



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE SISTEMA DE SEGURIDAD CON LOS BENEFICIOS DE LA VIDEOVIGILANCIA
IP, PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**

Brian Roberto Molina Pérez

Asesorado por el Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SISTEMA DE SEGURIDAD CON LOS BENEFICIOS DE LA VIDEOVIGILANCIA
IP, PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BRIAN ROBERTO MOLINA PÉREZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS EDUARDO GUZMÁN SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. José Aníbal Silva de los Ángeles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE SISTEMA DE SEGURIDAD CON LOS BENEFICIOS DE LA VIDEOVIGILANCIA
IP, PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 22 de abril de 2015.



Brian Roberto Molina Pérez

Guatemala, 18 de octubre de 2015

Señor
Coordinador Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

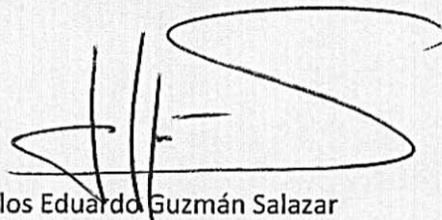
Estimado Coordinador:

Hago por este medio de su conocimiento que concluido la revisión del trabajo de graduación del estudiante **BRIAN ROBERTO MOLINA PÉREZ**, titulado "**Diseño de Sistema de Seguridad con los Beneficios de la Videovigilancia IP, para la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos**".

Habiendo cumplido con los objetivos que se propusieron, por lo que **APRUEBO** el trabajo de graduación del estudiante Molina Pérez. Siendo responsables de su contenido tanto el autor como el suscrito.

Por lo que, atentamente le solicito continuar con el trámite que la Universidad de San Carlos tiene para este propósito.

Atentamente,



Carlos Eduardo Guzmán Salazar
ASESOR NOMBRADO

CARLOS GUZMAN SALAZAR
Ingeniero Electricista
Col. No. 2762



REF. EIME 13.2016.
Guatemala, 21 de OCTUBRE 2015.

FACULTAD DE INGENIERIA

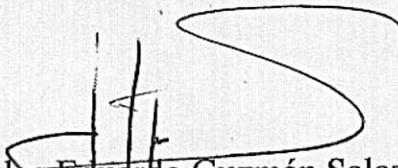
Señor Director
Ing. Francisco Javier González López
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
DISEÑO DE SISTEMA DE SEGURIDAD CON LOS
BENEFICIOS DE LA VIDEOVIGILANCIA IP, PARA LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS, del estudiante Brian Roberto Molina Pérez, que cumple
con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Área Electrónica



S/O



REF. EIME 13. 2016.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; BRIAN ROBERTO MOLINA PÉREZ Titulado: DISEÑO DE SISTEMA DE SEGURIDAD CON LOS BENEFICIOS DE LA VIDEOVIGILANCIA IP, PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, procede a la autorización del mismo.

Ing. Francisco Javier González López



GUATEMALA, 9 DE MARZO 2016.

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.D.196-2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA DE SEGURIDAD CON LOS BENEFICIOS DE LA VIDEOVIGILANCIA IP, PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**, presentado por el estudiante universitario: **Brian Roberto Molina Pérez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, abril de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme la vida y la sabiduría para llegar a cumplir este sueño.

Mis padres

Jorge Alfonso Molina García y María Mercedes Pérez de Molina, por su amor incondicional, por el apoyo que me han brindado durante todo el proceso y por su motivación constante. Este triunfo es de ellos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por permitirme llegar hasta este punto de mi vida, por darme la fuerza y la sabiduría para terminar mi carrera.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas y permitirme adquirir todo el conocimiento necesario para llegar hasta este punto.
Mi familia	Por su apoyo, cariño, comprensión durante todo el proceso y por su amor incondicional.
Mis amigos	Por su amistad, el apoyo brindado y todos los momentos compartidos.
Ing. Carlos Guzmán	Por compartir sus conocimientos y apoyarme en la realización de este trabajo.
Sr. Ramiro Molina	Por su colaboración en la elaboración del presente proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. VIDEOVIGILANCIA: ANTECEDENTES	1
1.1. Qué es videovigilancia.....	1
1.2. Un poco de historia.....	1
1.3. Sistema de videovigilancia	4
1.3.1. Captura de datos	4
1.3.2. Almacenamiento	5
1.3.3. Transporte de datos.....	5
1.3.4. Gestión y control.....	6
1.4. CCTV.....	6
1.4.1. DVR	7
1.4.2. Líneas de resolución: resolución en CCTV.....	9
1.5. Videovigilancia IP	10
1.5.1. Sistema de videovigilancia IP	11
1.5.2. NVR	12
1.5.3. Megapíxeles	13
1.5.4. Camino a la estandarización: ONVIF y PSIA.....	13
1.5.4.1. ONVIF: Open Network Video Interface Forum	14

	1.5.4.2.	PSIA: Physical Security Interoperability Alliance	15
2.		CÁMARA.....	17
	2.1.	Información general.....	17
	2.2.	Luz	17
	2.2.1.	Fotometría: medición de la luz	18
	2.2.2.	Temperatura de color	19
	2.2.3.	CRI	20
	2.2.4.	Luz infrarroja	21
	2.3.	Lente	21
	2.3.1.	Iris	23
	2.3.2.	Relación focal.....	25
	2.3.3.	Tiempo de exposición	26
	2.3.4.	Campo de visión y profundidad de campo	27
	2.4.	Sensor de imagen	28
	2.4.1.	Cámara de tubos.....	31
	2.4.2.	CCD: Charge Coupled Device.....	31
	2.4.2.1.	Sensibilidad y resolución de un sensor CCD.....	33
	2.4.2.2.	DR: Rango dinámico	34
	2.4.2.3.	CCD de color.....	35
	2.4.3.	Sensor CMOS	36
	2.5.	Tipos de cámaras.....	37
3.		VIDEO IP Y VIDEOANALÍTICAS	41
	3.1.	Redes IP	41
	3.1.1.	LAN y WAN	42
	3.1.2.	Estándares	42

3.1.3.	Modelo OSI.....	43
3.1.4.	TCP/IP	43
3.1.5.	PDU: Unidad de datos de protocolo	44
3.1.6.	Ancho de banda: capa física.....	45
3.1.7.	Dirección MAC: capa de enlace.....	45
3.1.7.1.	<i>Switch</i>	46
3.1.8.	Enrutamiento IP: capa de red	47
3.1.8.1.	<i>Router</i>	47
3.1.8.2.	Formato de direcciones IP	48
3.1.9.	TCP y UDP: capa de transporte	49
3.2.	Vídeo IP.....	50
3.2.1.	Fotogramas por segundo y compresión de vídeo...	50
3.2.2.	Audio en vídeo IP	52
3.2.3.	Gestión y almacenamiento	53
3.2.3.1.	Almacenamiento en red.....	55
3.2.4.	Consideraciones sobre ancho de banda y almacenamiento	56
3.3.	Análisis de vídeo	57
3.3.1.	Detección de movimiento y audio	59
3.3.2.	Seguimiento.....	60
3.3.3.	Analíticas de vídeo	60
4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA.....	63
4.1.	Antecedentes.....	63
4.1.1.	Inseguridad.....	64
4.1.2.	Videovigilancia en la Facultad de Ingeniería	64
4.1.3.	Comparativa entre videovigilancia IP y CCTV	65
4.2.	Descripción de los espacios	66
4.3.	Consideraciones previas al diseño	69

4.3.1.	Codificador de vídeo	70
4.4.	Descripción del diseño	70
4.4.1.	Características de las cámaras	70
4.4.1.1.	Cámara A	71
4.4.1.2.	Cámara B	71
4.4.1.3.	Cámara C	72
4.4.1.4.	Cámara D	72
4.4.2.	Simbología del diseño	72
4.4.3.	Edificio T-1	73
4.4.4.	Edificio T-3	76
4.4.5.	Edificio T-4	78
4.4.6.	Edificio T-5	81
4.4.7.	Edificio T-6	83
4.4.8.	Edificio T-7	84
4.4.9.	Otras áreas.....	86
4.4.10.	Red de cámaras y cableado.....	88
4.4.10.1.	Cálculo de ancho de banda.....	89
4.4.11.	Almacenamiento.....	89
5.	DESCRIPCIÓN Y COSTOS DE LOS EQUIPOS	91
5.1.	Dispositivos sugeridos.....	91
5.1.1.	Cámaras.....	91
5.1.2.	Codificador de vídeo	94
5.1.3.	Cableado y equipo de red	95
5.1.4.	Equipo de almacenamiento	98
5.2.	Centro de monitoreo.....	98
5.2.1.	Monitores.....	99
5.3.	Software de gestión.....	99
5.4.	Costo aproximado de todo el sistema	101

CONCLUSIONES 105
RECOMENDACIONES 107
BIBLIOGRAFÍA 109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diseño básico de un sistema de CCTV	7
2.	Puertos periféricos de un DVR	8
3.	Sistema de videovigilancia IP	11
4.	Temperatura de color	20
5.	Lente y distancia focal	22
6.	Diafragma del iris	24
7.	Formatos comunes de lente según su relación focal	26
8.	Tiempo de exposición	27
9.	Profundidad de campo y relación focal	28
10.	Formato de cámara	29
11.	Exposición correcta	30
12.	Efecto <i>blooming</i>	34
13.	Filtro de colores complementarios	36
14.	Modelos OSI y TCP/IP	44
15.	Formato de dirección MAC	46
16.	Sistema descentralizado y centralizado	55
17.	Principales edificios de la Facultad de Ingeniería	66
18.	Edificios T-3, T-4, T-5 y T-6	67
19.	Parqueos de la Facultad de Ingeniería	68
20.	Codificador de vídeo	70
21.	Simbología del diseño	73
22.	Edificio T-1, nivel 1	74
23.	Edificio T-1, nivel 2	74

24.	Edificio T-1, nivel 3.....	75
25.	Edificio T-3, nivel 0.....	76
26.	Edificio T-3, nivel 1.....	76
27.	Edificio T-3, nivel 2.....	77
28.	Edificio T-3, nivel 3.....	77
29.	Edificio T-3, nivel 4.....	77
30.	Edificio T-4, sótano	79
31.	Edificio T-4, nivel 1.....	79
32.	Edificio T-4, nivel 2.....	80
33.	Edificio T-5, nivel 1.....	81
34.	Edificio T-5, nivel 2.....	82
35.	Edificio T-5, nivel 3.....	82
36.	Edificio T-6.....	83
37.	Edificio T-7, nivel 1.....	84
38.	Edificio T-7, nivel 2.....	85
39.	Edificio T-7, nivel 3.....	85
40.	Otras áreas	87
41.	Conexión entre edificios.....	88
42.	Cámaras propuestas.....	94
43.	Centro de alarmas	101

TABLAS

I.	Línea de tiempo de los sistemas de videovigilancia	3
II.	Resolución en CCTV	10
III.	Fuentes de luz	19
IV.	Clases de direcciones.....	48
V.	Cálculo H.264	57
VI.	Cálculo Motion JPEG.....	57

VII.	CCTV vs videovigilancia IP	65
VIII.	Edificios de la Facultad de Ingeniería.....	69
IX.	Cámaras en edificio T-1	75
X.	Cámaras en edificio T-3	78
XI.	Cámaras en edificio T-4	80
XII.	Cámaras en edificio T-5	83
XIII.	Cámaras en edificio T-6	84
XIV.	Cámaras en edificio T-7	86
XV.	Cámaras externas	87
XVI.	Ancho de banda	89
XVII.	Cálculo de almacenamiento	90
XVIII.	Comparativa de cámaras propuestas.....	92
XIX.	Cantidad de codificadores	95
XX.	Cableado del sistema.....	96
XXI.	Modelos de los <i>switches</i>	97
XXII.	Conexiones de fibra	97
XXIII.	Cálculo de costos.....	102

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cd	Candela
GB	<i>Gigabyte</i>
°C	Grados Celsius
K	Kelvin
Kbps	Kilobits por segundo
lm	Lumen
lx	Lux
Mbit/s	Megabits por segundo
MP	Megapíxel
m	Metro
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
nt	Nit
”	Pulgada
f/	Relación focal
TB	<i>Terabyte</i>
V	Voltio
W	Watts

GLOSARIO

Analógico	En electrónica, se refiere a todo lo relacionado a la utilización de valores continuos en corriente y voltaje.
Ancho de banda	En informática se refiere a la medida de datos y recursos de comunicación disponible o consumida.
API	Es el conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software.
BNC	Siglas en inglés de Bayonet Neill-Concelman, un tipo de conector de conexión y desconexión rápida utilizado para cable coaxial.
Cable coaxial	Es un cable utilizado para transportar señales eléctricas de alta frecuencia que posee dos conductores concéntricos.
CCD	Es un circuito integrado utilizado principalmente como sensor en los elementos de digitalización de imágenes.
CCTV	Siglas de circuito cerrado de televisión, una tecnología de videovigilancia basado en el funcionamiento de la televisión antigua.

Centralizado	En informática, es cuando en un computador central se realiza un proceso de varios terminales conectados a este.
Circuito	Conjunto de dispositivos eléctricos conectados entre los cuales existe un flujo de corriente eléctrica.
CMOS	Semiconductor utilizado para la fabricación de circuitos integrados.
Condensador	Componente eléctrico que aumenta la capacidad eléctrica y la carga sin aumentar el potencial.
Criminalidad	Cantidad o proporción de crímenes cometidos en un lugar o en un período de tiempo.
Digital	Se refiere a todo aquello que suministra datos mediante dígitos o elementos finitos o discretos.
Disco duro	Elemento de almacenamiento de datos de forma magnética u óptica.
Distribuido	En informática, es un modelo de computación en el cual cada terminal realiza la mayor parte de los procesos localmente.
DVR	Siglas en inglés de Digital Video Recorder (Grabador de video digital), un dispositivo capaz de recibir información analógica y grabarla en formato digital.

Efecto <i>blooming</i>	Distorsión producida en una imagen capturada por un sensor que se expone a una lux muy brillante.
Efecto fotoeléctrico	Consiste en la emisión de electrones por un material cuando existe una radiación electromagnética sobre él.
Eje óptico	Línea imaginaria que recorre los centros de un sistema óptico.
Espectro electromagnético	Distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas.
Estandarización	Proceso de unificación de características en un producto, servicio, procedimiento, entre otros.
IANA	Siglas en inglés de Internet Assigned Numbers Authority (Autoridad para la asignación de números de internet), una entidad que supervisa la asignación global de direcciones IP.
IEEE	Siglas en inglés de Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), una institución dedicada al desarrollo en áreas técnicas.
Infrarrojo	Parte del espectro electromagnético que se extiende desde el extremo del rojo visible hacia frecuencias menores.

Longitud de onda	Es la característica de una onda que se refiere a la distancia que hay entre dos puntos consecutivos que poseen la misma fase.
Metadato	Es un tipo de dato que describe otro dato.
Microprocesador	Es un dispositivos de muy pequeñas dimensiones en el que todos los elementos están agrupados en un solo circuito integrado.
Negativo fotográfico	Es una imagen fotográfica en la que las luces aparecen en tonos oscuros y las sombras en tonos claros.
Película	Es una superficie transparente, formada por una sustancia sensible a la luz.
Píxel	Es la menor unidad homogénea de color que forma parte de una imagen digital.
<i>Plug-and-play</i>	Es la característica que permite a un dispositivo informático ser conectado a otro sin necesidad de configuraciones previas.
PoE	Siglas en inglés de Power over Ethernet (alimentación a través de Ethernet), una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a través de la infraestructura de red.

Profundidad de campo	En fotografía se entiende como el espacio por delante y por detrás del plano enfocado.
RCA	Es un tipo de conector común en el mercado audiovisual, el nombre proviene de la antigua compañía Radio Corporation of America.
RGB	Siglas en inglés de <i>Red, Green, Blue</i> (rojo, verde, azul), un modelo de color basado en la síntesis aditiva.
Sensibilidad	En electrónica se refiere a la mínima magnitud en una señal de entrada requerida para producir una determinada magnitud.
TVL	Siglas en inglés de <i>TV Lines</i> (líneas de televisión), una especificación para las cámaras y monitores analógicos.
UTP	Sigla, en inglés de Unshielded Twisted Pair (par trenzado no blindado), un tipo de cable de par trenzado utilizado principalmente en telecomunicaciones.
VGA	Siglas en inglés de Video Graphics Array (Adaptador Gráfico de video), un estándar de gráficos creado por IBM.

- VHS** Siglas en inglés de Video Home System (sistema doméstico de vídeo), un sistema de grabación y reproducción analógica de vídeo.
- VMS** Siglas en inglés de Video Management Software (Software de Gestión de vídeo), que hace referencia al software de gestión en un sistema de videovigilancia.
- VTR** Siglas en inglés de Video Tape Recorder (grabador de imágenes en cinta), un aparato utilizado para grabar imágenes en movimiento.

