el año 2005.
Ubicación	La oficina corporativa de la empresa se ubica dentro de un edificio multiempresas. La oficina corporativa se ubica en el piso 12 del edificio.
Aterramiento del edificio	Presenta un SPAT (sistema de puesta a tierra) integral que protege a todas las oficinas corporativas del edificio.
Cuarto de equipos	Presenta un cuarto de equipos general, alberga conexiones de entrada de proveedores de servicios de acceso a internet, telefonía, entre otros.
Sala de telecomunicaciones	La sala de telecomunicaciones cuenta con un gabinete de comunicaciones, además de ello posee un sistema HVAC para el enfriamiento de la sala. Presente una barra TGB instalada en el gabinete.
Cableado Vertical (backbone)	Las bandejas portacables empleadas son del tipo “lisa” sin perforaciones, con medidas de 200x100 mm. Utiliza el cable U/UTP cat. 6.
Cableado Horizontal	Las bandejas portacables empleadas son del tipo “lisa” sin perforaciones, con medidas de 200x100 mm. Utiliza el cable U/UTP cat. 5e.
Tecnologías que soporta el sistema de cableado convencional	100Base-TX (100 Mbps) 1000BASE-T (1 Gbps) PoE: IEEE 802.3af.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Tabla 4 se muestra un consolidado total de puntos de red requeridos para los usuarios, WAPs, cámaras de video y los enlaces backbone o verticales, los cuales se reflejan en la Tabla 6. La cantidad total de puntos de red contemplan ciertas cantidades adicionales que fueron requeridos para nuevos usuarios de la oficina corporativa.

Tabla 4: Consolidado total relacionado a N° de puntos de red, equipos y componentes

Cantidad total de puntos de red - Solución presentada				
Tipos de puntos	Cantidad	N° de patch panels	N° de conectores	N° de switches
Usuarios	150	7	150	
WAPs (Wireless Access Point)	7	1	8	
Cámaras de video digital	11		10	
Enlaces backbone	6	1	6	
TOTAL	174	9	174	4 (capac. 192 puertos)

Fuente: Elaboración propia.

3.8 Diseño del nuevo sistema de cableado estructurado empleando la tecnología PoE

En el presente subcapítulo se presentará las soluciones a nivel de los 4 subsistemas que componen el sistema de cableado estructurado, estos son: subsistema de canalización, subsistema de cableado, sala de telecomunicaciones y el área de trabajo. En el Anexo 7 se expone una tabla comparativa del equipamiento del sistema convencional versus el sistema propuesto, cada uno de ellos se analizará técnicamente en las siguientes secciones.

3.8.1 Subsistema de canalización

Un sistema de canalización se encuentra compuesto por las bandejas portacables y tuberías cilíndricas de tipo metálicas o PVC, ambos componentes se complementan en un entorno real de instalación.

3.8.1.1 Bandeja portacables tipo “malla”. De acuerdo con el fabricante en cableado Nexans (2019), recomienda el uso de bandejas tipo “malla” por los siguientes motivos:

- La tecnología IEEE PoE 802.3bt necesita el uso de los cuatro pares del cableado UTP para transferir aproximadamente 96 W, el transporte de esta energía ocasiona el aumento de temperatura en el cableado. Por tal motivo es fundamental que exista una buena ventilación en las bandejas portacables.
- Permite realizar una instalación adecuada y ordenada del cableado UTP, a través de pequeños paquetes de cables que se forman en el tendido del cableado.

En la Tabla 5 se presenta los aspectos técnicos del subsistema de canalización.

Tabla 5: Características técnicas de la bandeja portacables tipo “malla”

Características de la bandeja portacables	
Tipo	Malla
Marca	Cablofil
Dimensiones (mm)	105 (Alto) x 200 (Ancho)
Capacidad de cables	244 cables (categoría 6A)
Distancia entre soportes (mm)	1500 (1.5 m)
Sistema de anclaje	Soportes RCSN 300 (pertenece a la marca Cablofil) Dos espárragos de medida 3/8" anclados a tacos de expansión en el concreto. Tuercas y arandelas de medida 3/8"

Información tomada del fabricante Legrand (Fuente: Elaboración propia)

Un parámetro importante a tomar en cuenta antes de realizar la instalación de las bandejas portacables es la altura con respecto al suelo. De acuerdo con APBA (2016, p. 9) expone en su documento llamado “Normativa interna de telecomunicaciones” menciona que la altura de la bandeja portacables no debe superar los 0.5 metros con respecto al falso techo instalado.

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones en el Art. 7 del Capítulo II de la Norma A.080 referido a oficinas, explica lo siguiente. “La altura libre mínima de piso terminado a cielo raso en las edificaciones de oficinas será de 2.40 m. El reglamento mencionado fue descargado de Macrogestión

(s.f.). En el Anexo 8 se presenta las alturas de instalación de las bandejas de comunicaciones y eléctrica con respecto al piso terminado.

En la siguiente Figura 7 se observa un algoritmo para determinar la cantidad máxima de cables UTP que puede soportar la bandeja tipo malla. Se consideró parámetros importantes como el factor de relleno, el cual limita estratégicamente el llenado total con el objetivo de permitir la ventilación del cableado.

	Alto (mm)	105	
	Ancho (mm)	200	
	Diámetro Nominal del cable (mm)	7.4	
	Área del cable (AC) en mm2	43.0084034	$AC = \pi \times \text{radio}^2$
Área de la sección transversal de la bandeja (AST) en mm2		21000	$AST = \text{alto} \times \text{ancho}$
Factor de relleno (FR)		50%	
N° DE CABLES		244	$N^{\circ} \text{ de cables} = \frac{(FR \times AST)}{AC}$

Figura 7: Cálculo de capacidad de cables para bandeja de 105 x 200 mm.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a nuestro consolidado total de puntos de red que mostramos en el subcapítulo anterior, la cantidad fue 174 puntos de red. Para el cálculo se empleó una bandeja tipo malla con dimensiones de 105 mm x 200 mm y un diámetro nominal de 7.4 mm perteneciente a un cable tipo F/UTP categoría 6A de la marca Siemon (2015). Con los datos mostrados se obtiene la cantidad total soportada de 244 cables UTP, Es decir se tiene lo siguiente $244 - 174 = 70$; estos 70 cables sirven como reserva para futuros requerimientos de puntos de red.

Las recomendaciones finales a la hora de realizar la instalación de las bandejas portacables y las tuberías conduit son las siguientes:

- Instalar los soportes de las bandejas cada 1.5 m en el trayecto.
- Realizar un entubado con máximo de 2 curvas de 90°.
- La longitud máxima es 30 m entre cajas de paso o de jalado.
- Se debe destacar la importancia de emplear tubería conduit en las instalaciones residenciales, puesto que al ser de material metálico no es ignífugo frente a un posible incendio.

3.8.1.2 Tubería metálica. Su función de este tipo de canalización, es la de servir como un medio físico distribuidor entre la bandeja portacables y el área de trabajo. La interconexión se produce a través de una caja de paso, tal como se observa en la Figura 8. Asimismo, en esta sección se presentará un algoritmo para determinar la cantidad de cables que pueden ingresar por una tubería metálica, muy similar al caso mostrado para la bandeja tipo malla.

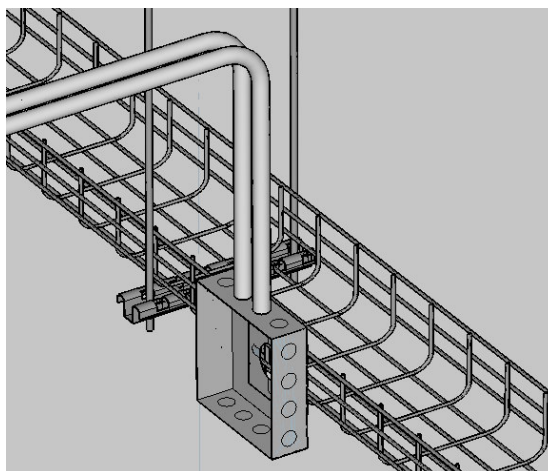


Figura 8: Interconexión de bandeja portacables con tuberías tipo conduit.
Fuente. Elaboración propia

En la siguiente Tabla 6 se muestra los diámetros de tuberías conduit más empleados en los sistemas de cableado estructurado.

Tabla 6: Diámetros de tubería conduit tipo EMT (Electrical Metallic Tubing)

Código Fametal	Código del fabricante	Diámetro Nominal	Diámetro Ext (Pulg)	Espesor pared (Pulg)	Diámetro Int (Pulg)	Peso (Kg)
P0041664	AHT-75	3/4"	0.922	0.049	0.873	1.97
P0041665	AHT-100	1"	1.163	0.057	1.106	2.9
P0041666	AHT-125	1 1/4"	1.51	0.065	1.445	4.31
P0041667	AHT-150	1 1/2"	1.74	0.065	1.675	4.99
P0039138	AHT-200	2"	2.197	0.065	2.132	6.35

Fuente: Fametal (s.f.)

En la Figura 9 se muestra el algoritmo para calcular la capacidad de cables en una tubería conduit. Para ejemplo se consideró los siguientes factores, se optó por una tubería metálica de 1", el tipo de cable es categoría 6A F/UTP y el factor de relleno de la tubería recomendado es 40%.

	Diámetro interno tubo (Pulg)	1.106	$1 \text{ Pulg} = 25.4 \text{ mm}$
	Diámetro interno tubo (mm)	28.0924	
	Diámetro Nominal del cable (mm)	7.4	$AC = \pi \times R_{cab}^2$
	Área del cable (AC) en mm2	43.0084034	
	Área interior del tubo en mm2	619.8228299	$ATC = \pi \times R_{tub}^2$
Factor de relleno (FR)	40%		
N° DE CABLES	5	$N^{\circ} \text{ de cables} = \frac{(FR \times ATC)}{AC}$	

Figura 9: Cálculo del número de cables en una tubería conduit EMT

Fuente: Elaboración propia

El valor de 28.0924 mm convertido a pulgadas es 1.106 pulgadas, dicho valor se encuentra en la tabla de diámetros de tubería. El resultado obtenido al final

del algoritmo son 5 cables categoría 6A tipo F/UTP. Dicho algoritmo es muy útil para cualquier requerimiento similar a lo mostrado.

Las recomendaciones finales a la hora de realizar la instalación de las bandejas portacables y las tuberías conduit son las siguientes:

- Instalar los soportes de las bandejas cada 1.5 m en el trayecto.
- Realizar un entubado con máximo de 2 curvas de 90°.
- La longitud máxima es 30 m entre cajas de paso o de jalado.
- Se debe destacar la importancia de emplear tubería conduit en las instalaciones residenciales, puesto que al ser de material metálico no es ignífugo frente a un posible incendio.

3.8.2 Sistema de cableado horizontal y vertical

El objetivo principal de este sistema de cableado es brindar el servicio de acceso a internet a los usuarios, a través de comunicaciones alámbricas e inalámbricas. En la Tabla 7 se presenta las características más relevantes del cable UTP elegido.

Tabla 7: Características técnicas del cable F/UTP categoría 6A

Características técnicas	
Marca	Siemon
Tipo	F/UTP
Categoría	Categoría 6A
Ancho de banda del cable	500 MHz
Color de la cubierta del cable	Violeta
Diámetro exterior del cable	6.8mm ± 0.6
Material de la cubierta exterior del cable	LSOH
Calibre del conductor	23 AWG
Protección de los conductores	Capa con hoja de aluminio
Aterramiento del cable	Posee cable a tierra
Temperatura de operación	-20 a 75°C
Tensión de tracción (Máx)	110 N
Aplicaciones Ethernet	10GBASE-T, 1GBASE-T, 100BASE-T, 10BASE-T
Empaque	Carrete de 305 metros

Fuente: Siemon (2015)

En la Figura 10 se presenta físicamente un cable F/UTP con la presencia de blindaje con hoja de aluminio y la presencia del hilo a tierra. Estos componentes del cableado UTP son muy importantes para minimizar ruidos y corrientes parásitas que puedan afectar al rendimiento de la comunicación de datos ofrecida por el cableado UTP.

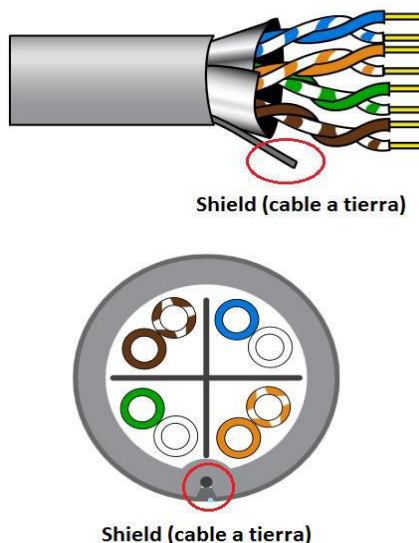


Figura 10: Sección transversal del cable F/UTP Categoría 6A.
Fuente. Leviton (2018)

3.8.3 Sala de telecomunicaciones

La sala de telecomunicaciones es un subsistema fundamental un sistema de cableado estructurado, cumple la función de un core donde se administra y conmuta las comunicaciones de los usuarios hacia internet mediante equipos de networking como switches, routers, firewalls, servidores, entre otros. Además de otros equipos que sirven para suministro de energía estabilizada como UPS, PDUs. De acuerdo con lo observado en la problemática del sistema de cableado estructurado existente, se propondrá las siguientes mejoras a nivel de equipamiento de comunicaciones y equipamiento para manejo eficiente de energía estabilizada.

3.8.3.1 Equipamiento de Comunicaciones. Se encuentra compuesto por switches, equipo XVR y complementariamente se menciona al rack de telecomunicaciones.

- **Switch PoE:** Es un equipo que se emplea para conmutar las comunicaciones de los usuarios, asimismo el acceso a internet. El switch PoE además de ofrecer conmutación de datos, también brinda energía a través del cable gracias a la tecnología PoE. Los parámetros técnicos del switch se encuentra mostrado en el Anexo 9. En la Figura 11 se presenta físicamente el switch descrito.



Figura 11: Switch PoE Ruckus ICX 7650-48ZP.
Fuente: Commscope (2020)

- **Equipo XVR:** Es un equipo que cumple la función de grabador de video digital obtenido del sistema de cámaras conectado al mismo. El almacenamiento de la información se realiza en disco duros (HDD) ubicados al interior del equipo. En el diseño que se propone se utiliza cámaras digitales del tipo IP, la alimentación energética se realiza mediante PoE. En el Anexo 10 se muestra sus especificaciones técnicas. En la Figura 12 se presenta físicamente el grabador de video digital descrito.



Figura 12: Grabador de video digital DH-XVR7816S-4KL-X-LP.
Fuente: Commscope (2020)

- **Rack de telecomunicaciones:** Es un elemento muy importante en la infraestructura de telecomunicaciones de un sistema de cableado estructurado. Su función es el almacenamiento de equipos, switches, routers, servidores, UPS, paneles de conexión, ordenadores y cableados de parcheo en general. En el interior de un rack se produce las conexiones entre equipos y servidores para lograr la conectividad de la red. Es muy importante proyectarse a un escenario futurista, con el objetivo de poder soportar la implementación de nuevos puntos de red a medida que la red vaya creciendo, por tal motivo se toma la decisión de adoptar un sistema de administración de cables de alta densidad que soporten futuras expansiones. En el Anexo 11 se presenta los parámetros técnicos del rack propuesto. Asimismo, en la Figura 13 se muestra el rack armado con ordenadores de alta densidad.



Figura 13: Rack de telecomunicaciones con ordenadores verticales de alta densidad. Fuente: Siemon (2020)

Complementariamente en el Anexo 12 se muestra las especificaciones técnicas del ordenador vertical de alta densidad, el cual es muy útil para futuros requerimientos de nuevos puntos de red.

Para concluir el apartado de equipamientos y componentes en el rack de telecomunicaciones, se debe analizar los paneles de conexión (patch panels) y los conectores de 8 posiciones (jacks) que se instalan en el patch panel. En el Anexo 13 se presenta los parámetros técnicos de los paneles y conectores de conexión.

En la Figura 14 se presenta el panel de conexiones de la marca Siemon.



Figura 14: Panel de conexiones de 24 puertos ZS-PNL(F)-24E.
Fuente: Siemon (2018)

En la Figura 15 se presenta el conector de 8 posiciones de la marca Siemon. Dicho conector está fabricado en un gran porcentaje por un material metálico, el cual es muy relevante para minimizar los efectos del aumento de temperatura en el cableado.



Figura 15. Conector de 8 posiciones Shielded Z-MAX 6A Outlet.
Fuente. Siemon (2019)

3.8.3.2 Equipamiento de manejo eficiente de energía estabilizada

- **Equipo UPS:** También conocido como SAI (sistema de alimentación ininterrumpida) su funcionamiento consiste en activar un sistema de baterías cuando se produce un corte de energía eléctrica. En la Tabla 8 se presenta el cálculo de la potencia total que debe soportar el equipo UPS, se estimó un margen de potencia del 50% para el respaldo de equipos futuros.

Tabla 8: Cálculo de potencia total para determinar la capacidad del UPS

Equipo protegido	Cantidad	Consumo unitario (VA)	Carga total (VA)
Switch propuesto	4	951	3804
XVR propuesto	1	50	50
Margen de potencia		50%	1902
Potencia total (VA)			5756

Fuente: Salicru (s.f.)

De acuerdo a la potencia total calculada, se recomienda un equipo UPS de capacidad de 6 kVA, en el Anexo 14 se muestra sus especificaciones técnicas más relevantes. Asimismo, en la Figura 16 se presenta físicamente el UPS de 6 kVA.



Figura 16: UPS Vertiv Liebert GXT5 6 kVA.
Fuente: Vertiv (2019)

- **PDU (Power Distributor Unit):** Es un equipo que posee la función de brindar conectividad a la red eléctrica mediante tomacorrientes a los equipos de TI. El modelo propuesto del PDU es del tipo monitoreable por red. En el Anexo 15 se presenta los parámetros técnicos del PDU que se utilizará para la energización de los equipos en la sala de telecomunicaciones. Su principal ventaja recae en el monitoreo a través de internet para la conexión y desconexión de la energía de los puertos de salida. En el diseño de la solución se contempla la necesidad de emplear 02 PDUs, ambos se instalarán en la zona lateral de los racks. La configuración será de la siguiente forma, el primer PDU será conectado al UPS y el segundo PDU será conectado a la energía comercial del edificio. Con esta configuración se busca brindar respaldo ante cortes de energía imprevistos. En la Figura 17 se presenta el PDU analizado.



Figura 17: PDU vertical modelo: PDUMV20HVNETHX.
Fuente: Tripp Lite (s.f.)

3.8.4 Área de trabajo

En el área de trabajo se realizará el cambio de tomas de telecomunicaciones (TO) y la instalación de nuevas cámaras de video y puntos de acceso inalámbricos.

3.8.4.1 Tomas de telecomunicaciones (TO). Las nuevas tomas de telecomunicaciones deben ser compatibles con la categoría 6A del cableado UTP. Una toma de telecomunicaciones está compuesta por un faceplate y un conector de 8 posiciones, también conocido como Jack. En el Anexo 16 se muestra las especificaciones técnicas de ambos componentes.

En la Figura 18 se muestra físicamente ambos componentes descritos en la tabla anterior.



Figura 18: Componentes de una toma de telecomunicaciones (TO).
Fuente. Siemon (2019)

3.8.4.2 Cámaras de video digital. Las cámaras de video que se va a proponer en la solución deben tener resoluciones de 1080P en adelante. Fundamentalmente se diferencian por las áreas de instalación, un tipo “domo” se instalará en los techos o cualquier superficie horizontal, mientras que un tipo “bullet” se instala en paredes o superficies verticales. En el Anexo 17 se presenta los parámetros técnicos de la cámara de video digital de tipo IP. Asimismo, en la Figura 19 se presenta la cámara de video digital propuesta para la solución.



Figura 19: Cámara IP tipo domo Varifocal (4MP) modelo DS-2CD2745FWD-IZS. Fuente: Siemon (2019)

3.8.4.3 Puntos de acceso inalámbricos (WAPs). Son equipos que proporcionan conectividad a internet a los dispositivos que se encuentran en el rango de su red inalámbrica. Actualmente brindan servicios y aplicaciones extras estos equipos, como servicios de localización y aplicaciones IoT basado en radio. En el Anexo 18 se presenta los parámetros técnicos del access point inalámbrico que se propone para la solución. Asimismo, en la Figura 20 se presenta físicamente el equipo propuesto para la solución.