RESUMEN

Se realizó una investigación sobre los últimos desarrollos en los sistemas de videovigilancia actuales, las principales mejoras que poseen los sistemas IP sobre los sistemas análogos convencionales, siendo las más importantes la mejoría en la calidad de vídeo y las aplicaciones de análisis de vídeo. Se analizaron las aplicaciones de análisis de vídeo por separado y de qué manera estas herramientas pueden mejorar de una forma muy significativa el trabajo realizado por los agentes de seguridad, dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Además, se realizó una propuesta de diseño para una posible migración del sistema actual a uno totalmente IP, con todos los componentes necesarios para su correcto funcionamiento, aprovechando los componentes del sistema actual que podrían reutilizarse. El diseño incluye las ubicaciones de los componentes en los diferentes edificios que actualmente son utilizados por la Facultad de Ingeniería, y una breve descripción de sus características.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de seguridad que aproveche los beneficios de la videovigilancia IP, para la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos

1. Presentar una descripción general de los sistemas de videovigilancia y sus componentes.
2. Describir las características de una cámara, así como su funcionamiento y las diferentes tecnologías que se utilizan para su fabricación.
3. Indicar los desarrollos más significativos que se han realizado en tecnología de videovigilancia IP.
4. Mostrar las principales diferencias y ventajas que ofrece la tecnología de videovigilancia IP en comparación con la tecnología de CCTV.
5. Elaborar una propuesta de diseño para una posible migración a videovigilancia IP, que incluya todos los componentes necesarios para su correcto funcionamiento, así como los costos que conlleva la instalación del mismo.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo presenta información de importancia sobre los sistemas de videovigilancia, las diferentes tecnologías y últimos desarrollos, para tomar en consideración la posible migración del sistema de videovigilancia CCTV instalado en la Facultad de Ingeniería, así como una propuesta de diseño del sistema completo. Videovigilancia IP y CCTV son las dos grandes tecnologías en videovigilancia mayormente expandidas en el mundo. El presente se inicia con una explicación de ambas tecnologías de manera muy general, siendo CCTV una de las primeras en desarrollarse y videovigilancia IP la más reciente.

Posteriormente se presenta la cámara, siendo este el elemento más importante para un sistema de videovigilancia, se exponen todas las características de la misma, y las diferentes tecnologías que actualmente se utilizan.

En el tercer capítulo se exponen los desarrollos más importantes en vídeo, gracias a las redes IP, como el aumento de la resolución de las cámaras, así como la utilización de vídeo inteligente y muchas otras ventajas como la descentralización y estandarización.

En los últimos dos capítulos se realiza una propuesta de un posible diseño de videovigilancia completamente IP para la Facultad de Ingeniería, en el cual se incluyen las ubicaciones de las cámaras y características deseables para cada una. Además, se realiza una descripción de los equipos propuestos y del

sistema de gestión y almacenamiento, así como el desglose de los diferentes costos que conlleva la instalación completa del sistema.

1. VIDEOVIGILANCIA: ANTECEDENTES

1.1. Qué es videovigilancia

El término videovigilancia se refiere a la utilización de distintos dispositivos para la captura, visualización, grabación y reproducción de vídeo, con el propósito de prevenir, o actuar ante eventos que se podrían considerar de riesgo para el funcionamiento de ciertos procesos, o inclusive para el ser humano. Entre los elementos que conforman un sistema de videovigilancia se encuentran una gran variedad de dispositivos, como la videocámara, micrófonos, monitores, grabadores, sensores, entre otros, siendo la videocámara el elemento más importante sin el cual la videovigilancia no sería posible.

1.2. Un poco de historia

El primer sistema de videovigilancia del cual se tienen referencias, data de 1942, el cual fue desarrollado por la empresa Siemens AG para el ejército alemán durante la Segunda Guerra Mundial. A la tecnología que se utilizó en ese entonces se le llamó CCTV (circuito cerrado de televisión). Posteriormente en América también se empezaron a utilizar sistemas CCTV para el monitoreo de las armas atómicas, que se estaban desarrollando por el ejército de Estados Unidos.

No fue hasta en 1949, cuando la empresa Vericon inició a comercializar este tipo de sistemas, en ese entonces el monitoreo solo podía realizarse en tiempo real debido a que no existían sistemas de grabación. El primer sistema

que incluía la grabación de imágenes aparece en 1951, el cual utilizaba cintas de vídeo VTR.

En los años siguientes los sistemas de videovigilancia CCTV ya no solo eran utilizados por las entidades públicas o militares, las empresas privadas empezaron a añadir estos sistemas como medidas de seguridad, como en bancos, gasolineras, entre otros. Nunca se demostró en aquel entonces que estos sistemas podían bajar la tasa de criminalidad.

En un principio todos estos sistemas eran analógicos y funcionaban a través de cable coaxial (cobre) con una señal sinusoidal que oscilaba entre +0,5 y -0,5 V, las cámaras enviaban la señal al monitor o a la matriz a través de este cable, el cual era es muy susceptible a interferencias, las cuales influían en la calidad de imagen recibida. En esta tecnología la calidad de imagen se mide en líneas de televisión (TVL) y en un principio no se contaban con grabadores digitales solamente cintas de vídeo que podían ser VHS o VTR.

Hacia 1996, nace la primera cámara IP, desarrollada por la empresa Axis y con nombre comercial Neteye 200. Desde ese entonces inicia una nueva era en los sistemas de videovigilancia, la cual ha tenido un avance increíble, y sumándole los avances en la informática han producido que el salto de vídeo analógico a digital e IP fuera muy rápido. En la actualidad los sistemas de videovigilancia CCTV aún tienen una presencia muy fuerte, pero con el pasar de los años se ha vuelto más fácil, de menor costo y de mayor utilidad, implementar los sistemas de videovigilancia IP.

Tabla I. Línea de tiempo de los sistemas de videovigilancia

Hecho	Año
Se desarrolla la primera cinta para la captura de imágenes de una cámara de televisión (VTR).	1951
Primer informe de la utilización de cámaras para la seguridad en Trafalgar Square en ciudad de Londres, Inglaterra.	1960
Primer informe de iniciativas de ley para el uso de cámaras de seguridad en los Estados Unidos.	1965
La NASA utiliza señales analógicas para mapear la superficie de la Luna, enviando imágenes a la Tierra.	1966
Se emiten patentes para los sistemas de seguridad en el hogar, utilizando videovigilancia.	1969
Texas Instruments patenta la primera cámara electrónica que no requiere película.	1972
Se desarrolla un chip sensor de imagen llamado CCD.	1973
Adopción de los sistemas de videovigilancia en empresas propensas a robo o fraude.	1980
Científicos de Kodak inventan el primer sensor de imagen capaz de grabar a 1,4 megapíxeles.	1986
El bombardeo de Bishopsgate en Londres por IRA, abre paso a la construcción del "Ring of Steel".	1993
Se comercializa la primera cámara IP por Axis Communication con el nombre NetEye 200.	1996
Los DVR aparecen en el mercado y por segunda vez ocurre un gran crecimiento en adopción de sistemas de videovigilancia.	1998
El ataque al World Trade Center cambia la apreciación que se tenía de los sistemas de videovigilancia.	2001
Se instala un sistema de reconocimiento facial completo en la escuela Royal Palm, en Phoenix para el rastreo de niños extraviados.	2003
Se comercializa la primera cámara IP con funciones de video-analíticas integradas por la empresa Intellio.	2005
Chicago anuncia públicamente el programa "Operation Virtual Shield" el más extenso sistema de videovigilancia para una ciudad.	2006
Se estima que más del 97 % de las telecomunicaciones se transmite a través de internet.	2007
Gracias a internet es posible que la videovigilancia se realizó en cualquier lugar y en cualquier momento remotamente.	Actualidad

Fuente: elaboración propia.

1.3. Sistema de videovigilancia

Un sistema de videovigilancia es el conjunto de todos los elementos que hacen posible la videovigilancia, incluyendo aquellos que no son imprescindibles pero que agregan herramientas al sistema para facilitar el cumplimiento de los objetivos del mismo. Los sistemas de CCTV son en la actualidad, los sistemas de videovigilancia más utilizados, pero con los últimos avances tecnológicos, se han desarrollado sistemas de videovigilancia IP, los cuales presentan muchas mejoras con respecto a un sistema CCTV convencional. Dependiendo de la tecnología que se desea utilizar así serán necesarios diferentes elementos, se les agrupar en cuatro categorías, estas deben ser compatibles entre ellas para el correcto funcionamiento del sistema.

1.3.1. Captura de datos

En esta categoría se encuentran todos los dispositivos que realizan la captura de información, aquellos dispositivos que se encuentra más cercanos a las áreas de riesgo en las cuales se quiere aplicar la videovigilancia, entre los más comunes se encuentran:

- Cámara
- Micrófonos
- Alarmas
- Sensores

Siendo la cámara el elemento más importante se estudiará con más detalle en el siguiente capítulo.

1.3.2. Almacenamiento

Para definir la capacidad de almacenamiento, se debe considerar diferentes factores; la cantidad y resolución de las cámaras que se utilizarán, algunas restricciones de grabación y el tiempo de grabación que se quiera almacenar.

En la actualidad existen diferentes soluciones de almacenamiento, las cuales se utilizan en diferentes escenarios y con diferentes dispositivos:

- **DVR:** el grabador de vídeo digital (*digital video recorder*), es dentro de una instalación de CCTV, el dispositivo central de la instalación, es decir, donde se conectan las cámaras de vídeo y el monitor para la visualización de las mismas.
- **NVR:** grabador de vídeo en red (*network video recorder*), es un programa que graba vídeo en formato digital, y generalmente se ejecuta en un equipo dedicado para el manejo de vídeo, a diferencia de un DVR, las cámaras se conectan a un dispositivo de red, el cual se encarga de enviar la información de vídeo hacia el software a través de paquetes IP.
- **Almacenamiento externo IP:** este es una extensión de almacenamiento, que no está dedicada al manejo de vídeo, sino que, se debe utilizar conjuntamente con un NVR o DVR, y que aprovecha las ventajas de la tecnología IP.

1.3.3. Transporte de datos

En esta categoría se toman en cuenta todos los dispositivos que hacen posible que la información de vídeo sea transportada desde los elementos de

captura, hasta el equipo de almacenamiento y de gestión y control. En vídeo vigilancia existen dos tecnologías que se pueden utilizar dependiendo del tipo de almacenamiento y cámaras que se utilicen. Los sistemas de CCTV en los cuales se utiliza cable coaxial, o los sistemas de videovigilancia IP.

1.3.4. Gestión y control

También llamado VMS (por sus siglas en inglés), se realizará en la mayoría de casos directamente desde el sistema de almacenamiento, sin embargo, en la actualidad se han desarrollado una gran variedad de programas que aprovechan la tecnología IP, para proveer al sistema de gestión más herramientas para que sea más fácil de operar, en este tipo de soluciones generalmente la gestión y control se realiza remotamente.

1.4. CCTV

El Circuito cerrado de televisión o CCTV es una tecnología de videovigilancia diseñada para supervisar una diversidad de ambientes y actividades, el cual utiliza la misma señal analógica que se utilizaba en la televisión de antes.

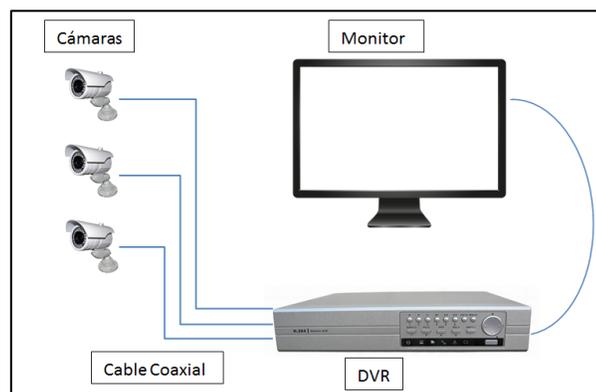
Se le denomina circuito cerrado ya que, al contrario de lo que pasa con la televisión de difusión, todos sus componentes están enlazados. Además, a diferencia de la televisión convencional, este es un sistema pensado para un número muy limitado de espectadores.

Como todo sistema de videovigilancia, el sistema de CCTV, está compuesto por una o varias cámaras de videovigilancia, las cuales pueden ir conectadas a uno o más monitores que reproducen el vídeo capturado por las

cámaras. Las cámaras también pueden estar conectadas a un pequeño ordenador llamado DVR, el cual permite visualizar varias cámaras en un mismo monitor (la cantidad de cámaras depende de la capacidad del DVR y permite almacenar vídeo, convirtiendo la señal analógica a un formato digital. Estos sistemas incluyen funcionalidades como visión nocturna, operaciones asistidas por el DVR como la detección de movimiento, que facilita al sistema ponerse en estado de alerta cuando algo se mueve frente a las cámaras.

En un sistema de CCTV convencional, el DVR es el centro de la instalación, ya que las cámaras y monitores van conectadas directamente a este y también en este se realiza toda la gestión de vídeo. La figura 1 muestra las conexiones básicas de un sistema de CCTV.

Figura 1. **Diseño básico de un sistema de CCTV**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

1.4.1. **DVR**

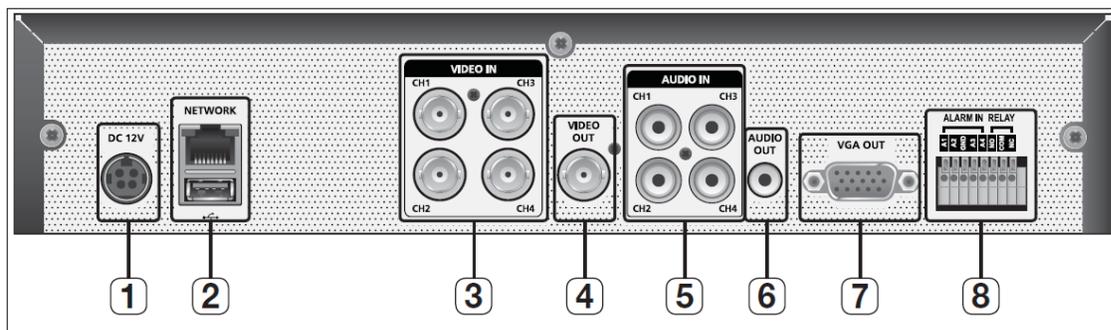
DVR o grabador de video digital (por sus siglas en inglés) es un dispositivo interactivo de grabación de señal de televisión y vídeo en formato digital. El

DVR consiste principalmente en un disco duro de gran capacidad, un microprocesador, los buses de datos y el software que proporciona diversas funcionalidades para el tratamiento de las secuencias de vídeo recibidas, acceso a guías de programación y búsqueda avanzada de contenidos.

El DVR nace gracias a la posibilidad de convertir la señal analógica de televisión a un formato digital, este hecho permite almacenar la información y manipularla posteriormente con un procesador. De modo que se podría calificar al DVR como una computadora especializada en el tratamiento de imágenes digitales. El DVR se diferencia de su predecesor analógico, la videograbadora, en que este solo podía almacenar imágenes de forma pasiva.

El DVR está integrado por varios puertos periféricos que se utilizarán para poder interactuar con el mismo, los puertos que integran un DVR pueden variar dependiendo de la marca que se utilice, aunque en la mayoría se podrán encontrar los siguientes.

Figura 2. Puertos periféricos de un DVR



Fuente: SAMSUNG. *Manual del usuario, Dvr de 4 canales*. https://www.samsung-security.com/SAMSUNG/upload/Product_Specifications/SRD-450_UserManual-SP.pdf.

Consulta: mayo de 2015.

1. Puerto para alimentación: dependiendo del DVR este puede ser DC utilizando un transformador, o conexión directa a la corriente alterna de 110 V.
2. USB y puertos de red: puertos USB para conexión de memoria externa y *mouse* para la gestión del DVR, y puerto RJ-45 para conexiones de red.
3. Entrada de vídeo: puerto de entrada de señal de vídeo compuesta (conector tipo BNC).
4. Salida de vídeo: puerto de salida de señal de vídeo compuesto (conector tipo BNC).
5. Entrada de audio: puerto de entrada de señal de audio (usualmente se usa RCA).
6. Salida de audio: puerto de salida de señal de audio (usualmente se usa RCA).
7. Salida de vídeo VGA: puerto de salida de vídeo para monitor VGA.
8. Entrada de alarma: puerto para conectar alarmas.

1.4.2. Líneas de resolución: resolución en CCTV

Líneas de resolución, líneas de televisión o TVL es la medida de resolución de imagen que se utilizan en las cámaras analógicas. La cantidad de líneas de televisión indican la calidad de la imagen que captura la cámara. Este es uno de los factores más importantes al momento de elegir qué cámaras se utilizarán en el sistema.

En la tabla II, se observan las resoluciones que se pueden utilizar para los sistemas CCTV, la resolución es una combinación de líneas de resolución horizontales (HTVL) y líneas de resolución verticales (VTVL), en la primera columna se encuentran los nombres con los que se le designan a cada

resolución, en la segunda columna la cantidad de líneas de resolución que conforman cada una y en la tercera el equivalente en píxeles.

Tabla II. **Resolución en CCTV**

Designación	HTVL x VTVL	Equivalente en píxeles
CIF	352x240	84 480
2CIF	704x240	168 960
4CIF	704x480	337 920
D1	720x480	345 600

Fuente: elaboración propia.

1.5. Videovigilancia IP

La videovigilancia IP es la tecnología que a diferencia de los sistemas CCTV, la transmisión de vídeo desde de la cámara hasta los equipos de almacenamiento y gestión, se realiza a través de las redes de comunicaciones IP, por lo cual se le llama “cámara IP”. Las redes IP ofrecen muchas ventajas digitales sobre los sistemas CCTV, permitiendo así, la supervisión local o remota de imágenes y audio, tratamiento digital de imágenes, para aplicaciones como el reconocimiento de matrículas y reconocimiento facial, entre otras.