Figura 20: Access point inalámbrico de alta densidad AP-515.
Fuente. Aruba Networks (2018)

3.9 Herramientas y/o softwares empleados para el diseño del nuevo sistema de cableado estructurado

Las herramientas que se emplearon durante la investigación son del tipo “documental”, comprendidas por el análisis de estudios técnicos, recomendaciones y/o normativas aplicadas al sistema de cableado estructurado y la tecnología PoE IEEE 802.3bt. En una etapa posterior a la investigación documental, se emplearon otras herramientas comprendidas por softwares de dibujo y modelado en 3D. Los softwares que se emplearon fueron: Autocad 2018 para la fase de dibujo en 2D y Sketchup 2017 para la fase de modelado en 3D del prototipo de oficina. En el Anexo 19 se presenta las características más relevantes del software AutoCAD. Asimismo, en el Anexo 20 se presenta las características del software SketchUp.

3.9.1 Dibujo en 2D – software AutoCAD

Se realizó el dibujo del prototipo de la oficina en 2D (dos dimensiones) empleando el software AutoCAD, el resultado final es un plano de la oficina con detalles a nivel de arquitectura. El formato del archivo guardado con la extensión .dwg deberá ser exportado al software SketchUp para el modelado 3D y añadir los detalles de los componentes del sistema de cableado estructurado.

3.9.2 Modelado en 3D – software Sketchup

Con el dibujo exportado del software AutoCAD se realizó el modelamiento en 3 dimensiones del prototipo de la oficina corporativa empleando el software SketchUp. El modelamiento involucró realizar la arquitectura de la oficina, sala de telecomunicaciones y el subsistema de canalización para el sistema de cableado estructurado propuesto.

3.10 Diagrama propuesto del sistema de cableado estructurado

En este subcapítulo se muestra el diagrama general del sistema de cableado estructurado propuesto. Dicho diagrama tiene por objetivo la exposición de los puntos tratados acerca del subsistema de cableado, subsistema de canalización, sala de telecomunicaciones y el área de trabajo. En el siguiente subcapítulo se analizará a mayor detalle estos resultados. El diagrama elaborado por el autor se puede observar en el Anexo 21.

3.11 Presentación de resultados

Los resultados se presentarán en el siguiente orden. Los resultados del modelamiento digital 3D inician este subcapítulo, posteriormente se presenta

los resultados de la investigación realizada para la mejora del sistema de cableado estructurado convencional en la oficina corporativa.

3.11.1 Resultados de la creación del plano de arquitectura de la oficina corporativa (2D)

En la Figura 21 se muestra el resultado de la creación del plano bidimensional de la oficina corporativa, realizado mediante el software Autocad 2018.

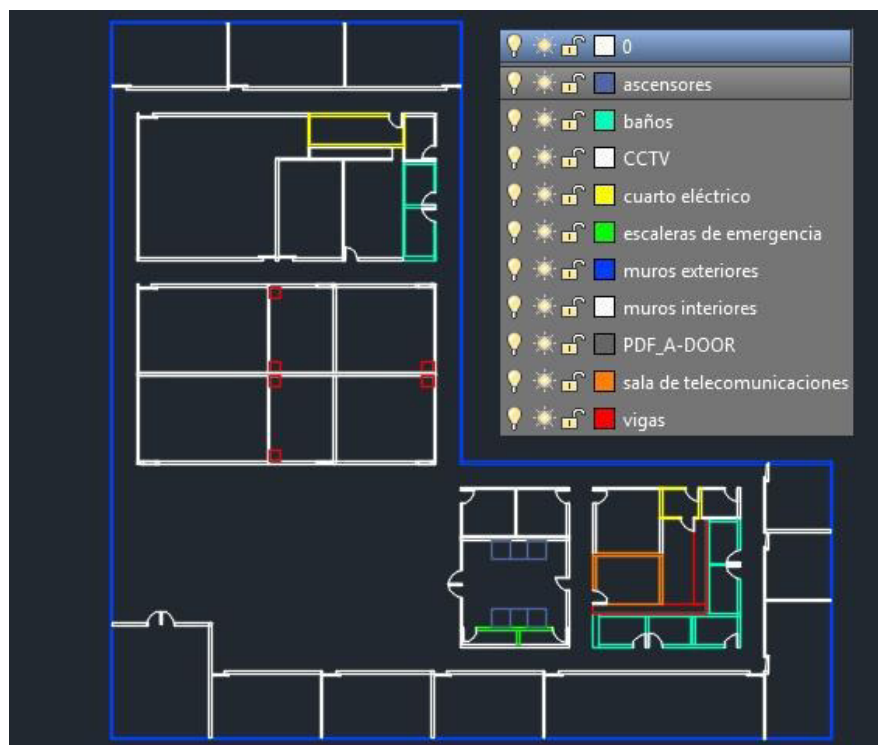


Figura 21: Plano en 2D del prototipo de la oficina corporativa convencional.
Fuente: Elaboración propia

El modelo y la forma de la oficina se diseñó a criterio del autor, en base a su trayectoria en proyectos similares implementados. Es importante mencionar que el plano fue elaborado con fines académicos. En el Anexo 22 se muestran los datos como: el área de la sala de telecomunicaciones y el área total de la oficina corporativa. Los cuales se utilizaron para la creación del plano,

principalmente el área de la sala de telecomunicaciones fue asignada de acuerdo a las recomendaciones de los organismos normativos.

3.11.2 Resultados del modelamiento tridimensional de la oficina corporativa

En esta sección se presenta los resultados del modelamiento en 3D realizado en el software de arquitectura Sketchup 2017. Para realizar dicha tarea es necesario tener un plano base de la oficina corporativa para proyectar a 3D, como se sabe en la anterior sección se creó el plano mencionado, por ello ya se tiene dicho plano obtenido en formato .DWG. El plano se debe importar al software Sketchup para realizar las tareas de modelamiento. En la siguiente Figura 22 se observa el plano importado en la interfaz de Sketchup



Figura 22: Dibujo de la oficina corporativa importado en el software SketchUp. Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar la importación del plano, se procede a definir las alturas de las paredes, muros, vigas con respecto al piso. En el acápite del capítulo 3.8.1 se analizó los detalles de las alturas de las bandejas de comunicaciones. Asimismo, se explicaron otras alturas recomendadas por organismos que rigen la construcción civil. En el Anexo 23 se muestra una tabla con dichas alturas empleadas para el modelado digital 3D.

Los resultados de la elevación de muros, ventanas, puertas, entre otros; se puede observar en el Anexo 24.

En la siguiente Figura 23 se observa los resultados del diseño de las bandejas portacables tipo malla. Los recorridos de las bandejas se realizan a través de los pasadizos de la oficina corporativa y finalizan en las instalaciones de la sala de telecomunicaciones, en la figura la sala se encuentra con un aspa de color rojo.



Figura 23: Vista de planta del recorrido de las bandejas en la oficina corporativa. Fuente: Elaboración propia

3.11.3 Resultados de la propuesta de equipamiento para la sala de telecomunicaciones

Con respecto a la sala de telecomunicaciones, se muestra la siguiente Figura 25 donde se presentan los equipos propuestos en los subcapítulos anteriores. Asimismo, se presentan otros equipos que también componen una sala de telecomunicaciones, tales como: firewall, servidores, entre otros. Sin embargo, no son relevantes para la investigación, puesto que el autor se centró en la aplicación de la tecnología PoE IEEE 802.3bt.

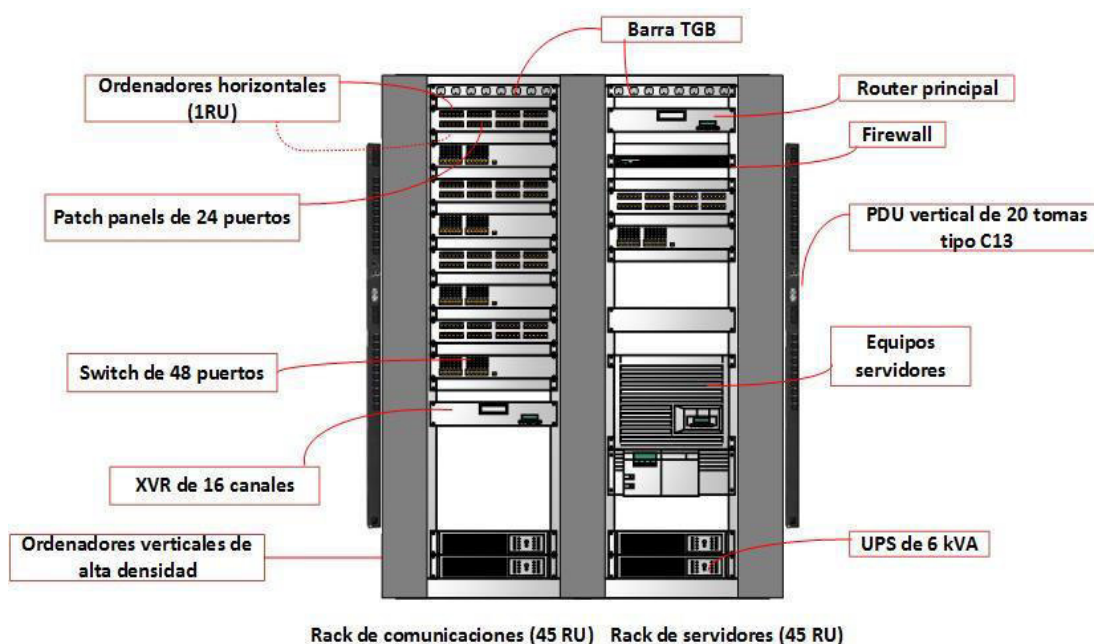


Figura 25: Diseño propuesto de la sala de telecomunicaciones
Fuente. Elaboración propia

3.11.4 Resultados de los diseños de la red inalámbrica y cámaras de video

Para finalizar el subcapítulo de resultados no se puede prescindir del diseño de las redes inalámbrica y la red de video vigilancia de la oficina corporativa. Mediante el uso del software Autocad 2018 se diseñó ambos planos de

ubicación de equipos y cobertura. Para el diseño técnico de la red inalámbrica se tuvo en consideración la norma ANSI/TIA-TSB 162-A, dicha norma recomienda utilizar circunferencias de radio igual a 13 metros para definir la zona de cobertura de un access point inalámbrico. El autor consideró un radio de 9 metros en el diseño de la red inalámbrica, para tener una mejor cobertura y evitar zonas muertas en la comunicación. En el Anexo 26 se puede observar el plano de la red inalámbrica y en el Anexo 27 se puede observar el diseño de la ubicación de cámaras de video vigilancia. El criterio del autor tiene por objetivo cubrir las zonas con mayor circulación de personas, de igual modo es importante proteger ciertas áreas importantes de la empresa.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES

4.1 Metodología aplicada

4.1.1 Estimación de costos

En esta sección se analizará la parte económica del proyecto. El monto total de inversión inicial está compuesto por: los costos de inversión en equipamiento, costos por servicios de instalación y/o configuración, costos por ingeniería y diseño. Es importante mencionar que los costos no incluyen IGV y el tipo de moneda trabajada es el sol (S/). Las tablas detalladas relacionadas con los costos mencionados se pueden encontrar en los Anexos 28, 29 y 30.

Luego de presentar los costos en las tres tablas, se obtiene el costo total estimado del proyecto valorizado en: **S/ 325,103.00 + IGV**. En la siguiente tabla se muestra el resumen económico para una implementación de un nuevo sistema de cableado estructurado, de acuerdo a lo que se propuso en el presente trabajo.

Tabla 9: Costo total estimado del proyecto

Descripción	Marca	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (S/)	Precio Total (S/)
Costos de inversión en equipamiento	-	1	glb	-	S/ 207,841.00
Costos por servicio de instalación y/o configuración	-	1	glb	-	S/ 104,262.00
Costos por servicio de ingeniería y diseño	-	1	glb	-	S/ 13,000.00
Total					S/ 325,103.00

Fuente: Elaboración propia

4.2 Conclusiones

- En el presente trabajo se analizaron criterios técnicos importantes recomendados por fabricantes y organismos normativos vinculados al sistema de cableado estructurado, con el objetivo de diseñar un sistema de cableado que soporte la implementación de la tecnología PoE IEEE 802.3bt.
- Un factor importante a considerar en todas las etapas de instalación, configuración y pruebas de un sistema de cableado estructurado; es la experiencia del personal técnico, supervisores y residentes de obra en este tipo de sistemas. En la actualidad gran parte de fabricantes de equipos y cableado como: Panduit, Siemon, Commscope, Leviton, Fluke Networks, entre otros; brindan programas de certificaciones en el manejo de sus materiales y herramientas, los cuales tienen por objetivo lograr instalaciones exitosas respetando normativas técnicas del cableado estructurado.
- El cableado de par trenzado apantallado F/UTP de categoría 6A es el más recomendado para aplicaciones PoE IEEE 802.3bt, de acuerdo a los estudios analizados en el presente trabajo. Otro factor importante es el menor costo de inversión comparado con categorías superiores como: 7, 7A y 8. Asimismo, se recomienda la instalación de las bandejas tipo malla.
- En el presente trabajo se realizó un modelamiento 3D digital de una oficina corporativa, empleando dos softwares de ingeniería y arquitectura, estos fueron: AutoCAD y SketchUp. La creatividad del autor hizo posible obtener este prototipo digital, que sirve para presentar el diseño real de instalación de un sistema de cableado estructurado previo a la implementación. Asimismo, sirve como idea para futuros investigadores que realicen trabajos similares.

CAPITULO V: RECOMENDACIONES

- La ubicación de la sala de telecomunicaciones debe ubicarse en un área céntrico con referencia al radio del área total de la oficina corporativa, con el objetivo de distribuir eficazmente las distancias del cableado horizontal y no superar los 90 metros.
- En el tendido del cableado en la bandeja portacables tipo malla, se recomienda la formación de paquetes de 37 cables, con el objetivo de minimizar el aumento de la temperatura en el cableado.
- Las pruebas de mediciones o certificación del cableado estructurado son necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del cableado instalado, además es un requisito para obtener la garantía del fabricante del cableado.
- En las conexiones realizadas en la sala de telecomunicaciones, a nivel de switch con patch panel, es importante emplear patch cords o cables previamente conectorizados de fábrica. Puesto que garantizan la conectividad con el switch y se reduce las horas hombre invertidas en esta tarea.

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA

Aguilar, C. (2017). *Propuesta de un marco general para el despliegue de ciudades inteligentes apoyado en el desarrollo de IoT en Colombia*.

Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11634/10732>

Anixter. (2015). *¿Qué es HDBaseT?* Recuperado de

https://www.anixter.com/es_la/resources/literature/technology-application-guides/what-is-hd-base-t.html

Anixter. (s.f.). *Standards Reference Guide*. Recuperado de

https://www.anixter.com/es_la/resources/literature/technical-references/standards-reference-guide.html

APBA. (2016). *Normativa interna para la infraestructura de telecomunicaciones de la APBA. Especificaciones mínimas para instaladoras*. Recuperado de

<https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/86fc9f2d-babe-49c5-acae-2e2043553941/DOC20161228083017Normativa+interna+Telecomunicaciones+APBA.pdf?MOD=AJPERES>

Aruba Networks. (2018). *¿Qué es PoE de alta potencia?* Recuperado de

https://www.arubanetworks.com/assets/es/tg/TB_High-Power-PoE.pdf

Aruba Networks. (2018). *Hoja técnica – Access points al campus de la serie 510 de Aruba*. Recuperado de

https://www.arubanetworks.com/assets/es/ds/DS_AP510Series.pdf

- Ávila, S. (2014) *Ejecución de proyectos de implantación de infraestructuras de redes telemáticas. IFCT0410* – Recuperado de:
<https://books.google.com.pe/books?id=2kspEAAQBAJ&pg=PA1&dq=Ejecuci%C3%B3n+de+proyectos+de+implantaci%C3%B3n+de+infraestructuras+de+redes+telem%C3%A1ticas.+IFCT0410&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiErZPQp-X7AhWXA7kGHeS3B7YQ6AF6BAgMEAI#v=onepage&q=Ejecuci%C3%B3n%20de%20proyectos%20de%20implantaci%C3%B3n%20de%20infraestructuras%20de%20redes%20telem%C3%A1ticas.%20IFCT0410&f=false>
- Belden. (2017). *How the New TSB-184-A Standard Supports PoE*. Recuperado de <https://www.belden.com/blog/smart-building/how-the-new-tsb-184-a-standard-supports-poe>
- Camacho, J. (2019). *Diseño del cableado estructurado backbone en fibra óptica para mejorar la velocidad de transmisión de datos en la empresa industrial Cerámica San Lorenzo en las plantas de producción 1 y 2 basándose en el estándar ANSI/TIA/EIA-568-A y ANSI/TIA/EIA-568-B.3* Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10757/625694>
- Chimpay, L. (2018). *Diseño de un sistema de cableado estructurado para el Hospital Regional de Moquegua*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10757/623989>
- Cordero, G. y Marcillo, X. (2018). *Propuesta de diseño del Data center y reestructuración de la red de datos de la Universidad Estatal de Bolívar*. Recuperado de: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15100>
- Commscope. (2020). *Ruckus ICX 7650 Enterprise-Class Stackable Access/Aggregation Switch*. Recuperado de https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/61732-ds-icx-7650.pdf?utm_source=ruckus&utm_medium=redirect

Dahua. (2018). *Hoja técnica del XVR DH-XVR7816S-4KL-X-LP*. Recuperado de

https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/uploads/soft/20181015/XVR7816S-4KL-X-LP_Datasheet_20181015.pdf

Fametal. (s.f.). *Canalizaciones para Cableado Eléctrico*. Recuperado de

https://www.fametal.com/wp-content/uploads/2014/11/cap%C3%ADtulo-16_2014_V3-Canalizaciones-para-Cableado-El%C3%A9ctrico.pdf

Felipe. A. y Pinto, R. (2014). *Sistemas de Comunicaciones Ópticas (monografía)*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

Recuperado de

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11995/Com%20o;jsessionid=BC111AFE312EAE717FB7CC632ED826BA?sequence=1>

Fiber Optic Network Products. (2018). *What's the Difference Between a PoE NVR and PoE Switch?* Recuperado de

<http://www.fiberopticsshare.com/difference-poe-nvr-vs-poe-switch.html>

Fluke Networks. (2016). *Familia de certificadores Versiv*. Recuperado de

https://www.networks.pe/descargas/presentaciones/FNet_Certificacion_Cableado_Cobre_SIEMON-RI_.pdf

Furukawa. (2019). *Informe Técnico - PowerOverEthernet*. Recuperado de

<https://www.furukawalatam.com/es/conexion-furukawa-detalles/poweroverethernet>

Hikvision. (2019). *DS-2CD2745FWD-IZS 4MP IR Varifocal Dome Network Camera*. Recuperado de

<https://www.hikvision.com/content/dam/hikvision/products/S00000000>

[1/S000000002/S000000003/S000000025/OFR000039/M000007766/
Data Sheet/DS-2CD2745FWD-IZS Datasheet V5.6.0 20200413.pdf](1/S000000002/S000000003/S000000025/OFR000039/M000007766/Data Sheet/DS-2CD2745FWD-IZS Datasheet V5.6.0 20200413.pdf)

- Legrand. (s.f.). *Páginas Técnicas Ortronics*. Recuperado de <https://www.legrand.com.co/ortronics-catalogos-y-fichas-tecnicas/catalogo-ortronics-2014-2015/paginas-tecnicas/detail>
- Legrand. (2018). *LCS3 Sistema de fibra óptica*. Recuperado de <https://legrand.com.pe/wp-content/uploads/2018/08/Brochure-y-Cat%C3%A1logo-LCS3-legrand.pdf>
- Leviton. (2014). *Evolución de lo inalámbrico: Cómo entender el estándar 802.11ac y por qué significa MÁS cableado en las redes empresariales*. Recuperado de <https://www.leviton.com/en/docs/Leviton CrossTalk July Aug 2014 ESP.pdf>
- Leviton. (2018). *Categoría 6A - Guía de referencia interactiva*. Recuperado de <https://www.leviton.com/en/docs/Leviton Cat6AReferenceGuide-LATAM-Esp.pdf>
- Macrogestion. (s.f.). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Recuperado de <https://www.macrogestion.com.pe/rne-reglamento-nacional-de-edificaciones/#gs.87nfhf>
- Nexans. (2019). *Next Generation PoE, The New Power over Ethernet Standards Deliver More Power, Speed, and Efficiency*. Recuperado de https://www.nexans.co.uk/eservice/UK-en_GB/fileLibrary/Download_540329718/UK/files/PoE_Paper_Update_May_2019_NCS_FULL.pdf