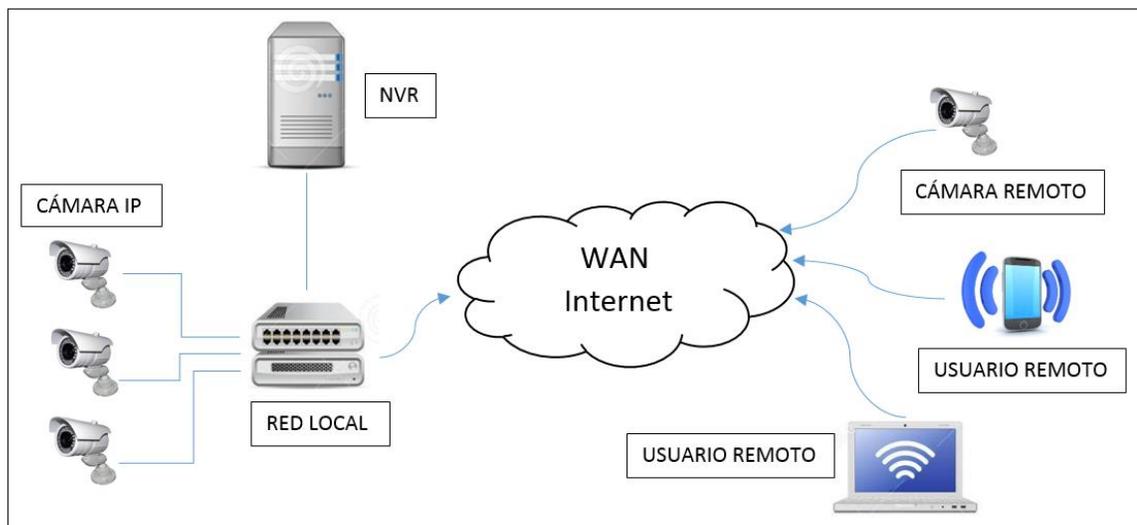
Las cámaras IP incorporan un circuito integrado, en el cual llevan incorporado un microordenador especializado en ejecutar las aplicaciones de red. La mayor virtud de las cámaras IP, es que tienen la capacidad de digitalizar las imágenes que capturan, comprimir y emitir vídeo y audio en protocolos IP en tiempo real y por sí mismas, y no tienen necesidad de conectarse a cualquier otro equipo para funcionar.

1.5.1. Sistema de videovigilancia IP

Los sistemas de videovigilancia IP pueden estar compuestos por una gran variedad de dispositivos. Al igual que los sistemas CCTV, los sistemas IP incluyen los dispositivos de captura y almacenamiento, a estos se le suman todos aquellos que hacen posible la transmisión de vídeo a través de la red IP, entre los más usuales están: *routers*, *switches* y *AP*.

Aunque se recomienda que se diseñe un sistema IP centralizado, esto no es fundamental, ya que las redes IP permiten adherir al sistema una gran cantidad de cámaras y equipos de almacenamiento, los cuales no están restringidos por distancia gracias a las redes de áreas amplias WAN.

Figura 3. Sistema de videovigilancia IP



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

En la figura 3, se puede observar el diseño de un sistema de videovigilancia IP, en el cual se tiene dentro de la red local LAN, conectadas las

cámaras IP y la unidad de almacenamiento NVR, también se aplican las ventajas de las redes IP, conectando usuarios remotos para la gestión del sistema, e incluso cámaras para supervisar sitios remotos.

1.5.2. NVR

NVR o grabador de vídeo en red (por sus siglas en inglés) es un software que graba vídeo en formato digital, y generalmente se ejecuta en un equipo dedicado para el manejo de vídeo. El software de gestión de vídeo establece la base para grabación, análisis y monitorización de vídeo. Hoy en día, se encuentra una amplia gama de software, que se basa en las necesidades de los usuarios. El software de gestión de vídeo permite visualizar diversas cámaras al mismo tiempo y existe desarrollo de software que incluye características avanzadas como:

- Visualización simultánea y grabación de vídeo en directo desde múltiples cámaras.
- Diversos modos de grabación: continua, programada, por alarmas y por detección de movimiento.
- Capacidad para manejar altas velocidades de imagen y gran cantidad de datos.
- Múltiples funciones de búsqueda para eventos grabados.
- Acceso remoto a través de navegador web o software cliente.
- Control de cámaras PTZ.
- Funciones de gestión de alarmas.
- Soporte de sistema de audio en tiempo real, *full dúplex*.
- Vídeo inteligente y análisis.

1.5.3. Megapíxeles

Una de las principales mejoras de un sistema IP, sobre un sistema CCTV convencional, es la alta resolución de imagen que ofrecen las cámaras IP, en las cuales se logran resoluciones de megapíxeles, representado como Mp (término que nace con el desarrollo de las cámaras digitales). Un formato megapíxel común en cámaras IP es 1 280x1 024, que ofrece una resolución de 1,3 megapíxeles, tres veces mayor que en las cámaras analógicas utilizadas en CCTV. También se encuentran disponible, cámaras de 2, 3 y hasta 5 megapíxeles.

La mejora de la resolución también va acompañada de elevadas tasas de compresión, para evitar los altos consumos del ancho de banda y espacio en almacenamiento. Se utilizan comúnmente, estándares como H.264 que simplifica de manera muy significativa el almacenamiento en el NVR, y otros formatos menos utilizados como MPEG-4 y JPEG.

1.5.4. Camino a la estandarización: ONVIF y PSIA

En los inicios de la videovigilancia IP era imposible integrar los dispositivos creados por los diferentes fabricantes, lo que obligaba a todos los usuarios a diseñar su sistema de videovigilancia utilizando una única marca y limitado a las facilidades que este ofrecía. En este contexto surge la necesidad de disponer de estándares de vídeo IP, además del interés de contar con herramientas lo más universales posible. En la actualidad conviven dos estándares de comunicación de vídeo IP: ONVIF y PSIA. Sin embargo, ONVIF resulta el más conveniente ya que un mayor número de fabricantes lo están adoptando.

1.5.4.1. ONVIF: Open Network Video Interface Forum

ONVIF fue creado en el 2008 por las marcas Axis, Bosch y Sony, sin fines de lucro y con el fin de crear estándares en la industria para facilitar la integración entre los dispositivos de varios fabricantes y su interoperabilidad entre ellos. Hoy en día, ONVIF cuenta con 480 miembros, hasta 2 040 productos que se ajustan a su especificación Perfil S y más de 4 000 productos registrados.

La primera especificación ONVIF fue lanzada en noviembre de 2008, la cual definía un protocolo común para el intercambio de datos entre dispositivos de vídeo en red. Desde entonces ha ampliado su alcance para incluir productos de control de acceso y también ha desarrollado perfiles especializados para categoría específicas. El objetivo de crear los perfiles es ayudar a los usuarios finales a identificar la versión de la especificación ONVIF en la que estaban interesados, por lo que es más fácil determinar las compatibilidades e interoperabilidades de los productos que lo conforman.

Los perfiles cumplen con la base de especificaciones con las que ONVIF fue creado, y en la actualidad se han publicado los siguientes perfiles:

- El perfil S define las funcionalidades comunes de los sistemas de vídeo IP, como el vídeo y *streaming* de audio, controles PTZ y activación de relevadores.
- El perfil C define las funcionalidades comunes de los sistemas de control de acceso IP, tales como el estado de la puerta y el control, administración de credenciales, y manejo de eventos.

- El perfil G define las funcionalidades de almacenamiento de vídeo, grabación, búsqueda y recuperación de vídeo.
- El perfil Q (parcialmente publicado) define las funcionalidades de descubrimiento y configuración de dispositivos en red, así como la gestión de certificados y claves TLS.

1.5.4.2. PSIA: Physical Security Interoperability Alliance

PSIA promueve y desarrolla especificaciones abiertas, correspondientes a la tecnología de seguridad, en todos los segmentos de la industria, incluyendo vídeo, almacenamiento, análisis, intrusión y control de acceso. PSIA ha creado siete especificaciones que permiten a los sistemas y dispositivos la interoperabilidad e intercambio de datos:

- Modelo PSIA de seguridad común: es la especificación PSIA completa para todo protocolo de seguridad de datos y usuarios. Abarca todos los requisitos de seguridad y definiciones para la red, tales como la sesión de seguridad, gestión de claves y certificados, y gestión de permisos de usuarios.
- Modelo PSIA de metadatos y eventos: proporciona un conjunto común de servicios utilizados por la tecnología de seguridad, tales como sensores quimicobiológicos, dispositivos de intrusión, análisis de vídeo y sensores de control de tráfico. Esta especificación también permite a los proveedores simplificar sus comunicaciones de interoperabilidad.

- Especificación de dispositivos IP: permite la interoperabilidad entre los productos, como una cámara IP, dispositivos de intrusiones y gestión de video o el sistema de control de acceso. Esta especificación también elimina la necesidad de *kits* de desarrollo para controladoras personalizadas, ya que crea un API común que puede ser utilizado tanto por dispositivos y vendedores.
- Especificación para grabación y gestión de contenidos: describe los estándares de PSIA para el registro, la gestión, la búsqueda, la descripción, y la transmisión de información multimedia sobre redes IP. Esto incluye soporte para DVR y NVR.
- Especificación de vídeo analíticas: permite a los dispositivos IP y sistemas de gestión de vídeo, comunicar los datos de análisis de vídeo de una manera estandarizada. La especificación incluye la definición de varios tipos de eventos de análisis, incluyendo alertas y conteo, además de análisis de datos de vídeo.
- Especificación de control de área: esta especificación estandariza la comunicación en productos de control de acceso e intrusión, haciéndolos interoperables con un sistema de seguridad global, con esto, permite la armonización y el intercambio de datos entre el control de acceso, intrusión, vídeo y los sistemas de análisis y como resultado una gestión de seguridad optimizado y fácilmente integrado.
- Perfil de control de acceso y perfil de intrusión: cada uno de estos perfiles se derivan de la especificación de control de área, aplicando estos perfiles los fabricantes pueden aplicar el *plug-and-play* de PSIA para la interoperabilidad de sus productos. Todos los productos que cumplen con algún perfil PSIA se pueden integrar no importando la marca.

2. CÁMARA

2.1. Información general

En el siglo XIX, el término cámara se refería a un dispositivo para la grabación de imágenes en película o algún otro material sensible a la luz. Este dispositivo consistía en una caja oscura, un lente a través del cual entraba la luz y era enfocada, un obturador que controlaba la duración de apertura del lente, y un iris que controlaba la cantidad de luz.

El primer negativo fotográfico fue producido por Joseph Nicéphore Niépce en 1826, este hecho se considera como el nacimiento de la fotografía. En ese entonces la cámara consistía en una caja oscura, con un lente en el frente y una película en la parte trasera.

Actualmente la cámara se utiliza en cine, fotografía, televisión y multimedia. Las cámaras pueden grabar imágenes de diferentes maneras y diferentes objetivos, pero todas usan luz, lentes y sensor de imagen.

2.2. Luz

La luz visible es una parte del espectro electromagnético el cual el ojo humano puede percibir. En el espectro electromagnético, la luz visible se encuentra entre la luz ultravioleta y la luz infrarroja, con una longitud de onda desde 380 hasta 750 nanómetros.

2.2.1. Fotometría: medición de la luz

Muchas unidades diferentes han sido definidas por diversos científicos, dependiendo del punto de vista adoptado. Debido a esto, las especificaciones para cámaras, son más difíciles de definir, por lo cual se separan dos tipos de fuentes de luz; fuentes primarias (los objetos que producen luz) y fuentes secundarias (los objetos que reflejan la luz). La luz se puede medir con diferentes unidades a las cuales se les denomina unidades fotométricas:

- Intensidad luminosa (I): es la potencia luminosa de una fuente de luz primaria, radiada en todas direcciones. La unidad para este tipo de luz es la candela (cd). Una candela es aproximadamente la cantidad de luz generada por una candela ordinaria.
- Flujo luminoso (F): se refiere a la intensidad luminosa, pero en un cierto ángulo sólido. La unidad de flujo luminoso se obtiene dividiendo la intensidad luminosa por cuatro veces pi radianes y se mide en lúmenes (lm).
- Iluminancia (E): es el término más utilizado en videovigilancia, especialmente cuando se definen las características mínimas de iluminancia de la cámara. La iluminancia de una superficie es la cantidad de flujo luminoso en una unidad de área. La iluminación por lo tanto se mide en lúmenes por metro cuadrado o mejor conocido como lux (lx).
- Luminancia (L): describe el brillo de la superficie de cualquier fuente de luz secundaria. La luminancia depende tanto de la intensidad luminosa y del ángulo en que está siendo observado. Por lo tanto, se mide por unidad de área de la superficie proyectada perpendicular a esta

dirección. La unidad preferida para luminancia es Nit (nt), que se refiere a candela por metro cuadrado.

En videovigilancia es importante conocer la cantidad de luxes (iluminancia) donde la cámara estará expuesta, ya que cada cámara se diseña para cierto tipo de ambientes. Para dicha medición se puede utilizar un instrumento de medición llamado luxómetro, el cual es capaz de medir la iluminancia.

2.2.2. Temperatura de color

La precisión del color puede ser afectada por la temperatura de color de la fuente de luz. La temperatura de color de una fuente de luz, se define comparando su color dentro del espectro luminoso, con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada.

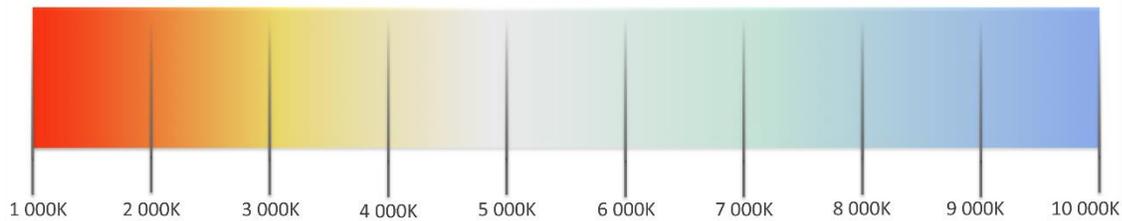
Mientras la temperatura de color de una fuente de luz es mayor, el color tiende a cambiar de rojo a blanco y luego azul. En la siguiente tabla se muestran algunos diferentes tipos de fuentes de luz y su temperatura en Kelvin asociada.

Tabla III. Fuentes de luz

Fuente de luz	Temperatura de color (Kelvin)
Luz del Sol	5 000-7 000
Luz incandescente	2 800-3 400
Luz fluorescente	4 000-4 200
Haluro de metal blanco	3 400-4 200
Sodio de alta presión	1 900-2 900
Vapor de mercurio	3 200-7 000
Sodio de baja presión	1 700-1 900

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Temperatura de color**



Fuente: MARTINEZ, Marcos. *La temperatura de color no se mide en grados.*

<http://lightroom.lighting/wp-content/uploads/2015/03/Temperatura-de-color-LR-51.png>.

Consulta: mayo de 2015.

2.2.3. CRI

El índice de reproducción cromática (CRI por sus siglas en inglés), mide la capacidad de una fuente de luz de producir una imagen real sin producir cambios en el color. Mientras más alto sea CRI de una fuente de luz, se producirán mejores imágenes. El Sol es la mejor fuente de luz, por lo cual en el día las imágenes serán de mejor calidad, mientras que la Luna no es una fuente de luz, por lo cual en la noche o lugares oscuros necesitarán una fuente de luz artificial para lograr una buena imagen.

Existen una gran variedad de fuentes de luz, las cuales pueden mejorar el desempeño de la cámara significativamente, entre las diferentes fuentes de luz se encuentran las siguientes:

- Led, CRI de 80 a 95
- Lámpara incandescente, CRI de 100
- Lámpara halógena, CRI de 100
- Lámpara fluorescente compacta, CRI de 15 a 85

- Lámpara de haluro metálico, CRI de 65 a 93
- Lámpara de inducción, CRI de 79
- Sodio de alta presión, CRI de 0-70
- Sodio de baja presión, CRI de 0

2.2.4. Luz infrarroja

La luz infrarroja no puede ser percibida por el ojo humano, pero si por el sensor de una cámara, por lo cual se utiliza comúnmente en cámaras en blanco y negro para iluminar ambientes donde existe muy poca luz.

La mayoría de las cámaras de color utilizan un filtro que evita el paso de luz infrarroja hacia el sensor, este filtro ayuda a conservar el color real de imagen y reduce la aparición de manchas. Sin el filtro infrarrojo, las cámaras de color mostrarían una imagen con un resplandor rojo. Por otra parte, las cámaras día y noche, utilizan la luz infrarroja para iluminar cuando la iluminación es muy pobre. Cuando esto sucede, la cámara automáticamente retira el filtro infrarrojo y graba en blanco y negro.

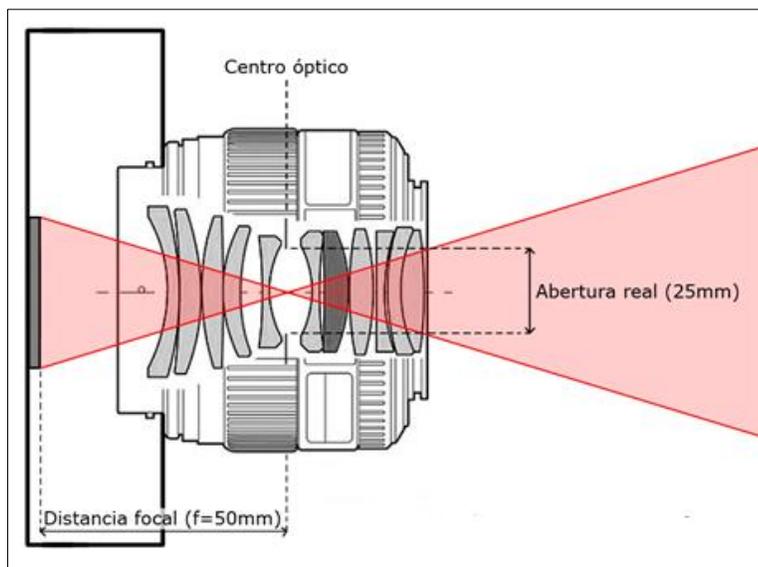
La potencia de una fuente de luz infrarroja y su ángulo de cobertura determina la máxima área en la cual se puede obtener una imagen útil. Mientras mayor potencia el área será mayor.

2.3. Lente

Los lentes, también llamado “objetivo”, son los ojos de las cámaras. La función de un lente es en primer lugar, seleccionar la escena que se desea capturar, a través de la distancia focal. En segundo lugar, se controla la cantidad de luz que llega al sensor por medio del iris.

La distancia focal es la distancia entre el centro óptico del lente y el sensor de imagen, comúnmente se encuentran formatos de distancia focal entre los 2,1 hasta los 75 milímetros. Los rayos de luz se condensan internamente en el lente en un punto común en el eje óptico. El punto en el que se coloca el sensor de imagen de la cámara se llama punto focal. Distancias focales pequeñas permiten visualizar mayor campo de visión, aunque con menor detalle. Distancias focales mayores reducen el campo de visión aumentando el detalle.

Figura 5. **Lente y distancia focal**



Fuente: OPLADEN, Martin. *Distancia Focal*.

<http://www.martinopladen.com/blog/fotografia-escribir-con-luz-%C2%B7-4a-parte/distanciafocal-5/>. Consulta: mayo de 2015.

Según el diseño del lente, se pueden clasificar los siguientes:

- Lente fijo: son el tipo de lentes más simples. Para encontrar el valor fijo del lente se requiere un cálculo preciso para seleccionar el lente más

adecuado para una escena determinada. Este cálculo se basa en conocer el tamaño deseado del área de visualización y la distancia hacia la cámara.

- Lente varifocal: lentes de distancia focal variable, y los más utilizados porque permiten conseguir un ajuste más preciso de la escena. Este tipo de lentes hacen que un sistema sea más flexible, ya que un mismo lente puede ser usado en todas las cámaras y ajustarse de forma precisa para cada escena.
- Lente zoom motorizado: este tipo de lentes puede configurarse con una distancia focal de más de 200 mm, la distancia focal se controla remotamente, gracias a un motor *zoom*, el cual al aplicarle voltaje, acerca o aleja el centro óptico del punto focal.

Cuando se hablan de cámaras y lentes, los términos C y CS se refieren a la distancia focal entre el lente y el sensor de la cámara. Inicialmente no era posible colocar un lente de formato CS a una cámara de formato C, una imagen no sería enfocada ya que el lente está hecho para enfocar a una distancia de 12,5 milímetros, mientras que el lente C enfoca a una distancia de 17,5 milímetros. Las cámaras más recientes están hechas con la capacidad de ajustar la distancia del sensor de imagen a un formato C o CS.

2.3.1. Iris

La función del iris es controlar la cantidad de luz que pasa a través del lente, normalmente se usa un mecanismo conformado por pequeñas láminas llamado diafragma. Existen tres configuraciones para los lentes según el iris:

- Lentes sin iris: lentes sin ajuste de iris.
- Lentes con iris manual: en este lente, el ajuste del iris se realiza manualmente por el instalador, y no puede reaccionar al cambio de luz en la escena. Este lente se coloca en lugares en donde la cantidad de luz permanece constante.
- Lente con iris automático: en este lente, el ajuste del iris se realiza automáticamente cuando existen cambios en la cantidad de luz. Existen dos tipos de iris automático,
 - DC Drive Iris: el iris es ajustado por la cámara. La cámara examina la cantidad de luz que ingresa y envía una señal que abre o cierra el iris.
 - Video Drive Iris: el iris es ajustado por un circuito interno que lo controla.

Figura 6. **Diafragma del iris**



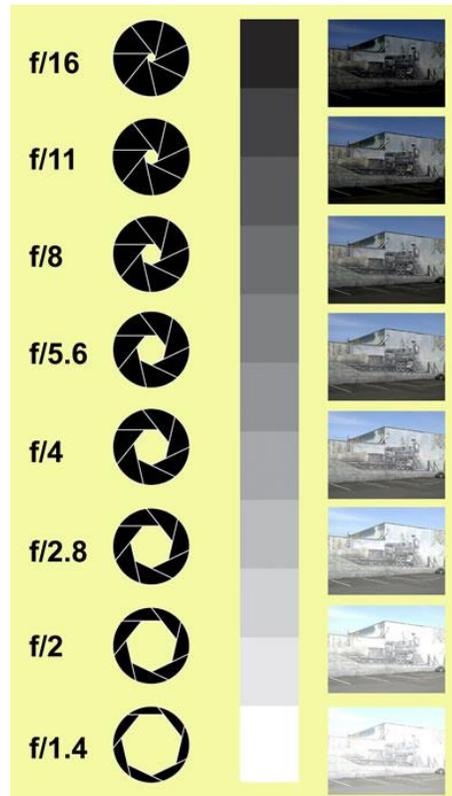
Fuente: *Lente de cámara*. <http://us.cdn2.123rf.com/168nwm/dvarg/dvarg1112/dvarg111200060/11582928-illustrazione-della-lente-della-fotocamera-su-sfondo-bianco-per-la-progettazione.jpg>. Consulta: mayo de 2015.

2.3.2. Relación focal

La relación focal, el número f o *f-stop*, es una proporción entre la distancia focal de un lente dividido por la apertura del iris (diámetro del iris en milímetros). La relación focal determina a lo que comúnmente se le llama “la velocidad del lente”, la cual se calcula en referencia a la máxima apertura posible del iris.

El lente con una relación focal pequeña es un lente rápido ya que entrega una mayor cantidad de luz al sensor, permitiendo una mayor velocidad de obturación. Mientras mayor sea la relación focal, el lente será más lento ya que entrega una menor cantidad de luz y requiere una velocidad de obturación más lenta. De cualquier manera, al tener una mayor relación focal, aumenta la profundidad de campo que la cámara observa.

Figura 7. **Formatos comunes de lente según su relación focal**



Fuente: CURTIN, Dennis. *The aperture controls light and depth of field.*
<http://www.shortcourses.com/use/using1-9.html>. Consulta: junio de 2015.

$$F - stop = \frac{\text{distancia focal (mm)}}{\text{máximo apertura del iris (mm)}}$$

2.3.3. Tiempo de exposición

La exposición, se refiere a la cantidad de luz que recibe el sensor de imagen, necesaria para formar una imagen útil. La exposición se puede expresar como la multiplicación de iluminancia por tiempo de exposición.

El tiempo de exposición queda controlado por la velocidad de obturación, y la calidad de la imagen dependerá del tiempo de exposición, la relación focal y la sensibilidad del sensor. Para una relación focal dada, si el tiempo de exposición es demasiado largo, los movimientos muy rápidos se volverán borrosos, por el contrario si el tiempo de exposición es demasiado corto, la imagen se puede ver más oscura de lo que debería.

Figura 8. **Tiempo de exposición**



Fuente: *Velocidad del disparo*. <https://mrshutchison.files.wordpress.com/2011/10/shutter-speed-action.jpg>. Consulta: junio de 2015.

2.3.4. Campo de visión y profundidad de campo

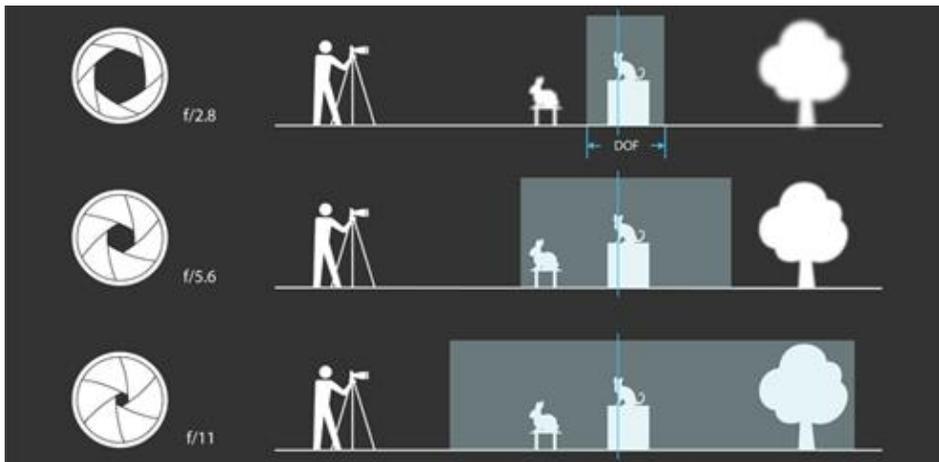
El campo de visión es determinado por el ángulo de visión de la cámara. El ángulo de visión se puede calcular con la distancia focal del lente el formato de la cámara. Una vez determinado el ángulo de visión, solo se necesita la distancia hacia la escena para encontrar el campo de visión.

Por otra parte, la profundidad de campo es la porción de la escena que aparece nítida en la imagen, la profundidad de campo se determina con la

distancia de enfoque al sujeto (es decir la distancia al plano enfocado), la distancia focal del lente y la relación focal.

Para una relación focal dada, si se aumenta la ampliación del sujeto, ya sea moviendo más cerca el sujeto o aumentando la distancia focal, disminuye la profundidad de campo y si se disminuye la ampliación del sujeto la profundidad de campo aumenta. Para una ampliación dada, si se incrementa la relación focal, la profundidad de campo aumenta, si se reduce la relación focal, la profundidad de campo se reduce.

Figura 9. **Profundidad de campo y relación focal**



Fuente: *Factors that will affect your DOF results*. <http://www.bigsunphotography.com/wp-content/uploads/2015/01/dof.png>. Consulta: junio de 2015.

2.4. **Sensor de imagen**

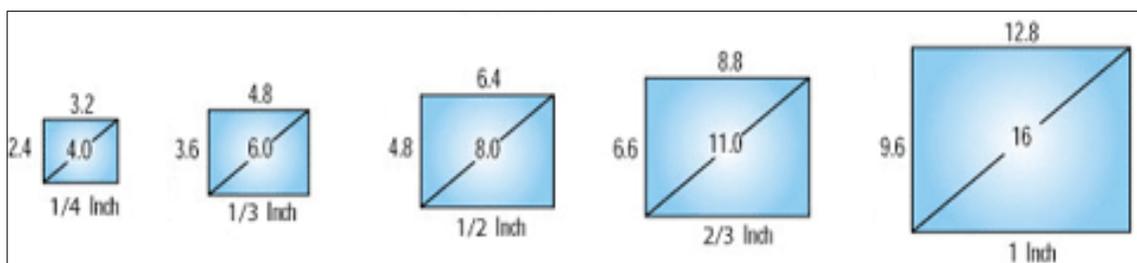
El sensor de imagen es un dispositivo electrónico sensible a la luz, el cual es usado por las cámaras y algunos otros dispositivos para convertir la luz en

una señal eléctrica, la cual puede ser transmitida y reproducida por un monitor. Esta señal puede también, ser digitalizada y convertida en valores de píxeles.

El sensor de imagen puede ser diseñado en diferentes formatos, a este formato se le conoce como “formato de cámara”. El formato de cámara es la longitud que posee el sensor midiéndolo por la diagonal y con este formato se puede determinar el ángulo de visión, también indica la calidad de imagen ya que para un número dado de píxeles en un sensor, cuanto más grande sea el sensor la imagen será de mayor calidad, ya que cada píxel individual tendrá un tamaño mayor.

Aunque cada fabricante diseña su propio formato del sensor, en videovigilancia, existen ciertos formatos comúnmente encontrados en el mercado, entre estos están: 1/4 pulgada, 1/3 pulgada, 1/2 pulgada, 2/3 pulgada y 1 pulgada.

Figura 10. **Formato de cámara**



Fuente: *Format camera*. <http://www.edmundoptics.com/images/articles/ccd.gif>.

Consulta: junio de 2015.

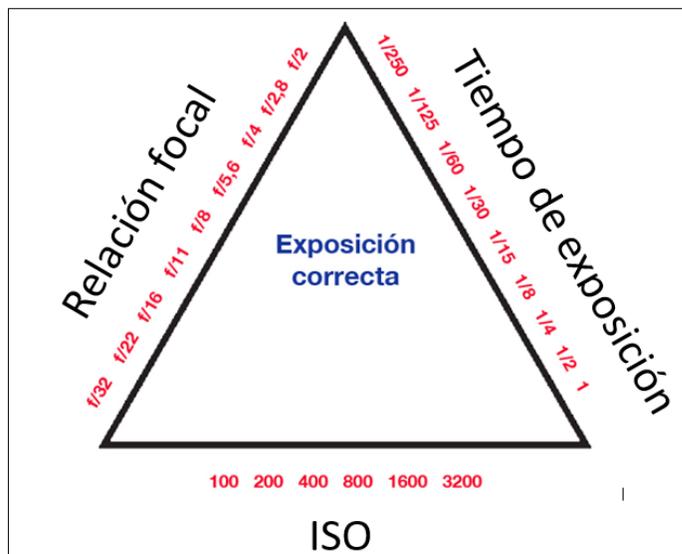
Un sensor puede ser medido mediante una escala de sensibilidad la cual indica que tan sensible es la cámara. La medida más aceptada para indicar la

sensibilidad de un sensor es la sensibilidad ISO. La sensibilidad ISO indica que tan bien un sensor percibe la luz.

Una sensibilidad ISO mayor indica que un sensor es capaz de capturar una imagen con menor cantidad de luz, pero así también es afectado en mayor medida por el ruido, mientras que una sensibilidad ISO menor requiere una mayor cantidad de luz, pero no se ve afectada por ruido.

Para obtener una imagen deseada se debe de tomar en cuenta tres características importantes de la cámara: el tiempo de exposición, la relación focal y la sensibilidad ISO.

Figura 11. **Exposición correcta**



Fuente: elaboración propia.

En videovigilancia se han utilizado diferentes tecnologías en los sensores de imagen; cámara de tubos (descontinuados), sensor CCD y sensor CMOS.

2.4.1. Cámara de tubos

Las primeras pruebas para fabricar una cámara de vídeo las realizó el ingeniero de origen ruso Vladimir Zworykin en 1930. Su primera cámara, enfocaba la imagen en un mosaico de celdas fotoeléctricas. El voltaje inducido en cada celda era una medida de la cantidad de luz y este podía ser transmitido como una señal eléctrica. Este concepto permaneció por muchas décadas con algunas modificaciones.

Estas cámaras tenían como sensor de imagen, un tubo de vidrio y un revestimiento de fósforo sensible a la luz en el interior del vidrio. Estas cámaras se conocen como cámaras de tubos.

Las cámaras de tubos funcionan con el principio de fotosensibilidad, basado en el efecto fotoeléctrico. Esto significa que la luz proyectada en el tubo de revestimiento de fósforo (llamado el *target*) tiene suficiente energía para provocar la expulsión de electrones de la estructura cristalina de fósforo. El número de electrones es proporcional a la luz, formando así una representación eléctrica de la proyección de la luz.

Hubo básicamente dos principales tipos de tubos utilizados en los primeros días de CCTV: Vidicon o Newvicon. Aunque fue una tecnología bastante extendida, con el nacimiento de los sensores basados en CCD, los fabricantes dejaron de invertir en esta.

2.4.2. CCD: Charge Coupled Device

El sensor de tipo CCD (dispositivo de carga acoplada) fue descubierto en 1970, inicialmente con el objetivo de ser utilizado como dispositivos de

memoria. Muy pronto se descubrió que estos son muy sensibles a la luz, por lo cual se iniciaron desarrollos de dispositivos de captura de imágenes.

El principio básico de operación de un CCD es el almacenamiento de información de cargas eléctricas en las celdas primarias, las cuales están hechas de pequeños condensadores, y luego cuando es necesario, desplazar dicha información a la fase de salida donde será digitalizada y tratada por la circuitería de la cámara.

Cuando el dispositivo CCD es usado para capturar imágenes, el concepto sigue siendo el mismo desplazamiento de la información, pero en lugar de inyectar paquetes de carga como información digital, se tiene cargas generadas por el efecto fotoeléctrico, proporcionales a la cantidad de luz correspondiente a la imagen, y luego estas cargas pueden ser desplazadas verticalmente u horizontalmente, de la misma forma en que se desplazan los valores binarios de un registro digital. A este desplazamiento de carga se le llama acoplamiento eléctrico, que se realiza por medio de la manipulación de tensión y temporización de cada celda, llamada también elemento de imagen o píxel.