Netgroup. (16 de febrero de 2016). *Trabajos realizados en la empresa: schlumberger-maturin*. [Mensaje en un blog] Recuperado de <http://netgup.blogspot.com/2016/01/schlumberger-maturin.html>

Panduit. (s.f.). *Retrofit Cabinet Grounding Kits*. Recuperado de <http://www1.panduit.com/heiler/CatalogCutSheets/CGR630U%20Product%20Page.pdf>

Romero, J. (2017). Proyecto de Grado. *Diseño de una red de comunicaciones unificadas para el aeropuerto " El Caraño" de Quibdo*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7455/1/RomeroMeloJohanSebastian2017.pdf>

Runawana. (2020). *Requisitos de instalación SketchUp bajo Windows 10, Windows 8+ y Windows 7+*. Recuperado de <http://www.ruwana.com/ayuda/ayuda-sketchup/sketchup-requisitos-de-instalacion-en-windows/>

Salicru. (s.f.). *Recomendador de SAIs*. Recuperado de <https://www.salicru.com/recomendador-sais.html>

Siemon. (2012) *Factores Clave del Cableado en el Centro de Cómputo* Recuperado de: https://www.siemon.com/la/white_papers/08-04-28-data-center-factors.asp

Siemon. (2007). *Desmitificación de las Especificaciones de Cableado De Categoría 5e a 7A*. Recuperado de: https://www.siemon.com/la/white_papers/07-10-09-demystifying.asp

- Siemon. (2013). *Blindar o no Blindar*. Recuperado de https://www.siemon.com/la/white_papers/pdf/SD-1603-Blindar-o-No-Blindar.pdf
- Siemon. (2015). *CABLE F/UTP CATEGORÍA 6A*. Recuperado de http://files.siemon.com/int-download-product-specsheets/siemon-category-6a-f-utp-4-pair-cable_spec-sheet-la.pdf
- Siemon. (2017). *Siemon CI Manual*. Recuperado de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjUhtStheDqAhWolbkGHVbJACKQFjAAeqQIARAB&url=http%3A%2F%2Ffiles.siemon.com%2Fally-recertification-pdf%2Fenglish%2Fci-training-manual-rev_o.pdf&usq=AOvVaw0LZq5CtKIm5ot1wRkqVknu
- Siemon. (2018). *Z-MAX™ 6A Shielded Patch Panels*. Recuperado de http://files.siemon.com/int-download-product-specsheets/siemon-z6a-shld-z-max-6a-shielded-patch-panels_spec-sheet.pdf
- Siemon. (2019). *RS3 Cable Management Rack System*. Recuperado de http://files.siemon.com/int-download-product-specsheets/siemon-rs3-cable-management-rack-system_spec-sheet.pdf
- Siemon. (2020). *Value Vertical Cable Manager*. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/files.siemon.com/int-download-product-specsheets/siemon-value-vertical-cable-manager_spec-sheet.pdf
- Standards Informant. (2014). *TSB-162-A: Telecommunications Cabling Guidelines for Wireless Access Points*. Recuperado de <https://blog.siemon.com/standards/tsb-162-a-telecommunications-cabling-guidelines-for-wireless-access-points>

Tripp Lite. (s.f.). *Hoja técnica del PDU controlable PDUMV20HVNETLX*.

Recuperado de <https://www.tripplite.com/3.2%E2%80%93single-phase-switched-pdu-with-lx%20platform-interface-200%E2%80%93240v-outlets-20-c13-4-c19-c20/l6-20p-0u-taa~PDUMV20HVNETLX>

Universidad de Pamplona. (2020). *Guía resumen del Manual de Publicaciones con Normas APA SÉPTIMA EDICIÓN 2020*.

Recuperado de:

http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_15/recursos/2020/documentos/27022020/normasapa-7.pdf

Vertiv. (2019). *Vertiv™ Liebert® GXT5 UPS Intelligent and Efficient UPS for Protection of Your Mission-Critical Applications*. Recuperado de

<https://objects.eanixter.com/PD583300.PDF>

CAPITULO VII: ANEXOS

Anexo 1: Versiones de Ethernet

Versión de Ethernet	Estándar	Velocidad
Ethernet	IEEE 802.3i , IEEE 802.3j	10 Mbps
Fast Ethernet	IEEE 802.3u , IEEE 802.3y	100 Mbps
Gigabit Ethernet	IEEE 802.3z , IEEE 802.3ab	1 Gbps
10 Gigabit Ethernet	IEEE 802.3ae , IEEE 802.3ak, IEEE 802.3an	10 Gbps

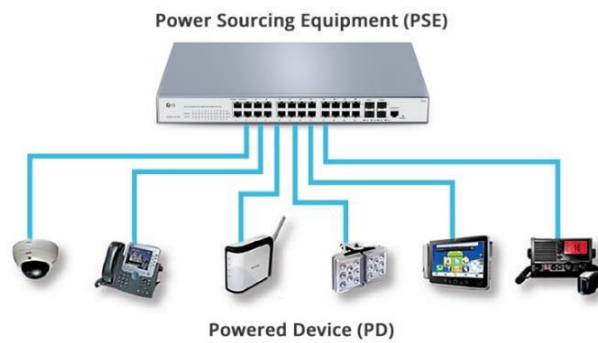
Fuente: Ávila (2014).

Anexo 2: Comparativa de rendimiento para cableados de categoría 6A y 7A

Parámetro	U/UTP ultra delgado genérico	U/UTP delgado genérico	U/UTP 6A SIEMON	F/UTP 6A SIEMON	S/FTP 7A SIEMON
Diafonía exógena	Bueno	Marginal: depende de prácticas restrictivas	Bueno	Excelente	Excelente
Diámetro típico	6.1 mm	7.3 mm	8.3 mm	6.9 mm	7.7 mm
Tipo de blindaje	Atípico (pseudoblindaje)	Sin blindaje	Sin blindaje	Pantalla de aluminio general	Blindaje de malla general
Calibre de conductores	26 AWG (no normado)	23 AWG	23 AWG	23 AWG	23 AWG
Desempeño eléctrico	Pobre	Marginal	Muy bueno	Muy bueno	Excelente
Disipación de calor	Muy pobre	Marginal	Bueno	Muy bueno	Excelente
Descarga electrostática	Muy pobre	Muy pobre	Marginal	Muy bueno	Excelente

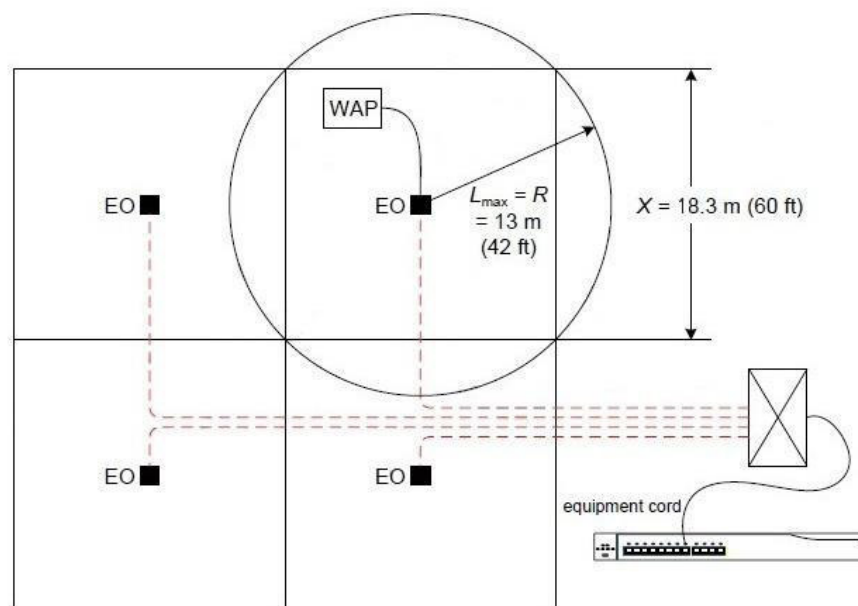
Fuente: Siemon (2013)

Anexo 3: Equipos de una red PoE.



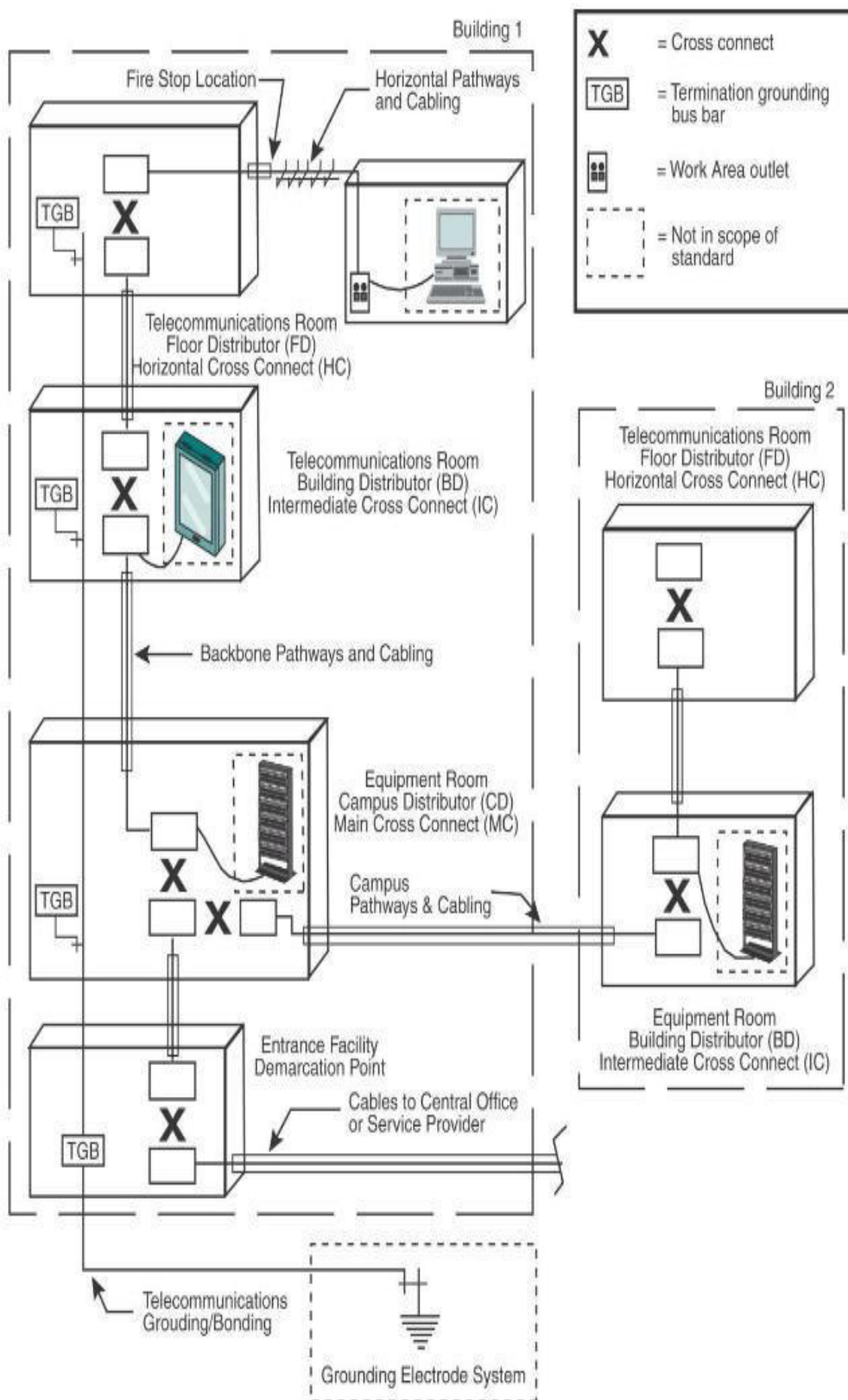
Fuente: Fiber Optic Network Products (2018)

Anexo 4: Esquema de celdas para diseño de red inalámbrica (TIA TSB-162-A).