La construcción de un sensor CCD es en forma de matriz de dos dimensiones, y cada elemento de la matriz representa un píxel discreto. Cada uno de estos píxeles guarda un número de electrones proporcional a la luz en la imagen, por lo cual es una representación analógica del elemento de imagen y no digital.

En comparación con las cámaras de tubo, los sensores CCD, funcionan en ambientes de menor iluminación, no existe distorsión geométrica debido al ajuste preciso de su diseño de matriz, bajo consumo eléctrico, menor tamaño,

menos susceptible al ruido electromagnético y, sobre todo, no tiene un tiempo limitado de vida.

2.4.2.1. Sensibilidad y resolución de un sensor CCD

Una cámara de color basada en CCD tendrá una sensibilidad aproximada de 5 000 ISO, lo cual es bastante alto. Siendo esta una sensibilidad bastante alta, este también recoge un alto nivel de ruido, por lo cual en la práctica, la sensibilidad debe ser reducida con la finalidad de minimizar el ruido. Parte del ruido es causado por la temperatura, y este no puede ser cambiado en un *chip* CCD.

En cuanto a sensibilidad de un *chip* CCD, otro factor a tomar en cuenta es su sensibilidad al espectro electromagnético, a diferencia del ojo humano, un *chip* CCD es muy sensible a longitudes de onda, mayores que las de la luz visible (luz infrarroja). Estas longitudes de onda pueden ser tan fuertes que podrían producir cargas eléctricas en áreas que se suponen tienen poca iluminación, y la imagen puede perder detalle, ya que los píxeles afectados se desbordarán hacia los píxeles más cercanos, a esta distorsión se le llama comúnmente efecto *blooming*.

Una cámara CCD incluye un filtro infrarrojo que reduce muy significativamente el ruido que causa la luz infrarroja. Estos filtros están colocados precisamente a un plano paralelo al del sensor CCD. Estos filtros tienen una frecuencia de corte cerca de los 700 nanómetros, lo que en luz visible se refiere al color rojo.

Figura 12. **Efecto *blooming***



Fuente: *Efectos de cámara*. http://orm-chimera-prod.s3.amazonaws.com/1234000001814/figs/web/i3dp_0813.png. Consulta: junio de 2015.

En cámaras en blanco y negro, se prefiere no colocar filtro infrarrojo. Esto puede ser muy útil para aplicaciones de poca iluminación, donde se puede utilizar la luz infrarroja como parte del sistema de iluminación. Por otro lado, en cámaras a color, el filtro infrarrojo no puede faltar.

En cuanto a la resolución, la tecnología CCD se encuentra en una etapa en la que los megapíxeles ya no son un problema. Es muy común encontrar sensores CCD de 6 megapíxeles, y los fabricantes ahora intentan conseguir mayores resoluciones. En tema de videovigilancia, la tecnología IP permite aprovechar estas altas resoluciones, no así en los sistemas CCTV donde la resolución se ve limitada a la máxima resolución de la tecnología de televisión analógica.

2.4.2.2. DR: Rango dinámico

Con el desarrollo de los chips CCD, se introdujo el término de rango dinámico, lo cual se refiere a la dinámica del chip al tratar objetos brillantes en

una escena. Mejoras en el diseño de la cámara permitirá tener un rango dinámico más amplio que significa un mejor detalle en los objetos brillantes.

Cuando hay niveles de saturación durante la exposición, se produce el efecto *blooming*. Como resultado la resolución de la cámara y el detalle de la imagen se reducen. Para resolver este problema, los chips CCD pueden ser fabricados con un componente *antiblooming*. Otro fabricantes, han introducido un diseño especial en el cual se toman los niveles más bajos de luz, para hacerlos más brillantes.

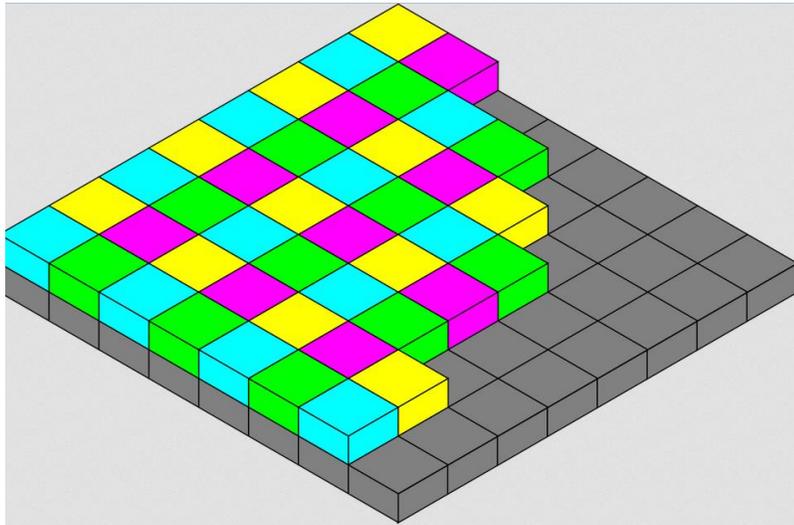
2.4.2.3. CCD de color

El concepto básico para crear color es el de la combinación de tres colores primarios de la luz; rojo, azul y verde (RGB por sus siglas en inglés). La combinación de estos tres colores sucede en el ojo, cuando se observa un monitor a cierta distancia, los píxeles son tan pequeños que como resultado se observa una mezcla de estos. Para lograr esto, se deben separar estos tres colores colocando un filtro sobre el sensor.

Existen dos tipos de filtrado para lograr esto, filtro de banda RGB y el mosaico de filtros de colores complementarios. Al utilizar el filtrado se reduce la resolución, ya que cada píxel de color utiliza más de una celda del sensor. El mosaico de filtros de colores complementarios es muy usado debido a que aprovecha mejor el número de celdas del sensor, aunque hoy en día cada fabricante diseña su propio filtro.

En el mosaico de filtro de colores complementarios, la transformación de color se debe aplicar a cuatro componentes de color; cian, magenta, amarillo y verde. La figura 13 muestra cómo se coloca el filtro en sobre el sensor.

Figura 13. **Filtro de colores complementarios**



Fuente: *Color*. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/36/CYGM_pattern_on_sensor.svg/2000px-CYGM_pattern_on_sensor.svg.png. Consulta: junio de 2015.

2.4.3. **Sensor CMOS**

En los últimos años se han desarrollado sensores llamados Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS). Los sensores CMOS son *chips* fabricados en un proceso llamado Integración a gran escala VLSI (por sus siglas en inglés), lo cual lo hace un sensor mucho más barato que el sensor CCD.

Una gran ventaja de los sensores basadas en CMOS sobre los sensores CCD se encuentra en el alto nivel de integración, que puede ser logrado mediante la implementación de todas las funciones de la cámara en el mismo chip, para esto, la tecnología CMOS es ideal, y debido a su lógica de temporización, el control de exposición y la conversión de corriente alterna a directa pueden ser colocadas en el mismo chip.

Los sensores CMOS perciben la luz de la misma manera que un CCD, pero desde el punto de vista de captura en adelante son diferentes. Los paquetes de carga en lugar de ser desplazados, son detectados tan pronto llegan a cada celda, gracias a los amplificadores de cargas en cada celda de los cuales están hechos los CMOS. Esto hace que los sensores CMOS sean menos susceptibles al ruido, ya que la carga de un píxel no puede ser desbordado hacia otro.

Conceptualmente, el punto débil de los sensores CMOS es el problema de acople de cada amplificador con cada sensor y la necesidad de una mayor área por píxel para la captura de luz, por lo cual son de mayor tamaño que un CCD. Sin embargo, los chips CMOS han mejorado significativamente en los últimos años, y esto ya no es un problema.

Otra gran mejora de los sensores CMOS es la capacidad de digitalizar la información directamente en cada píxel, lo cual permite que muchas imperfecciones en la imagen puedan ser corregidas. También permite el control de exposición de cada píxel, lo que permite un tener un rango dinámico más amplio.

2.5. Tipos de cámaras

Un sistema de videovigilancia bien diseñado requiere elegir la cámara correcta en el lugar indicado. Para cada ubicación se debe elegir la cámara según la iluminación del lugar, las dimensiones de la escena y su distancia hacia la cámara, tipo de montaje, exposición al ambiente y el riesgo de daño físico.

Según la iluminación del lugar se tiene la posibilidad de elegir entre las siguientes cámaras:

- Cámaras a color (cámaras funcionales en ambientes bien iluminados).
- Cámaras blanco y negro (pueden funcionar con menos iluminación y es posible usar luz infrarroja como iluminación).
- Cámaras día y noche: es una combinación de las dos anteriores. Durante el día funciona como una cámara a color, durante la noche se configura como una cámara blanco y negro y utiliza luz infrarroja para mejorar la imagen.
- Cámaras de baja iluminación: cámaras que incluyen un amplificador de luz, y pueden crear imágenes con tan solo 0,00015 luxes.

Para escenas muy lejanas o en aplicaciones donde se requiere mayor detalle se pueden utilizar las siguientes opciones:

- Cámara de alta resolución: permite un mayor detalle de la escena, con lo cual es posible realizar un acercamiento digital.
- Cámara *zoom*: está diseñada con un lente motorizado, el cual permite cambiar la distancia focal para realizar un acercamiento óptico.
- Cámara PTZ (*pan, tilt, zoom*): es una cámara, que además de tener un lente motorizado para el acercamiento óptico, también tiene motores que permiten el movimiento de la cámara para cambiar la escena que se está grabando.

Según el tipo de montaje y exposición al ambiente es posible utilizar las siguientes:

- Cámara Domo: está diseñada para guardar la estética del lugar donde se instale, incluye lente ya acoplado y algunos son día y noche.
- Cámara Bala o *bullet*: está diseñada para instalarse en cualquier tipo de montaje, incluye lente ya acoplado y puede usarse en ambientes externos expuesto a humedad y polvo.
- Cámara *Box*: esta cámara es más sencilla ya que se le puede acoplar el lente que mejor se adapta a las necesidades de seguridad, y se debe utilizar una caja de protección o *housing*, para la instalación.

Algunos fabricantes han desarrollado últimamente una cámara que recibe por nombre; cámara 360° o cámara de “ojo de pescado”. Esta cámara, está diseñada para tener un ángulo de visión mucho mayor a cualquier otra cámara, lo que hace posible, hasta cierto punto, las funcionalidades de una cámara PTZ.

3. VÍDEO IP Y VIDEOANALÍTICAS

En una cámara IP, como ya se mencionó anteriormente, la transmisión de video se realiza a través de las redes de comunicaciones IP. Dentro de la cámara se realiza la captura, digitalización y compresión de vídeo en diferentes formatos y sobre un protocolo IP, en videovigilancia a esto es a lo que se llama “vídeo IP”.

El vídeo IP, a diferencia del vídeo analógico, puede llevar información de audio en el mismo medio y en el mismo formato, y gracias al despliegue mundial y a la colaboración internacional para el desarrollo de esta tecnología, es posible aprovechar muchas ventajas que ofrecen las redes IP.

3.1. Redes IP

El principal objetivo de una red es el de comunicar y compartir recursos, los cuales pueden ser cualquier tipo de información, desde el dato más simple, hasta archivos de multimedia muy extensos. Una red puede estar conformada por una gran variedad de dispositivos, como pueden ser ordenadores, impresoras, *switches* y otros dispositivos con los cuales se puede compartir información.

Para que las redes cumplan su objetivo, se deben seguir ciertas reglas, ya que algunos recursos son de dominio privado y se necesitan de ciertos permisos para tener acceso a estos. En las redes, los recursos están disponibles para diferentes grupos de usuarios. Para diferenciar esto se puede utilizar los siguientes términos: *intranet*, *extranet*.

- *Intranet*: este término define el área de una red a la cual solo los dispositivos de la red interna de una empresa pueden tener acceso.
- *Extranet*: define la porción de la red, que a través de la red de internet, está disponible para usuarios externos. Para tener acceso a la *extranet* puede ser necesario o no la utilización de credenciales.

3.1.1. LAN y WAN

Una red de área local o LAN (por sus siglas en inglés), se define como la red dentro de un sitio delimitado o un edificio. Todos los dispositivos conectados a una LAN pueden compartir los mismos servicios. Para que los usuarios puedan conectarse a redes externas como el internet, se debe utilizar dispositivos diseñados con ese propósito, como puede ser un *router* o un *firewall*.

Una red de área amplia o WAN (por sus siglas en inglés) funciona de la misma manera que una LAN, con la diferencia que esta red se utiliza para interconectar sitios diferentes que pertenecen a la misma red. La WAN más grande y de mayor importancia en las redes es la red llamada internet. Una WAN no tiene limitaciones de distancia y actualmente es muy fácil obtener este servicio a través de un Proveedor de Servicio de Internet (ISP) o una compañía de telefonía.

3.1.2. Estándares

En el mundo de la redes se han establecido estándares para asegurar la interoperabilidad entre los distintos fabricantes. Los estándares para una LAN y conexión física (reglas para la transmisión de bits) han sido creados por la IEEE o Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

Existen dos modelos de referencia para la definición de las arquitecturas de las redes: el modelo OSI, y modelo TCP/IP.

3.1.3. Modelo OSI

El modelo OSI (Open Systems Interconnection) creado por la Organización Internacional de Estandarización (ISO), es un conjunto de protocolos, separado por siete capas, en las cuales se define el funcionamiento de una red, y con el propósito de ser una guía para los fabricantes al diseñar un dispositivo de red. Se entiende el modelo, como las etapas que debe atravesar la información, en las cuales, la información se acondiciona para poder ser compartida.

Una de las ventajas del modelo es que cualquier cambio en una capa, no afecta la siguiente, así como también al tener problemas de conexión, es posible aislar la capa en donde se encuentra. Aunque el modelo OSI explica de una manera muy clara el funcionamiento de la red, actualmente solo se usa como objeto de aprendizaje, ya que los fabricantes usan como guía el modelo TCP/IP, el cual es el estándar para las redes de hoy en día.

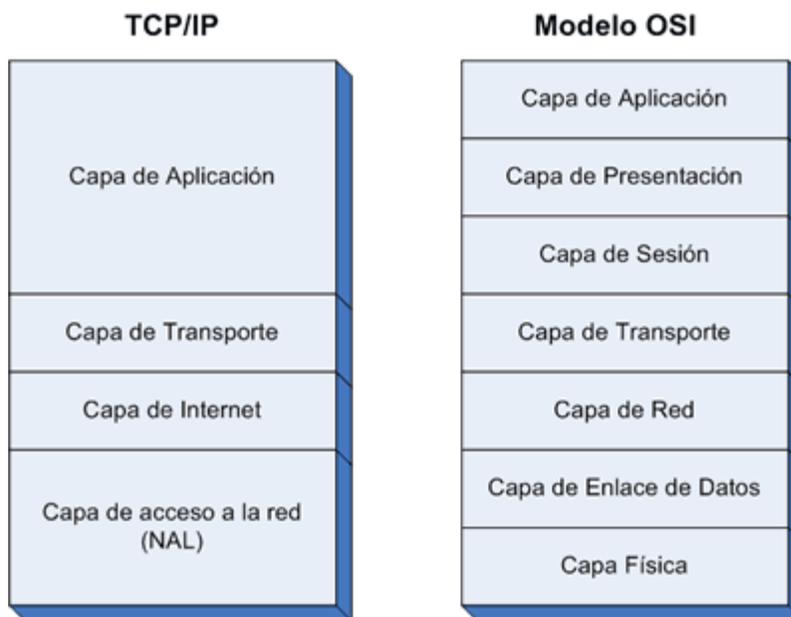
3.1.4. TCP/IP

El nombre TCP/IP está compuesto por dos protocolos que forman parte del modelo. El protocolo TCP (Transmission Control Protocol) y el protocolo IP (Internet Protocol). Este tiene el mismo objetivo que el modelo OSI, con la diferencia que este está conformado solamente por cuatro capas.

La figura 14 muestra la comparación de ambos modelos, donde contando las capas de abajo hacia arriba, la primera capa y la última capa del modelo

TCP/IP agrupa, la primeras dos y las últimas tres del modelo OSI, respectivamente.

Figura 14. **Modelos OSI y TCP/IP**



Fuente: *Redes*. <http://www.textoscientificos.com/imagenes/redes/tcp-ip-osi.gif>. Consulta: junio 2015.

3.1.5. **PDU: unidad de datos de protocolo**

Según se observan en la figura, los modelos de capa separan un conjunto de protocolos en cada capa, en cada una se encapsulan los datos en una unidad de datos de protocolo o PDU (por sus siglas en inglés) y se le adhiere un encabezado para poder pasar a la siguiente capa.

La información encapsulada en PDU recibe un nombre, dependiendo de la capa. Tomando como referencia el modelo OSI, las PDU de la capa de

aplicación, presentación y sesión se le llaman datos, en la capa de transporte, segmentos, en la capa de red, paquetes y en la capa de enlace de datos, tramas. En la capa física, solamente se separan las tramas en bits y se envían como pulsos eléctricos.

3.1.6. Ancho de banda: capa física

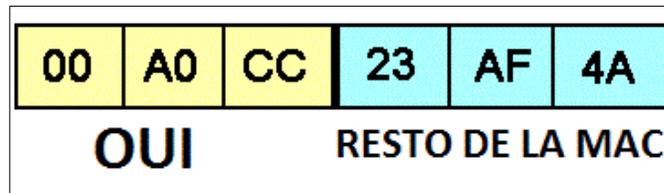
El ancho de banda es la cantidad de datos que puede ser enviado a través de un medio. En la capa física del modelo OSI se realiza la conversión de datos a bits y luego a pulsos eléctricos y en esta se asocia la capacidad de transmisión, para lo cual la IEEE ha creado distintos protocolos con el objetivo de aumentar el ancho de banda:

- 10BaseT: velocidad *Ethernet* (10 Mbit/s) para par trenzado
- 10BaseF: velocidad *Ethernet* (10 Mbit/s) para fibra
- 100BaseTX: velocidad *FastEthernet* (100 Mbit/s) para par trenzado
- 100BaseFX: velocidad *FastEthernet* (100 Mbit/s) para fibra
- 1000BaseT: velocidad *GigabitEthernet* (1 000 Mbit/s) para par trenzado
- 1000BaseTX: velocidad *GigabitEthernet* (1 000 Mbit/s) para fibra

3.1.7. Dirección MAC: capa de enlace

La dirección de Control de Acceso al Medio o MAC (por sus siglas en inglés), es una dirección que se le asigna a cada NIC (tarjeta de interface de red) fabricada, y no puede ser cambiada. Es un número de 48 bits que usualmente se representa por un número hexadecimal de 12 dígitos. Cada fabricante recibe un OUI (Identificador único de organización) el cual será los primeros 6 dígitos hexadecimales de la dirección MAC.

Figura 15. **Formato de dirección MAC**



Fuente: *MAC Address*. <http://blog.tecnozila.com/wp-content/uploads/2015/03/mac-address.gif>.

Consulta: junio de 2015.

En la capa de enlace del modelo OSI, los paquetes de la capa de red, se encapsulan en tramas y se les adhiere la dirección MAC de fuente y destino. Los dispositivos se conectan a un conmutador o *switch* el cual conoce todas direcciones MAC de la red.

3.1.7.1. Switch

El *switch* es un dispositivo inteligente con el objetivo principal de recibir tramas y entregarlas en la interfaz correcta, para esto, el *switch* debe aprender todas las direcciones MAC de los dispositivos conectados.

Cada vez que el *switch* recibe una trama, verifica la dirección de fuente y la asigna a la interfaz que la recibió, en una tabla de direcciones MAC. Si la dirección de destino aún no se encuentra en dicha tabla, el *switch* enviará la trama a todos sus puertos (exceptuando el puerto donde se recibió) y si recibe una respuesta, asignará la dirección MAC al puerto que responda.

Existe tres tipos de transmisión según el destino: Unicast (solo un dispositivo puede recibir una trama), Broadcast (todos los dispositivos conectados deben recibir la trama) y Multicast (mas de un dispositivos deben

recibir la trama). Para la transmisión de Broadcast la trama tiene como dirección MAC destino FF:FF:FF:FF:FF:FF y para Multicast, el *switch* debe utilizar una MAC que identifique a todos los dispositivos enlazados. Para video IP, la transmisión Multicast es útil cuando existe más de un centro de monitoreo.

3.1.8. Enrutamiento IP: capa de red

En la capa de red del modelo OSI está asociado el protocolo de comunicaciones IP. Internet Protocol o IP (por sus siglas en inglés) es un protocolo de direccionamiento que ayuda a los dispositivos a determinar si el destino se encuentra en la red local o no. En esta capa, los segmentos de la capa de transporte se encapsulan en paquetes, con información de la dirección IP de fuente y destino. Si la dirección IP indica que el dispositivo se encuentra en una red remota, será enviado a la “Puerta de enlace” (*router* que tiene la información para llegar a la IP de destino).

3.1.8.1. Router

El enrutamiento es el proceso por el cual se envían paquetes de una red hacia otra utilizando como referencia la dirección IP. El enrutador o *router* es un dispositivo diseñado para realizar dicho proceso. El *router* tiene como primer objetivo, conocer todas las rutas para diferentes redes, y segundo, enviar los paquetes en la ruta correcta según la red de destino.

Existen dos formas diferentes en que un *router* puede conocer una red, de forma estática (rutas configuradas por el administrador de red) y de forma dinámica (rutas comunicadas por otros *routers*). Existen tres protocolos que permitirán comunicar rutas entre *routers*: RIP, OSPF, EIGRP.

3.1.8.2. Formato de direcciones IP

En la actualidad existen dos versiones para el formato IP; versión 4 (IPv4) y versión 6 (IPv6). La versión 6 aún no ha logrado un despliegue amplio, por lo cual solo se enfocará en la versión 4.

El formato IPv4 es una notación decimal de un número binario, formada por una agrupación de cuatro números desde 0 a 255 separados por puntos. Cada dispositivo en la red se configura con tres elementos; dirección IP, máscara de subred, y puerta de enlace. La máscara de subred indica la cantidad de direcciones dentro de la misma red. La dirección IP puede ser configurada manualmente o con la ayuda de un servidor DHCP (Protocolo de configuración dinámica de *host*).

Existen dos tipos de direcciones IP; las direcciones IP privadas las cuales se utilizan solo para redes LAN, no pueden ser accedidas desde internet, por lo cual son gratuitas, y las direcciones IP públicas, las cuales pueden ser publicadas en internet y tienen un costo. La IANA es la institución internacional que administra las direcciones IP públicas. También las direcciones IP se clasifican en cinco clases según la máscara de red que deben utilizar. En la tabla IV se observan las clases de direcciones IP públicas y privadas.

Tabla IV. **Clases de direcciones**

Clase	Rango IP		Rango IP Privadas		Máscara de red
Clase A	0.0.0.0	127.255.255.255	10.0.0.0	10.255.255.255	255.0.0.0
Clase B	128.0.0.0	191.255.255.255	172.16.0.0	172.31.255.255	255.255.0.0
Clase C	192.0.0.0	223.255.255.255	192.168.0.0	192.168.255.255	255.255.255.0
Clase D	224.0.0.0	239.255.255.255			
Clase F	240.0.0.0	255.255.255.255			

Fuente: elaboración propia.

Existen direcciones IP reservada que no pueden ser utilizadas en el diseño de una red, entre estas están las que inician con 127 (direcciones para pruebas de interfaz), las que inician con 224 en adelante (direcciones para otros propósitos), y las que inician con 169,254 (direcciones configurables automáticamente).

3.1.9. TCP y UDP: capa de transporte

TCP y UDP son protocolos asociados a la capa de transporte. TCP es un protocolo orientado a la conexión, en el cual se establece la conexión primero y luego se realiza la transmisión de datos. UDP es un protocolo no orientado a la conexión, y el envío de datos puede iniciar sin una conexión previa.

TCP provee una entrega garantizada de paquetes, en secuencia y libre de errores. Esto se logra inspeccionando todos los segmentos recibidos de una fuente. Los datos son enviados asumiendo que el destino los recibirá, si existen datos perdidos o corrompidos, serán retransmitidos. Para lograr esto, cada segmento posee un número de secuencia, para que el destino pueda ordenarlos. El destino debe responder con el número de secuencia del último segmento que recibió correctamente.

Otra característica de TCP es la capacidad de ajustar la cantidad de segmentos que envía en un mismo instante, a esto se le llama *windowing* o ventaneo. Una ventana es un grupo de segmentos que se envían simultáneamente, en TCP esta ventana se ajusta automáticamente, dependiendo la cantidad de segmentos que el destino puede recibir.

En UDP ningún segmento será retransmitido, ya que no se inspeccionan, ni utiliza números de secuencia. UDP envía los segmentos de forma constante

e ininterrumpida, sin importar la cantidad de segmentos que el destino pueda recibir, por tal razón se utiliza en aplicaciones de envío de multimedia en tiempo real.

En vídeo IP se consideran ambos protocolos, TCP se utiliza para visualización de vídeo grabado, ya que, aunque el funcionamiento de TCP podría crear un tiempo de latencia, es importante que el vídeo no esté corrompido. UDP es usado para visualizar vídeo en tiempo real, donde no debe existir tiempo de latencia.

3.2. Vídeo IP

Un sistema de videovigilancia IP permite supervisar y grabar vídeos desde cualquier lugar de la red, incluyendo redes WAN como la internet. La red también puede utilizarse para suministrar energía a las cámaras IP, aplicando la tecnología de alimentación a través de Ethernet o PoE (por sus siglas en inglés).

Una de las principales ventajas del vídeo IP es la alta resolución que se puede lograr con las cámaras IP, lo cual resulta en la necesidad de mayor almacenamiento y mayor ancho de banda. Los algoritmos de compresión permiten aprovechar mejor los recursos de red con los que se cuentan. El tiempo en que un vídeo es capturado, comprimido, enviado, descomprimido y reproducido se le llama tiempo de latencia.

3.2.1. Fotogramas por segundo y compresión de vídeo

En vídeo IP hay tres factores que se deben considerar al momento de dimensionar la cantidad de recursos de almacenamiento y ancho de banda. La

cantidad de fotogramas por segundo o FPS, el códec de compresión a utilizar y la resolución de la cámara.

Una cámara IP captura el vídeo como una sucesión de imágenes o fotogramas, las cuales al tener un tiempo muy corto entre ellas, se percibe como movimiento. Mientras más FPS, se tenga el movimiento parecerá más fluido.

En vídeo IP, la cantidad de FPS puede ser configurada dependiendo la aplicación. El ojo humano ya no puede percibir la transición de imágenes en vídeos de 12 a 15 FPS, pero para aplicaciones donde se desea ralentizar el vídeo, como puede ser el conteo de dinero, se considera usar vídeo con más de 30 FPS. Es importante elegir la cantidad de FPS óptima, ya que para un vídeo con mayor número de FPS tendrá mayores necesidades de almacenamiento y ancho de banda.

Se consideran también las tecnologías de compresión de vídeo, las cuales reducen y eliminan datos de vídeo redundantes, de forma que un vídeo puede enviarse de forma eficaz a través de la red. Sin embargo, la calidad, puede verse afectada para tasas muy altas de compresión.

El proceso de compresión implica la aplicación de un algoritmo al vídeo de origen para generar un archivo comprimido listo para su transmisión. Para reproducir el vídeo comprimido se debe utilizar un algoritmo inverso en un proceso llamado descompresión. El tiempo de latencia aumenta en medida en que un algoritmo de compresión sea más complejo. A cada par de algoritmos se les denomina códec (codificador/decodificador). Los códecs de distintos estándares no son compatibles entre ellos.

Los estándares de compresión emplean distintos métodos de reducción de datos y, por lo tanto, los resultados difieren en cuanto a frecuencia de bits, calidad y latencia. Existen dos tipos de compresión:

- Compresión de imagen: estándares como Motion JPEG emplean codificación intrafotograma. Los datos se reducen a un fotograma de imagen, eliminando los datos imperceptibles de cada fotograma.
- Compresión de vídeo: estándares como H.264 y MPEG-4, emplean la predicción intrafotograma para reducir los datos de vídeo entre una serie de fotogramas. Esto implica técnicas como la codificación diferencial, en la que un fotograma se compara con un fotograma de diferencia y solo se codifican los píxeles que han cambiado.

Mediante los estándares MPEG-4 y H.264, el usuario puede determinar que una transmisión de vídeo codificado tenga una frecuencia de bits variable o constante. En caso de una frecuencia de bits variable, la transmisión de bits aumentará o disminuirá en función de la cantidad de actividad en el vídeo.

La elección óptima dependerá de la aplicación y de la infraestructura de red, ya que si se utiliza una frecuencia de bits variable, la red puede verse limitada en ancho de banda, mientras que si se elige una frecuencia de bits constantes para un ancho de banda limitado, la calidad de vídeo durante mucha actividad será inferior.

3.2.2. Audio en vídeo IP

La mayoría de cámaras IP disponen de un micrófono integrado, lo cual permite adherir audio al vídeo IP y mejorar la capacidad de un sistema de

videovigilancia para interpretar eventos. El audio también puede usarse para escuchar lo que ocurre en un área determinada y generar alarmas cuando este no debería de existir.

Según la aplicación es posible que sea necesario enviar audio solo en un sentido o en ambos sentidos. Para aplicaciones donde se desea la transmisión de audio desde el centro de monitoreo, hasta la ubicación de la cámara, existen cámaras que además del micrófono, también están integradas con un altavoz.

Al igual que el vídeo, el audio también utiliza un códec de transmisión, y aunque el archivo es el mismo, el audio se almacena como un dato independiente al vídeo. La sincronización de audio y vídeo se gestiona en el reproductor multimedia.

3.2.3. Gestión y almacenamiento

Un sistema de gestión de vídeo IP, gracias a que se utilizan las redes IP, tiene la capacidad no solo de gestionar la visualización y grabación de vídeo como en los sistemas CCTV, sino también de gestionar las configuraciones y algunas facilidades de las cámaras. A continuación se indican las características más comunes de un sistema de gestión:

- Visualización simultanea de vídeo de varias cámaras
- Grabación de vídeo y audio
- Funciones de gestión de eventos e inclusión de alarmas
- Administración y gestión de cámaras
- Opciones de búsqueda y reproducción
- Control de acceso de usuarios y registro de actividades
- Funciones de análisis de vídeo

Las soluciones de gestión y almacenamiento de vídeo pueden ser configuradas de dos formas: distribuida y centralizada.

Una solución de gestión de vídeo distribuido permite almacenar grabaciones en una tarjeta de memoria SD instalada en la cámara y no necesita de otro equipo para funcionar. La visualización en directo, la reproducción de grabaciones, la exportación de vídeo y los ajustes de grabación se pueden realizar de forma remota a través de un software cliente o del cliente *web* de la cámara si esta lo permite.

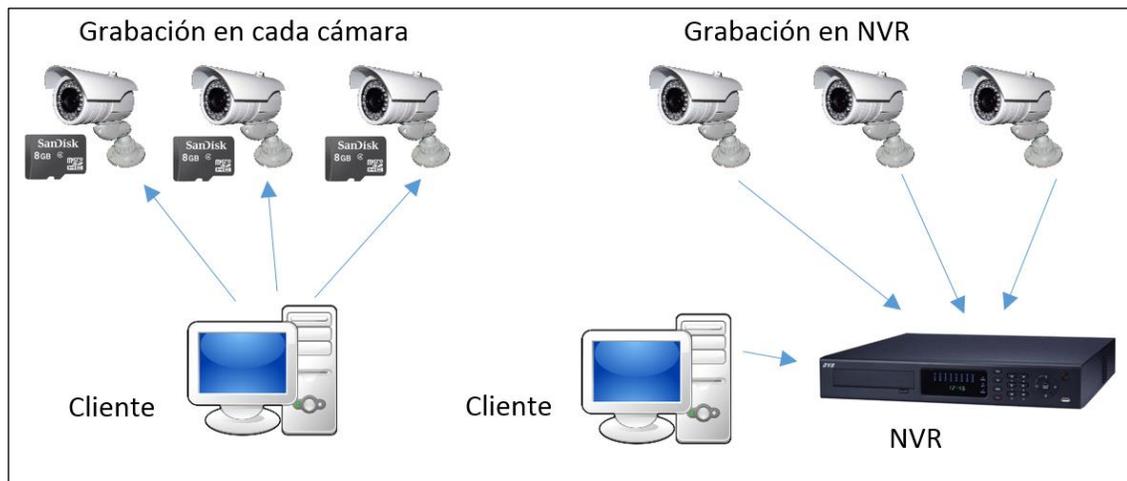
Una solución de gestión de vídeo centralizada ofrece funcionalidades de gestión más avanzadas, y con la capacidad de soportar muchas más cámaras que un sistema CCTV (en algunos casos hasta más de cien cámaras). En una solución centralizada, todas las cámaras envían la información de vídeo de gestión hacia un equipo llamado NVR, en el cual también se realiza toda la administración de las cámaras y almacenamiento de vídeo.

El NVR es un software servidor-cliente, el cual debe instalarse en un sistema operativo y un hardware que cumpla con las especificaciones del software. La gestión se puede realizar directamente desde el NVR, a través del software cliente o a través del cliente *web*. Algunos fabricantes han desarrollado soluciones que permiten que el software se integre con controles de acceso y alarmas.

En el NVR también se gestiona la grabación de vídeo, la cual puede realizarse de forma manual o de forma automática. La grabación automática inicia cuando algún evento la active, los eventos pueden ser por movimiento, por algún sonido o por activación de un acceso o alarma.

Una de las desventajas de un sistema descentralizado en contra a un sistema centralizado, es que las tarjetas de memoria SD no tienen la capacidad para grabar mucho vídeo. Mientras que la desventaja de un sistema centralizado es que solo tiene un punto de fallo. En la figura 16 se muestra el diseño de ambas configuraciones para la gestión y almacenamiento de vídeo IP.

Figura 16. **Sistema descentralizado y centralizado**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

3.2.3.1. Almacenamiento en red

El almacenamiento en red NAS y SAN es una capacidad en vídeo IP, de extender el almacenamiento de vídeo en gran medida, también aumenta la flexibilidad y la recuperación de vídeo. La tecnología NAS proporciona un solo dispositivo y almacenamiento compartido para varios clientes en red. Mientras que la solución SAN, los usuarios pueden acceder a diferentes unidades de almacenamiento.