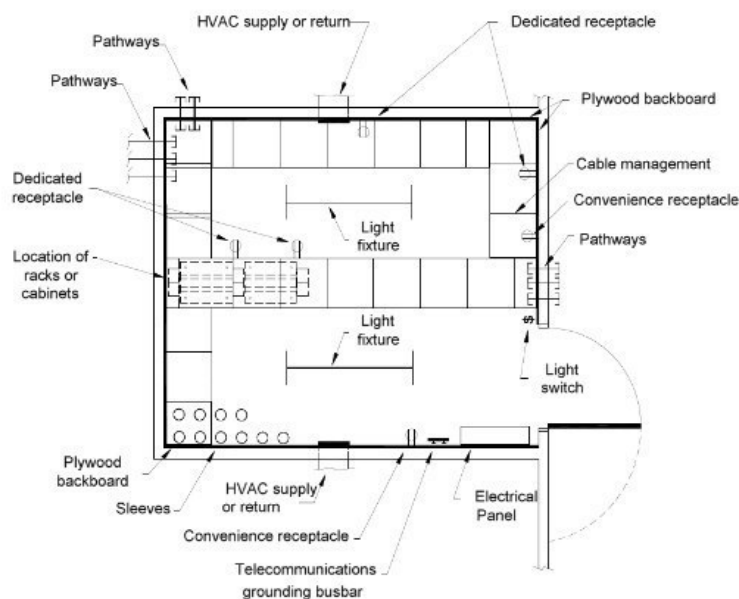
Fuente. Standards Informant (2014)

Anexo 5: Sistema de cableado estructurado en un edificio comercial.



Fuente: Siemon (2017)

Anexo 6: Componentes típicos de una sala de telecomunicaciones (TR).



Fuente: Siemon (2017)

Anexo 7: Comparativa de equipamiento convencional vs. equipamiento propuesto

Área	Convencional	Propuesto
Sistema de canalización (horizontal y vertical)	Bandeja portacables tipo "lisa"	Bandeja portacables tipo "malla"
Sistema de cableado	Horizontal: U/UTP Cat. 5e Vertical: U/UTP Cat. 6	Horizontal: F/UTP Cat. 6A Vertical: F/UTP Cat. 6A
Sala de telecomunicaciones	Gabinete de telecomunicaciones 42 RU UPS de capacidad de 3 KVA	Rack de telecomunicaciones 45 RU UPS de capacidad de 6 KVA
Área de trabajo	Switches de 48 puertos (soportan PoE IEEE 802.3af)	Switches de 48 puertos (soportan PoE IEEE 802.3bt)
	DVR de 16 CH, tecnología HDCVI	XVR de 16 CH, soporta tecnología IP
	Tomas de telecomunicaciones con componentes que soportan (Cat. 5e)	Tomas de telecomunicaciones con componentes que soportan (Cat. 6A)
	Cámaras tipo analógicas (720P)	Cámaras tipo IP (4MP)
	La red inalámbrica opera bajo IEEE 802.11n	La red inalámbrica opera bajo IEEE 802.11ax, IEEE 802.3bt.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8: Parámetros de altitud de las bandejas con respecto al suelo

Alturas fijadas para las bandejas de comunicaciones y eléctrica.	
Altura del techo estructural	3.31 metros (3310 mm)
Separación entre la bandeja eléctrica / techo estructural	0.3 metros (300 mm)
Altura de la base - bandeja eléctrica	2.905 metros (2905 mm)
Separación entre la bandeja eléctrica / comunicaciones	0.15 metros (150 mm)
Altura de la base - bandeja de comunicaciones	2.65 metros (2650 mm)
Altura del falso cielo	2.5 metros (2500 mm)
Basado en normativas de construcción (Fuente: Elaboración propia)	

Anexo 9: Parámetros técnicos del switch PoE Ruckus ICX 7650-48ZP

Parámetros técnicos	
Marca	Commscope
Modelo	Ruckus ICX 7650-48ZP
Dimensiones del equipo	440mm W x 406mm D x 44mm H; 1 UR
Características de los puertos	-24 puertos x 10/100/1000 Mbps (RJ-45 puertos PoE+) -24 puertos x 100/1000 Mbps 2.5/10 Gbps (RJ-45 puertos PoE+/PoH/UPoE) -Posee puertos QSFP para enlaces de 4x40G o 2x100G
Características de energía	-Posee 2 fuentes de alimentación (redundancia de fuentes) -Posee 2 conjuntos de ventiladores
Protocolos soportados	BGP, OSPF, VRRP, PIM, PBR, VRF (IPv4 e IPv6)
Capacidad de conmutación (velocidad de datos, full dúplex, stacking habilitado)	1.128 Tbps
Consumo de energía máximo (2 fuentes)	1902 W (951 W por fuente)
Presupuesto de alimentación PoE	1500 W
MTBF (25°C)	201,678 horas

MTBF hace referencia al Tiempo Medio Entre Averías

Fuente: Commscope (2020)

Anexo 10: Parámetros técnicos del equipo grabador de video XVR

Parámetros técnicos	
Marca	Dahua Technology
Modelo	DH-XVRXVR7816S-4KL-X-LP
Dimensiones del equipo	440mm W x 455mm D x 44mm H; 2 UR
Entradas analógicas (16 canales BNC)	-HDCVI: 4K, 6MP, 5MP, 4MP, 1080P@25/30fps, 720P@50/60fps, 720P@25/30fps -AHD: 5MP, 4MP, 3MP, 1080P@25/30, 720P@25/30fps -TVI: 5MP, 4MP, 3MP, 1080P@25/30, 720P@25/30fps -CVBS: PAL/NTSC
Entradas IP (16 canales)	Soporta cámaras IP que trabajan hasta 12MP
Códecs compresión	H.265+/H.265/H.264+/H.264
Salidas de imagen	2 HDMI, 1 VGA
Almacenamiento	80 Tb de capacidad (8 HDD)
Consumo energético	<35 W (sin HDD)

Fuente: Dahua (2018)

Anexo 11: Parámetros técnicos del Rack de telecomunicaciones RS3-07-S

Parámetros técnicos	
Marca	Siemon
Equipo	Rack de telecomunicaciones
Modelo	RS3-07-S
Material	Acero
Dimensiones	685mm (ancho) x 2100mm (alto) x 457.2mm (profundidad) ; 45 UR
Color	Negro
Certificaciones	CEA-310-E, UL 1863, RoHS
Capacidad de carga	454 Kg (1000 lbs)

Fuente: Siemon (2019)

Anexo 12: Parámetros técnicos del Organizador vertical VCM1A-06D-1-45

Parámetros técnicos	
Marca	Siemon
Componente	Ordenador vertical de cables
Modelo	VCM1A-06D-1-45
Características	Posee organizadores ambos extremos del rack (frontal y posterior)
Material	ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) plástico de alta resistencia
Dimensiones	2.05m (alto) x 490mm (profundidad) ; 45 UR
Color	Negro
Certificaciones	UL1863, RoHS
Capacidad de almacenamiento de cables	-646 (categoría 5e) -456 (categoría 6) -338 (categoría 6A)

Fuente: Siemon (2020)

Anexo 13: Parámetros técnicos de los paneles y conectores de conexión

Parámetros técnicos		
Parámetros	Paneles de conexión (patch panels)	Conectores de 8 posiciones
Marca	Siemon	Siemon
Componente	Panel de conexiones - 24 puertos (blindado)	Jack blindado
Modelo	ZS-PNL(F)-24E	Shielded Z-MAX 6A Outlet
Características	-Solución completa de blindaje (Protección contra interferencias externas y minimiza el alien Crosstalk)	-Soporta diámetros de cables de 9mm
	-Con porta etiquetas	-Carcaza externa de metal (útil para disipación de calor)
	-Cumple con los estándares internacionales	-Contactos de aleación de cobre de 50 micras, bañado en oro
	-Compatible con patch cord de categorías anteriores	
N° de ciclos de conexiones	N/A	2500
Material	-Acero laminado en frío -Termoplástico retardante a la llama	-Fundición de Zinc (metal) -Termoplástico retardante a la llama
Dimensiones (LxWxH)	109.2mm x 482.6 mm x 44.2 mm	41.2 mm x 14.5 mm x 21.1 mm
PoE	N/A	Adecuado para PoE tipo 1, 2, 3, 4 y PoH
Aterramiento	Accesorio con terminal a tierra	Zona de aterramiento en el jack
Configuración de conexión	N/A	T568A/B

Fuente: Siemon (2018)

Anexo 14: Parámetros técnicos del equipo UPS Vertiv Liebert GXT5

Parámetros técnicos	
Marca	Vertiv
Equipo	UPS Vertiv Liebert GXT5
Instalación	Tipo rack / tipo torre
Modelo	GXT5-6000MVRT4UXLN
Dimensiones (WxDxH)	430mm x 650mm x 173mm
Capacidad (kVA)	6 kVA
Peso	57 Kg
Frecuencia de operación	40 - 70 Hz (defecto 60 Hz)
Entrada de voltaje	176 - 286 VAC
Salida de voltaje	208 / 120VAC
Duración de la batería	- 3.5 minutos (100% de carga) -9.5 minutos (50% de carga)
Factor de potencia	0.9 - 1
Características	-Gestión mediante red (puerto RJ-45) -Batería integrada (con capacidad de auto prueba y detección) -Tarjeta de comunicaciones NIC (preinstalada)
Garantía	3 años

Fuente: Vertiv (2019)

Anexo 15: Parámetros técnicos del PDU controlable PDUMV20HVNETLX

Parámetros técnicos	
Marca	Tripp-Lite
Equipo	PDU vertical de tipo controlable monofásico
Modelo	PDUMV20HVNETLX
Dimensiones (cm)	177.8 (alto) x 5.6 (ancho) x 6.7 (profundidad)
Voltaje AC (entrada)	200, 208, 220, 230, 240 V AC
Amperaje	20 A - 208V / 240V; 16A 230V
Características	-Monitoreo remoto por cada toma (encendido, apagado, reinicio o bloqueo de energía) -Recomendado para entornos de TI o industrial.
Puerto de monitoreo de red	Puerto de red RJ 45
Tipo de entradas	-20 tomas con entrada C13 -04 tomas con entrada C19

Fuente: Tripp Lite (s.f.)