Se puede utilizar el almacenamiento en red como apoyo al almacenamiento del NVR, en empresas muy grandes las cuales ya cuentan con esta. Las soluciones NAS y SAN son muy confiables como soluciones de almacenamiento, no solo por las velocidades de transferencia que poseen, sino también por el almacenamiento redundante, una de las principales características en estas soluciones.

3.2.4. Consideraciones sobre ancho de banda y almacenamiento

Los requisitos de ancho de banda y almacenamiento representan consideraciones importantes en el diseño del sistema de videovigilancia. Los productos de vídeo IP, utilizan el ancho de banda y el almacenamiento con base en su configuración. Se debe tomar en consideración lo siguiente:

- Número de cámaras
- Grabación continua o activada por evento
- Fotogramas por segundo
- Resolución de las cámaras
- Tipo de compresión
- Complejidad de la escena
- Tiempo de vídeo almacenado

Se debe tomar en consideración que, para un sistema centralizado, la información de todas las cámaras deberá llegar a las interfaces disponibles del NVR, por lo cual el cálculo del ancho de banda en el NVR debe ser la suma del vídeo de todas las cámaras.

Las figuras V y VI muestran una aproximación para el cálculo de ancho de banda y almacenamiento, la tabla V utilizando el estándar de compresión H.264 y la tabla VI para el estándar de compresión Motion JPEG.

Tabla V. **Cálculo H.264**

Resolución	FPS	Frecuencia de bits (Mbits/s)	GB/Hora
1 MP	5	1,70	0,76
	12	3,23	1,46
	24	4,93	2,22
	30	5,61	2,52
2 MP	5	3,82	1,72
	12	7,28	3,28
	24	11,1	5,00
	30	12,6	5,68

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Cálculo Motion JPEG**

Resolución	FPS	Frecuencia de bits (Mbits/s)	GB/Hora
1 MP	5	5,30	2,38
	12	12,6	5,67
	24	25,2	11,3
	30	31,5	14,2
2 MP	5	11,9	5,36
	12	28,5	12,8
	24	56,7	25,5
	30	70,8	31,9

Fuente: elaboración propia.

3.3. Análisis de vídeo

Un sistema de videovigilancia no es capaz de funcionar por sí solo, necesita de operadores y agentes de seguridad que se encarguen de actuar ante los posibles eventos por los cuales se adquiere el sistema en primer lugar. El sistema de videovigilancia IP es capaz de grabar grandes cantidades de

vídeo y en sistemas muy grandes o donde existe mucha actividad, se vuelve difícil para los agentes monitorear toda la actividad de las diferentes cámaras.

En los últimos años se han desarrollado diferentes herramientas que analizan toda la información contenida en el vídeo, utilizando alarmas para alertar acerca de los eventos de mayor importancia, concentrando la atención y el tiempo de los agentes en las porciones de vídeo de mayor interés. A este proceso se le conoce como análisis de vídeo y a las aplicaciones que efectúan estos análisis se le conocen como vídeo analíticas.

El análisis de vídeo al igual que la gestión de vídeo, se puede realizar de manera centralizada o distribuida.

En el análisis de vídeo centralizado toda la información de vídeo se debe enviar a un dispositivo central, el cual tiene la tarea de realizar el análisis de vídeo de todas las cámaras que se conecten a este. Este diseño es utilizado mayormente por los sistemas convencionales de CCTV, ya que la cámara por sí sola no posee el hardware necesario para realizar el análisis y se debe utilizar un DVR inteligente para realizar dicha tarea.

El análisis de vídeo centralizado en comparación al análisis distribuido, tiene un tiempo de respuesta muy lento, además de la incapacidad de las cámaras de interactuar con alarmas y otras cámaras y un número limitado de cámaras.

En el análisis de vídeo distribuido, el análisis se realiza directamente en la cámara y dicha información se transmite al mismo tiempo que el vídeo. Este diseño es posible con cámaras IP, las cuales tienen el hardware necesario para

realizar el análisis. Debido a que el análisis se realiza directamente en la cámara, el análisis no estará limitado a un número de cámaras.

Aunque en el sistema de gestión esté configurado de forma centralizada, el análisis de vídeo puede ser centralizado, distribuido o una combinación de ambos, en el cual se aplican algunas analíticas en la cámara y otras en el NVR. A continuación se explican las aplicaciones y analíticas más comunes desarrolladas para los sistemas de videovigilancia.

3.3.1. Detección de movimiento y audio

La detección de movimiento por vídeo es la aplicación de análisis de vídeo más básica y extendida de los sistemas de videovigilancia, en la actualizada hasta el sistema más sencillo incluye esta facilidad. El objetivo de esta aplicación es la reducción de vídeo y la generación de alarmas al existir en este movimiento alguno.

La detección de movimiento se configura desde la consola de gestión, y puede configurarse para la detección de un área específica y variar el nivel de movimiento que generará la alarma.

La detección de audio funciona al igual que la detección de movimiento, para generar alarmas y para activar la grabación de forma automática, aunque esta no está tan difundido en los sistemas de videovigilancia. Algunos fabricantes han desarrollado la posibilidad de utilizar el micrófono integrado como apoyo al seguimiento en cámaras PTZ.

3.3.2. Seguimiento

En muchos casos, en el sistema de videovigilancia se toman en cuenta lugares en los cuales debería existir muy poca actividad. En estas situaciones, se puede contar con un sistema de grabación automatizado, utilizando una cámara capaz de seguir cualquier objeto que se mueve frente a la cámara utilizando una cámara PTZ (cámara motorizada capaz de moverse y cambiar su campo de visión). Como se mencionó anteriormente, esta aplicación puede ser apoyada por la detección de audio para mejorar el desempeño de la cámara.

3.3.3. Analíticas de vídeo

Las analíticas funcionan conjuntamente con el sistema de gestión generando alarmas según las configuraciones del sistema. Entre las analíticas de vídeo más comunes se encuentran las siguientes:

- **Cruce de línea:** se configura una línea virtual la cual no debe ser traspasada por ningún objeto en un horario determinado, estas líneas suelen utilizarse puntos de entrada y salida, y encenderán una alarma cada vez que esta se traspase.
- **Merodeo:** esta analítica genera una alarma cuando una en una zona determinada, una persona ha permanecido por mucho tiempo y con un patrón de movimiento.
- **Objeto abandonado o sustraído:** esta analítica le da la capacidad al sistema de generar una alarma si un objeto que estaba moviéndose deja de moverse, o si un objeto que debería permanecer estático se mueve o desaparece de la escena.

- Cambio de condición: esta analítica genera una alarma si se detecta que una persona que se encuentra de pie, se agacha repentinamente.
- Conteo de personas y autos: esta analítica se utiliza en accesos para generar estadísticas del flujo de personas. La configuración de alarma es opcional ya que puede utilizarse solamente para el conteo.
- Reconocimiento de placas: esta analítica es capaz de reconocer la información de la placa del automóvil. Se utiliza para tener un registro de todos los automóviles que pasan por el campo de visión de una cámara, y también puede usarse para generar una alarma si se configura para detectar un número de placa determinado.
- Reconocimiento facial: al igual que el reconocimiento de placa, esta puede usarse para guardar los rostros de las personas que en el campo de visión de una cámara o para generar una alarma cuando se reconozca una persona determinada.

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA

Los temas previamente expuestos serán la base para diseñar una propuesta para la migración de un sistema de videovigilancia analógico a IP, y que aproveche la gran cantidad de ventajas que se ofrecen con este. Pero antes de describir el sistema, se realizará un análisis de las razones por la cual un sistema de videovigilancia IP podría mejorar en gran manera la seguridad de los estudiantes, del personal y de los bienes de la Facultad de Ingeniería.

4.1. Antecedentes

La Facultad de Ingeniería es una de las diez facultades que conforman la Universidad de San Carlos de Guatemala. Atendiendo a más de doce mil estudiantes de pregrado, la Facultad es una de las unidades académicas más pobladas de la Universidad.

La Facultad cuenta con doce programas de pregrado, ocho programas de posgrado y catorce programas de maestría. La Facultad de Ingeniería consiste en siete edificios en los cuales se reparten las diferentes escuelas, oficinas administrativas y salones para diferentes usos.

La Facultad de Ingeniería cuenta con una gran cantidad de bienes de mucho valor, lo que hace de vital importancia que los agentes de seguridad y el sistema de videovigilancia, tengan un desempeño óptimo, por lo cual se analizarán distintos factores que ponen en riesgo la seguridad de dichos bienes. También se analizará el sistema de videovigilancia que se encuentra actualmente funcionando en las instalaciones de la Facultad.

4.1.1. Inseguridad

Según las estadísticas, la ciudad de Guatemala se encuentra entre las primeras diez ciudades más inseguras en el continente en cuanto a la cantidad de homicidios. También se tienen reportes por el Ministerio Público y la Policía Nacional Civil, que durante el 2014 en la ciudad de Guatemala se denunciaron un promedio de 480 vehículos y 2 000 dispositivos móviles robados cada mes.

La Universidad de San Carlos, siendo una universidad pública, permite el acceso al público sin restricción alguna, por lo cual las estadísticas anteriormente mencionadas, se deben tomar en cuenta como una amenaza a los bienes, a la población estudiantil y al personal de la Facultad de Ingeniería.

Estas estadísticas se ven reflejadas dentro de la Facultad, donde según las autoridades se han reportados hechos delictivos.

Los estudiantes de la Facultad de Ingeniería también forman parte de las actividades tradicionales de la universidad, como el bautizo de nuevos estudiantes y “la huelga de todos los dolores del pueblo de Guatemala”, las cuales representan un riesgo a los bienes de la Facultad y que en años anteriores ha habido víctimas de hechos delictivos.

4.1.2. Videovigilancia en la Facultad de Ingeniería

Actualmente la Facultad de Ingeniería cuenta con un sistema de videovigilancia CCTV ya instalado, el cual se conforma de la siguiente manera:

- Cámaras analógicas, con una resolución máxima de 720x480
- DVR de 16 canales cada uno

- Monitores, cada uno conectado a un DVR

El sistema de videovigilancia actualmente instalado cumple en cierta medida con su objetivo, pero es un sistema anticuado, y actualmente existen nuevas tecnologías que, como se mencionó en capítulos anteriores, poseen muchas herramientas que apoyarían en gran medida a reducir la tasa de delincuencia en la Facultad.

4.1.3. Comparativa entre videovigilancia IP y CCTV

El sistema de videovigilancia IP presenta muchas ventajas sobre un sistema de CCTV, las cuales justifican una propuesta para la migración del sistema analógico CCTV al sistema IP. La tabla VII muestra las diferencias más significativas entre ambos sistemas, y que se han presentado con más detalle en los capítulos anteriores.

Tabla VII. **CCTV vs videovigilancia IP**

	CCTV	Videovigilancia IP
Captura de Imagen	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara analógica • Resolución máxima de 345,600 píxeles 	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara IP • Resoluciones de 1, 2, 3 y 5 Megapíxeles
Transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Cable coaxial 	<ul style="list-style-type: none"> • LAN • WAN • Internet
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • DVR 	<ul style="list-style-type: none"> • NVR • Micro SD instalada en cámara • Almacenamiento en red con redundancia
Gestión y control	<ul style="list-style-type: none"> • DVR con detección de movimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • NVR • Software cliente desde sitios remotos • Incluye aplicaciones y análisis de vídeo • Integración de alarmas y sensores

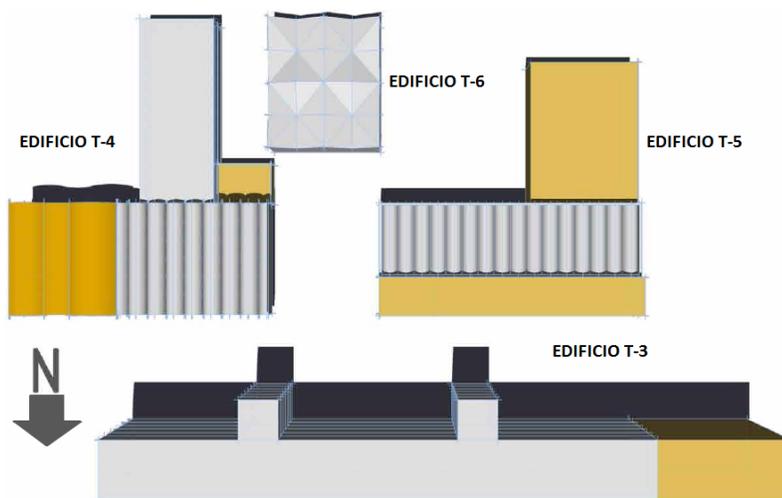
Fuente: elaboración propia.

Los fabricantes actualmente apuntan al desarrollo del video IP, mientras que se deja a un lado los sistemas analógicos CCTV. Esto permite que futuras ampliaciones o modificaciones en un sistema IP, se realicen con mayor facilidad y gracias a la estandarización de los sistemas IP, este no se encuentra atado a ningún fabricante en específico.

4.2. Descripción de los espacios

La Facultad contaba inicialmente únicamente con los edificios T-3, T-4, T-5 y T-6, actualmente se utilizan las instalaciones del edificio T-1 el cual se comparte con otras unidades académicas, y el edificio T-7.

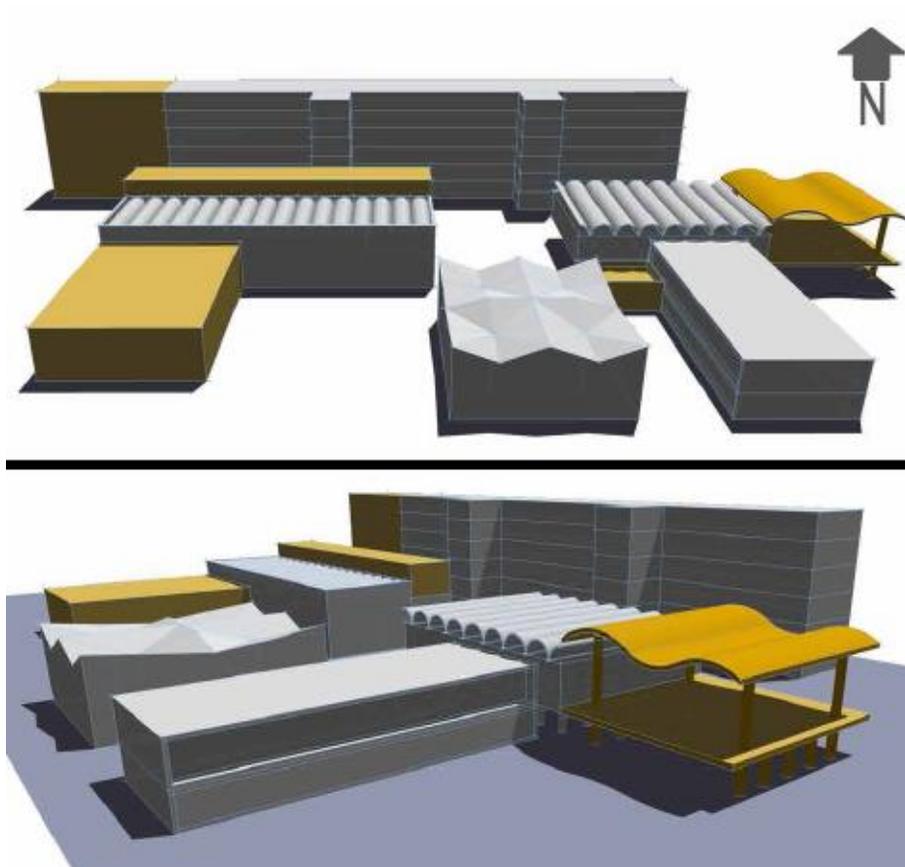
Figura 17. Principales edificios de la Facultad de Ingeniería



Fuente: MACARIO FLORES, Gustavo Vinicio. *Registro y catalogación de los edificios de la Facultad de Ingeniería*. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3942.pdf.

Consulta: julio de 2015.