Anexo 16: Componentes de una toma de telecomunicaciones (TO)

Parámetros técnicos		
Parámetros	Placa frontal (Faceplate)	Conector de 8 posiciones (Jack)
Marca	Siemon	Siemon
Componente	Faceplate de 2 salidas - serie 10G MAX	Jack blindado
Modelo	10GMX-HFP-02-02	Shielded Z-MAX 6A Outlet
Características	-Separación entre salidas para reducir la diafonía externa (ANEXT)	Soporta diámetros de cables de 9mm
	-Modelos con salidas de 2, 3 y 4 conectores	-Carcasa externa de metal (útil para disipación de calor)
	-Con porta etiquetas	-Contactos de aleación de cobre de 50 micras, bañado en oro
	-Cuenta con accesorios de tapa ciega, para espacios vacíos.	-Compatible con patch cord de categorías anteriores
N° de ciclos de conexiones	N/A	2500
Material	Termoplástico retardante a la llama	Fundición de Zinc (metal) Termoplástico retardante a la llama
Dimensiones (LXWXH)	113mm (L) x 71 mm (H)	41.2x14.5x21.1mm
PoE	N/A	Adecuado para PoE tipo 1, 2, 3, 4 y PoH
Aterramiento	N/A	Recinto de 360 grados
Configuración de conexión	N/A	T568 A/B

Fuente: Siemon (2019)

Anexo 17: Parámetros técnicos de la cámara IP tipo domo Varifocal

Parámetros técnicos	
Marca	Hikvision
Equipo	Cámara IP tipo domo Varifocal (4MP)
Modelo	DS-2CD2745FWD-IZS
Instalación	En superficies horizontales
Resolución	2688 x 1520 @ 30 fps
Rango de infrarrojo	Hasta 30 m
Sensor de imagen	1/2.5" Progressive Scan CMOS
Interfaz de comunicación	Entrada RJ 45 10M/100M
Longitud focal	2.8 a 12mm
Tipo de lente	motorizado
WDR	120 dB
Características	-Tecnología de compresión eficiente H.265+
	-Excelente rendimiento con poca luz, gracias a la tecnología DarkFighter
	-Posee función de detección de rostro
	-Nitidez en las imágenes gracias a la tecnología WDR
PoE	IEEE 802.3af (36 V a 57 V), Max consumo 12,5 W
Protección	-IP67 (Resistente al agua y polvo)
	-IK10 (A prueba de vandalismo)

Fuente: Hikvision (2019)

Anexo 18: Parámetros técnicos del Access point inalámbrico de alta densidad

Parámetros técnicos	
Marca	Aruba
Equipo	Access point inalámbrico de alta densidad
Modelo	AP-515
Instalación	En superficies horizontales
Dimensión (W x D x H)	200mm x 200mm x 46mm
Peso	810 g
Consumo energético PoE	20.8 W (IEEE 802.3at/bt)
Compatibilidad	IEEE 802.11 b, g, n, ac y ax.
Bandas de trabajo	2.4 GHz y 5 GHz
Ganancia de antenas	-4.2 dBi (2.4 GHz) -7.5 dBi (5 GHz)
Características	-Compatible con Radio Bluetooth 5 y Zigbee (802.15.4) -Modelo con antenas integradas de banda dual. -Admite un total de 256 dispositivos
Velocidad de datos (máx)	-4.8 Gbps (5 GHz) -575 Mbps (2.4 GHz)
MTBF (T 25°C)	560000 horas (64 años)

Fuente: Aruba Networks (2018)

Anexo 19: Características generales y específicas del software AutoCAD 2018

Características del software AutoCAD 2018	
Año de lanzamiento	1982
Compañía	Autodesk
Versión del producto utilizado	O.49.0.0 AutoCAD 2018
Versión de licencia utilizada	Versión del estudiante
Características	-Es un programa de diseño asistido por computadora (CAD) -Se puede dibujar planos en dos y tres dimensiones -Empleo de capas para agrupar objetos y uso de bloques para agilizar las tareas de dibujo. -Posibilidad de importar directamente planos en formato PDF
Uso profesional	Ampliamente utilizado por ingenieros, arquitectos y diseñadores del sector industrial.
Formatos de archivos guardados	-.dwg (Extensión propia de AutoCAD, compatible con Sketchup) -.dxf (Sirve para compartir dibujos con otros softwares que trabajan con el formato CAD)

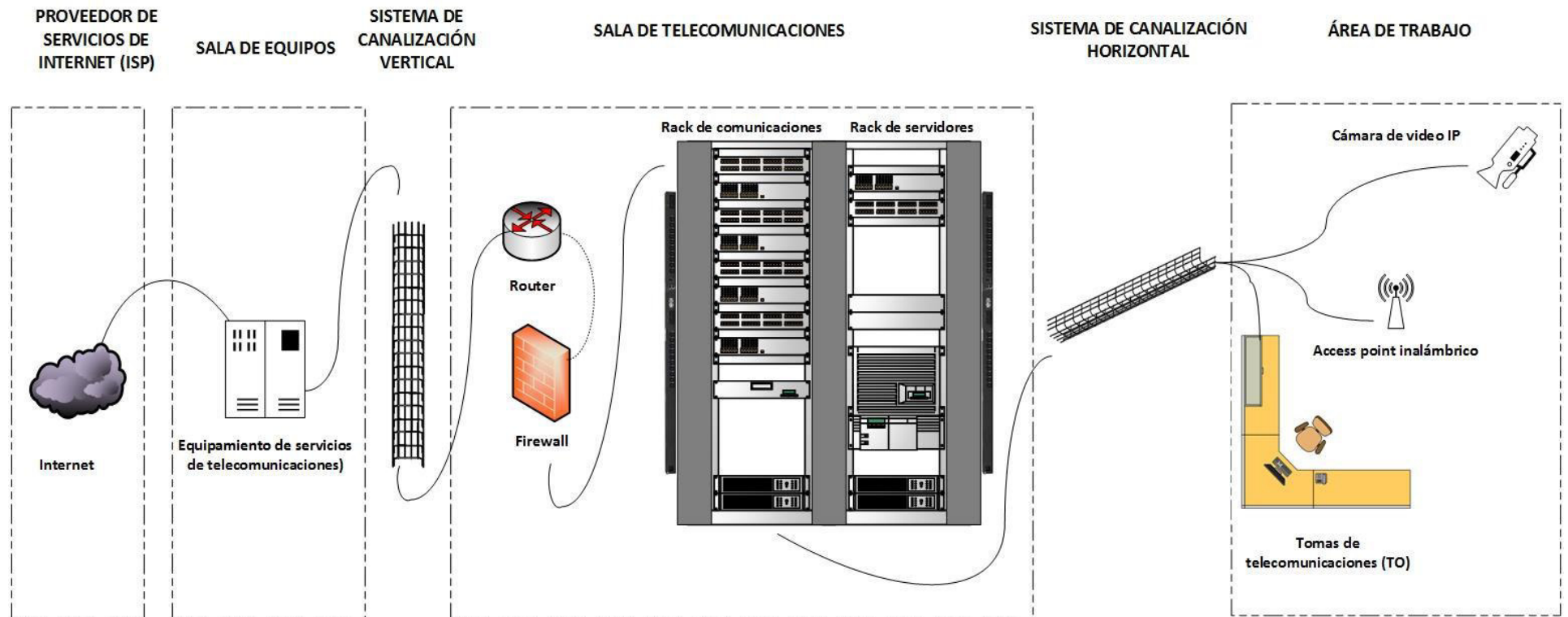
Fuente: Elaboración propia

Anexo 20: Características técnicas del software SketchUp Pro 2017

Características del software SketchUp Pro 2017	
Año de lanzamiento	2000
Compañía	Trimble Navigation
Versión del producto utilizado	17.0.18899 64-bits
Versión de licencia utilizada	Licencia de usuario único
Sistemas operativos	Windows, Mac OS X
Características	-Es un software de modelado en 3D -Se puede modelar edificios, objetos, coches, personas, entre otras creaciones.
Uso profesional	Empleado por ingenieros, arquitectos y diseñadores industriales, entre otros.
Requisitos mínimos	-Procesador de 1 GHz -4GB de memoria RAM -500 MB de espacio en disco duro -Tarjeta de video de clase 3D con 512 MB de memoria o superior.

Fuente: Runawana (2020)

Anexo 21: Diagrama completo del sistema de cableado estructurado propuesto



Anexo 22: Parámetros definidos para la construcción del prototipo de oficina

Parámetros del prototipo de la oficina corporativa convencional	
Área total de la oficina (m2)	1367.0125
Área de la sala de telecomunicaciones (m2)	12
Ancho de pasadizos (m)	1.5
Espesor de los muro exteriores (cm)	15
Espesor de los muros interiores (cm)	10

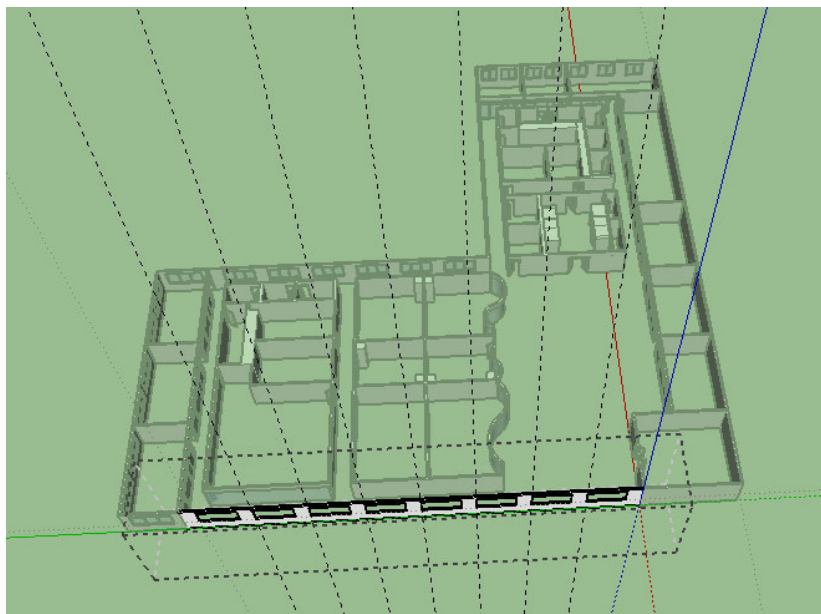
Fuente. Elaboración propia.

Anexo 23: Alturas definidas para el techo estructural y el falso cielo

Detalle de alturas	
Altura del techo estructural	3.31 metros (3310mm)
Altura de la base - bandeja de comunicaciones	2.65 metros (2650mm)
Altura del falso cielo	2.5 metros (2500mm)

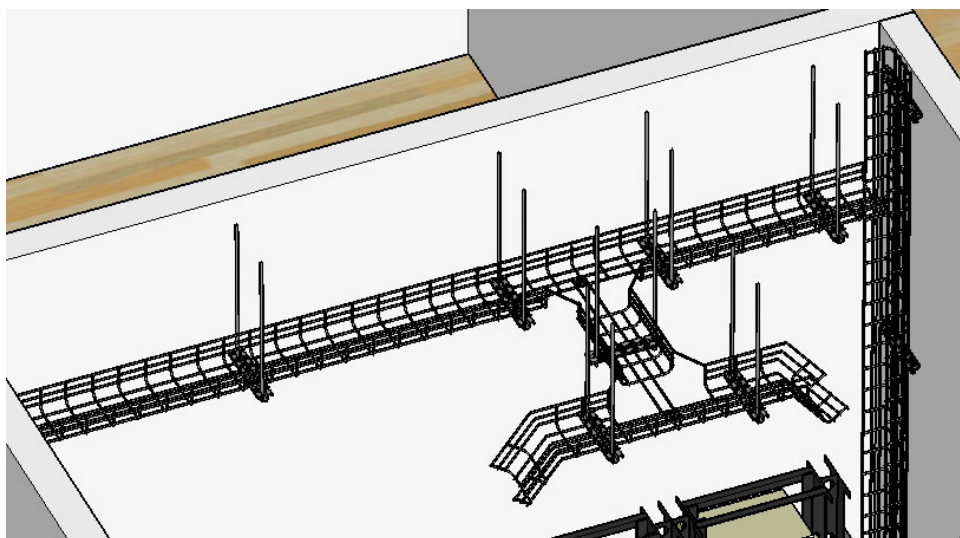
Criterios tomados del RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones). Fuente: Elaboración propia

Anexo 24: Elevación de muros, ventanas del modelado digital en 3D



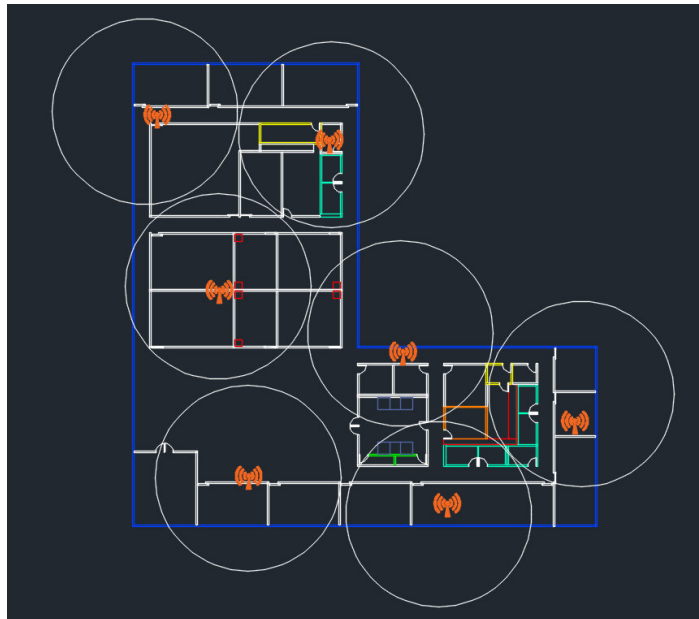
Fuente: Elaboración propia

Anexo 25: Modelado 3D de la bandeja de comunicaciones.



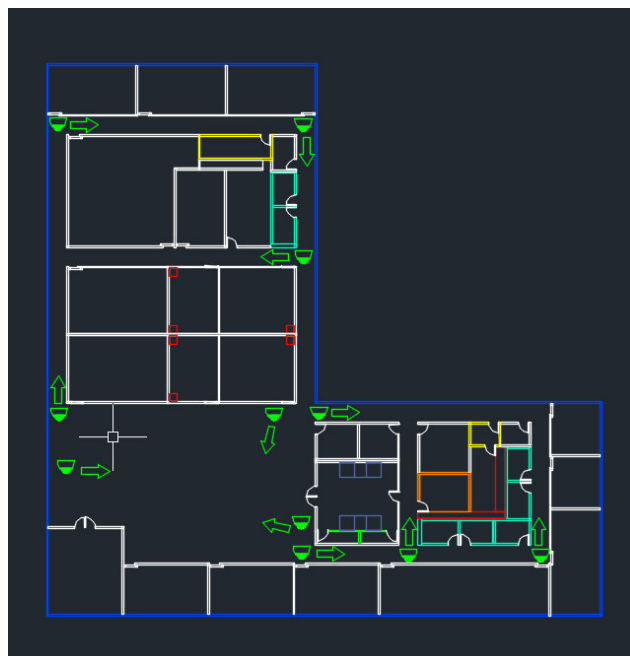
Fuente: Elaboración propia

Anexo 26: Diseño de la red inalámbrica para oficina corporativa.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 27: Ubicación de las cámaras de video.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 28: Costos de inversión en equipamiento

Descripción	Marca	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (S/)		Precio Total (S/)	
Equipamiento de Sistema de Cableado Estructurado						S/ 107,600.00	
Cable F/UTP Categoría 6A, apantallado, violeta	Siemon	13920	metro	S/	5.00	S/	69,600.00
Patchcord F/UTP Categoría 6A, 2 metros	Siemon	350	unidad	S/	40.00	S/	14,000.00
Patch panel, 24 puertos, categoría 6A, aterrado	Siemon	7	unidad	S/	250.00	S/	1,750.00
Faceplate categoría 6A, doble salida	Siemon	150	unidad	S/	15.00	S/	2,250.00
Conectores de 8 pos. Categoría 6A, apantallado	Siemon	400	unidad	S/	50.00	S/	20,000.00
Equipamiento de Networking, energía e infraestructura						S/. 87,564.00	
Switch PoE 48P	Ruckus	4	unidad	S/	13,370.00	S/	53,480.00
Rack de telecomunicaciones 45RU	Siemon	2	unidad	S/	2,300.00	S/	4,600.00
Ordenador vertical (alta densidad)	Siemon	3	unidad	S/	1,500.00	S/	4,500.00
UPS 6kVA	Vertiv	2	unidad	S/	11,536.00	S/	23,072.00
PDU vertical (20 tomas)	Tripplite	2	unidad	S/	956.00	S/	1,912.00
Equipamiento de video vigilancia						S/ 4,277.00	
Grabador XVR	Dahua	1	unidad	S/	845.00	S/	845.00
Cámara IP 4MP varifocal	Dahua	11	unidad	S/	312.00	S/	3,432.00
Equipamiento de red inalámbrica						S/ 8,400.00	
Access point AP-515	Ruckus	7	unidad	S/	1,200.00	S/	8,400.00
TOTAL						S/ 207,841.00	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 29: Costos por servicio de instalación y/o configuración

Descripción	Marca	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (S/)		Precio Total (S/)	
Equipamiento de sistema de cableado estructurado						S/	89,610.00
Instalación de Cable F/UTP Categoría 6A	-	13920	metro	S/	2.50	S/	34,800.00
Instalación de patch panels CAT 6A	-	7	unidad	S/	80.00	S/	560.00
Instalación de conectores de 8 POS CAT 6A	-	350	unidad	S/	20.00	S/	7,000.00
Instalación de patch cords CAT 6A	-	350	unidad	S/	15.00	S/	5,250.00
Instalación de face plate	-	350	unidad	S/	90.00	S/	31,500.00
Certificación de puntos de red categoría 6A	-	350	unidad	S/	30.00	S/	10,500.00
Equipamiento de Networking, energía e infraestructura						S/	4,884.00
Instalación de switch PoE 48 puertos	-	4	unidad	S/	645.00	S/	2,580.00
Instalación de UPS 6kVA	-	2	unidad	S/	689.00	S/	1,378.00
Instalación de PDU vertical	-	2	unidad	S/	463.00	S/	926.00
Equipamiento de video vigilancia						S/	5,666.00
Instalación de equipo Grabador XVR	Dahua	1	unidad	S/	650.00	S/	650.00
Instalación de Cámara IP 4MP varifocal	Dahua	11	unidad	S/	456.00	S/	5,016.00
Equipamiento de red inalámbrica						S/	4,102.00
Access point AP-515	Ruckus	7	unidad	S/	586.00	S/	4,102.00
TOTAL						S/	104,262.00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 30: Costos por servicio de ingeniería y diseño

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (S/)	Precio Total (S/)	
Ingeniería y Diseño					
Modelamiento digital 3D	1	glb	S/ 5,000.00	S/	5,000.00
Certificados	1	glb	S/ 3,500.00	S/	3,500.00
Dossier (planos conforme avance de obra, manuales, capacitaciones)	1	glb	S/ 4,500.00	S/	4,500.00
TOTAL				s/	13,000.00

Fuente: Elaboración propia