Figura 18. Edificios T-3, T-4, T-5 y T-6



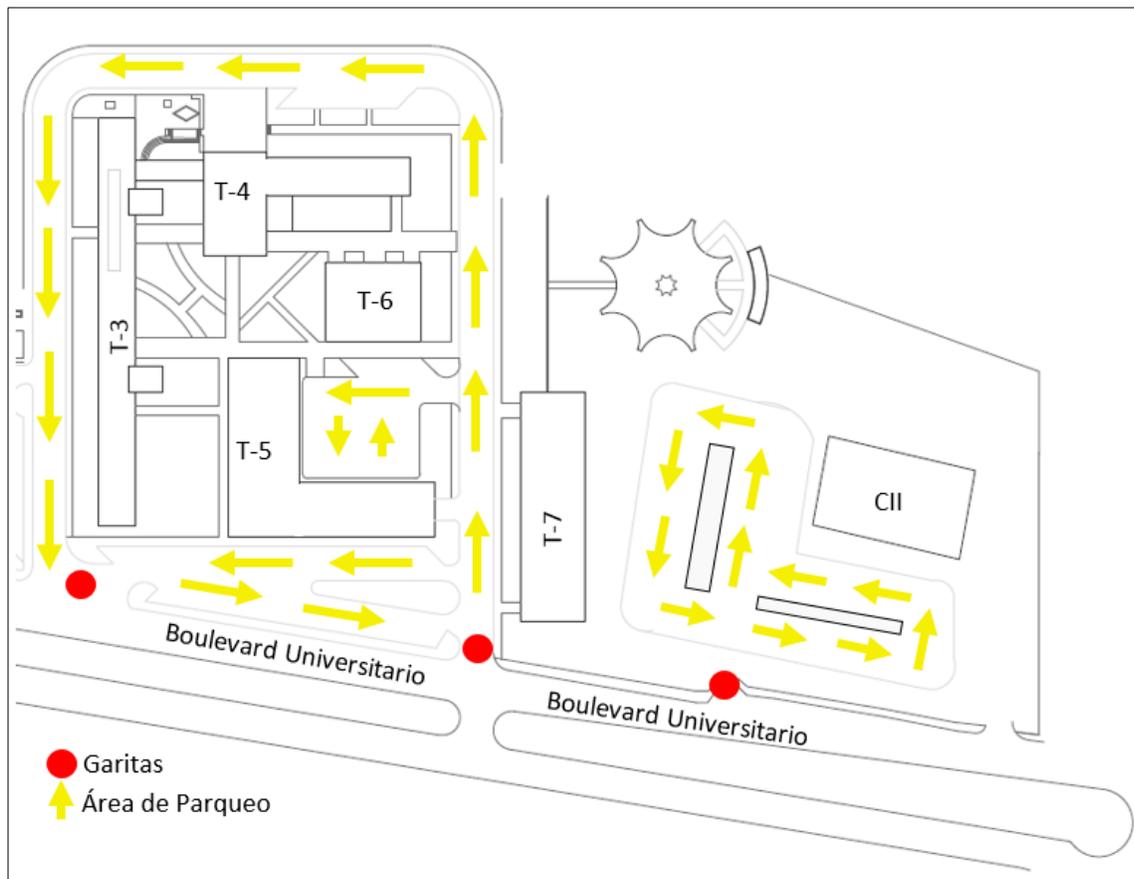
Fuente: MACARIO FLORES, Gustavo Vinicio. *Registro y catalogación de los edificios de la Facultad de Ingeniería*. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3942.pdf.

Consulta: julio de 2015.

La Facultad de Ingeniería cuenta con dos áreas de parqueo. El parqueo principal el cual rodea los edificios T-3, T-4, T-5 y T-6 y con una garita para entrada y otra para salida. El parqueo anexo, se encuentra entre el edificio T-7 y el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) y cuenta con una sola garita como entrada y salida.

La figura 19 muestra las dos áreas de parqueo de la Facultad de Ingeniería.

Figura 19. Parquesos de la Facultad de Ingeniería



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

En los edificios anteriormente mencionados, se encuentran distribuidos los salones, las oficinas y los bienes de la Facultad. La siguiente tabla muestra la disposición de los mismos.

Tabla VIII. **Edificios de la Facultad de Ingeniería**

Edificio	Usos del edificio
Edificio T-1	<ul style="list-style-type: none"> • Departamentos: Física y Estadística. • Escuelas: Mecánica Eléctrica y Mecánica Industrial. • Laboratorios; Máquinas Eléctricas, Microcontroladores, Neumática, Electrónica. • Oficina de congresos estudiantiles. • Sección de metrología industrial. • Centro de estudios superiores en energía y minas. • Aulas.
Edificio T-3	<ul style="list-style-type: none"> • Escuelas: Civil, de Ciencias y Sistemas. • Laboratorios: cómputo, Internet y Tecnología Korea, Geomática, SAE SAP, ITCoE. • Oficina de deporte y cultura. • Aula virtual. • Asociación de Estudiantes de Ingeniería. • Aula de audiovisuales. • Oficina de Lingüística. • Aulas.
Edificio T-4	<ul style="list-style-type: none"> • Decanato • Biblioteca de Ingeniería. • Centro de Cálculo. • Control Académico. • Departamentos: Matemática y Química. • Oficina de Idioma Técnico.
Edificio T-5	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorios: Química, Físico-química, Operaciones Unitarias, Microbiología, Mecánica de Suelos, Materiales de Construcción, Concreto, Investigación y Extracción de vegetales. • Aulas.
Edificio T-6	<ul style="list-style-type: none"> • Auditorium Francisco Vela.
Edificio T-7	<ul style="list-style-type: none"> • Escuela de Mecánica. • Laboratorio de Máquinas Industriales. • Aulas.

Fuente: elaboración propia.

4.3. Consideraciones previas al diseño

El sistema de videovigilancia representa una gran inversión para la Facultad, por lo cual se tratará de reutilizar la mayor cantidad de cámaras que posee el sistema actual en las áreas que no representan un gran riesgo, pero que de igual manera necesitan ser monitoreadas. Para utilizar las cámaras analógicas con un sistema IP se necesitará un equipo especial que realice la digitalización de vídeo y encapsulación de paquetes IP.

4.3.1. Codificador de vídeo

El codificador de vídeo es un dispositivo fabricado especialmente por unos pocos fabricantes, que permite utilizar una cámara analógica con los beneficios de una cámara IP, exceptuando la resolución. El codificador de vídeo posee entradas VNC, en las cuales pueden conectarse directamente las cámaras analógicas, y una salida *ethernet* para conectar a la red.

Figura 20. Codificador de vídeo



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

4.4. Descripción del diseño

A continuación se describen la cantidad de cámaras, que tipo de cámaras se utilizarán para cada espacio y las ubicaciones de las mismas. Para el cableado de cada una, se utilizará la tubería que ya está disponible en las instalaciones de la Facultad, y se mostrará el cálculo del mismo.

4.4.1. Características de las cámaras

Las cámaras que se utilizarán en el sistema tendrán diferentes características, las cuales dependerán de la ubicación en donde se encuentren

y los requerimientos de vigilancia. A cada tipo de cámara se le designará con una letra para diferenciarlas.

4.4.1.1. Cámara A

En las entradas y salidas principales de los edificios, las oficinas y los laboratorios de cómputo y bodegas, se requiere la posibilidad de identificar personas, por lo cual la cámara A deben tener las siguientes características:

- Resolución de 2 MP
- Distancia focal variable automatizada
- Aplicaciones y analíticas de vídeo
- Buen funcionamiento con poca iluminación
- Soporte de PoE

4.4.1.2. Cámara B

Para los pasillos y escaleras se requiere monitoreo continuo de las personas, por lo cual la cámara B debe tener las siguientes características:

- Resolución de 1 MP o menor (cámaras analógicas con codificador de video)
- Distancia focal variable
- Aplicaciones y analíticas de vídeo
- Luz infrarroja para grabación en baja iluminación

Para este tipo de cámara se propone utilizar las cámaras del sistema actual utilizando un codificador de vídeo, ya que cumplen con las características.

4.4.1.3. Cámara C

En las áreas de parqueo se requiere vídeo monitoreo de espacio dinámico, con posibilidad de realizar *zoom*, por lo cual la cámara C debe tener las siguientes características:

- Cámara PTZ
- Resolución 2 MP
- Aplicaciones y analíticas de vídeo
- Buen funcionamiento con poca iluminación
- PoE

4.4.1.4. Cámara D

En las garitas se necesita tener reconocimiento de placas, y conteo de vehículos, por lo cual la cámara D debe tener las siguientes características:

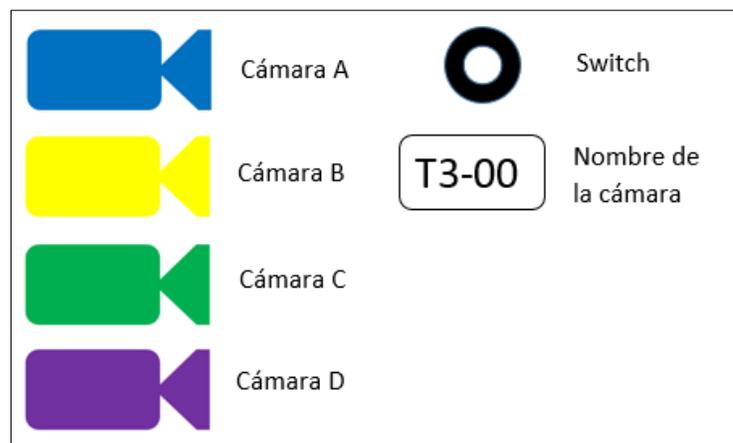
- Resolución 2 MP
- Distancia focal variable
- Aplicaciones y analíticas de vídeo
- Buen funcionamiento con poca iluminación
- Identificador de placa integrado
- PoE

4.4.2. Simbología del diseño

En la figura 21 se muestra la simbología que se utilizará para identificar los elementos del sistema, los cuales deben cumplir con las descripciones previas. Además, se incluyen los *switches* que harán falta para que el sistema funcione.

El nombre de cada cámara está formado por cinco dígitos, en el cual los primeros dos hacen referencia al edificio en el que se encuentran. Los dígitos tres y cuatro se refieren número de cámara en el edificio. El quinto dígito es el tipo de cámara que se instalará.

Figura 21. **Simbología del diseño**

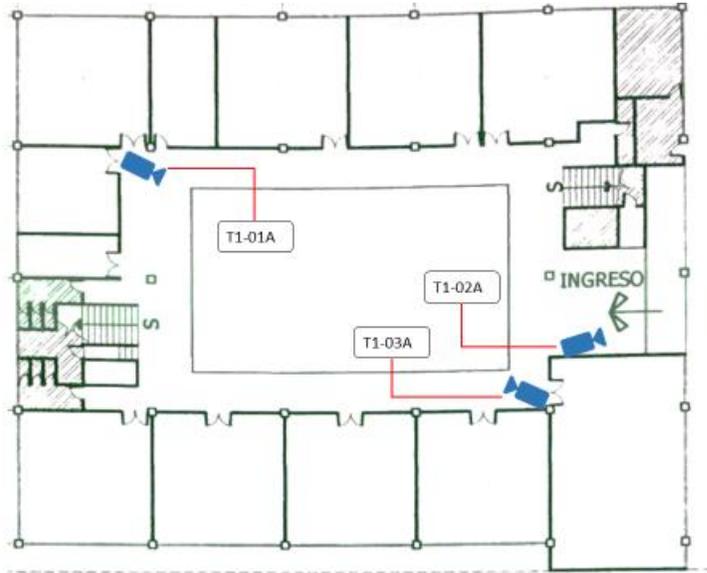


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

4.4.3. Edificio T-1

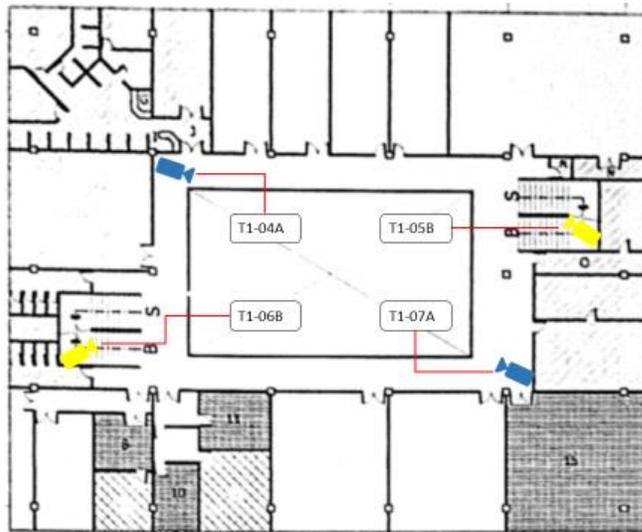
Las áreas de mayor riesgo son la entrada y las oficinas en el segundo y tercer nivel, y también se requiere una mayor resolución para las cámaras en los pasillos debido al tamaño de las mismas.

Figura 22. Edificio T-1, nivel 1



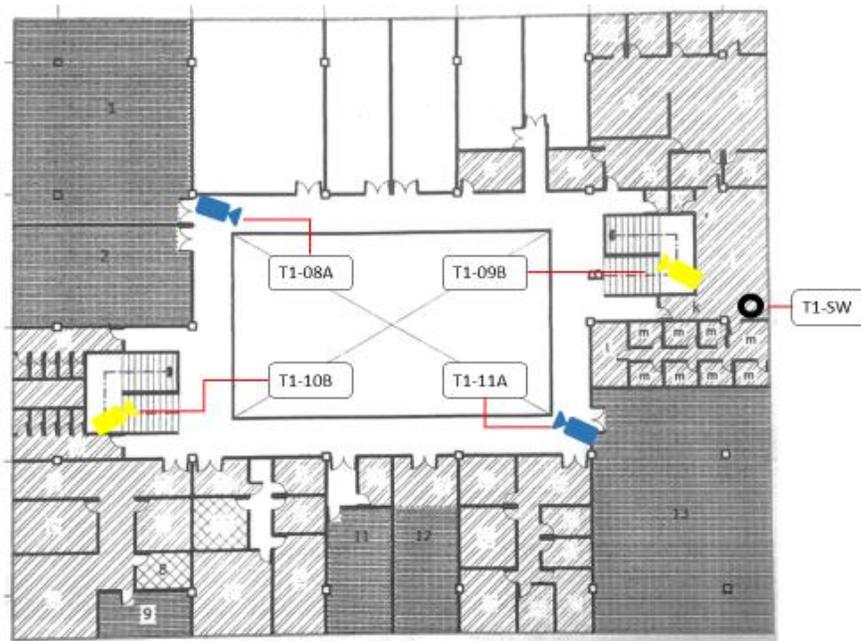
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 23. Edificio T-1, nivel 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 24. Edificio T-1, nivel 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tabla IX. Cámaras en edificio, T-1

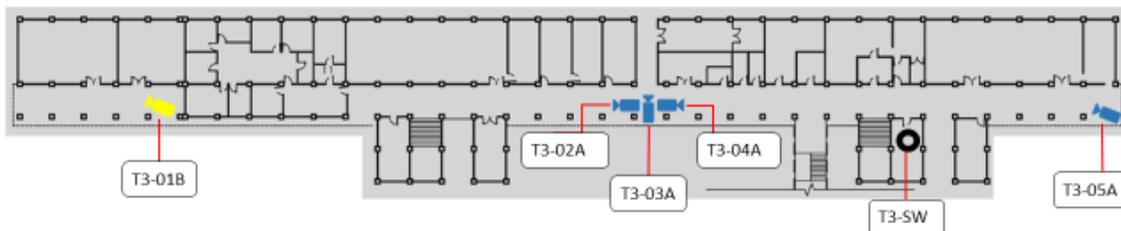
Nombre de cámara	Tipo de cámara	Distancia aproximada (metros)	Destino
T1-01A	A	65	T1-SW
T1-02A	A	35	T1-SW
T1-03A	A	40	T1-SW
T1-04A	A	60	T1-SW
T1-05B	B	20	T1-SW
T1-06B	B	70	T1-SW
T1-07A	A	35	T1-SW
T1-08A	A	50	T1-SW
T1-09B	B	15	T1-SW
T1-10B	B	60	T1-SW
T1-11A	A	15	T1-SW
T1-SW	Switch de conexión		

Fuente: elaboración propia.

4.4.4. Edificio T-3

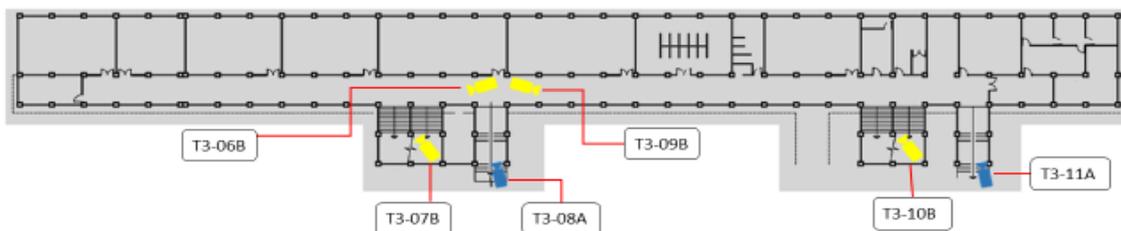
Para las cámaras en el edificio T-3 se consideran las zonas de mayor riesgo como los laboratorios de cómputo del nivel 2, los accesos al edificio en el nivel 0 y el nivel 1, donde se colocarán cámaras de mayor resolución para la identificación de rostros. Para el resto se reutilizarán el resto de cámaras del sistema anterior.

Figura 25. Edificio T-3, nivel 0



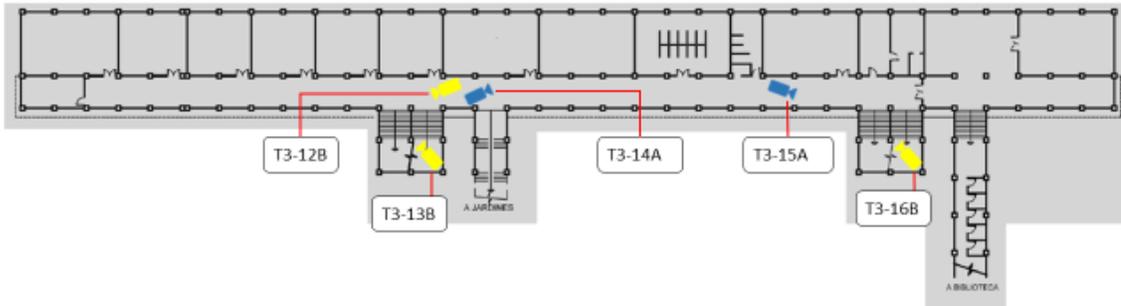
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 26. Edificio T-3, nivel 1



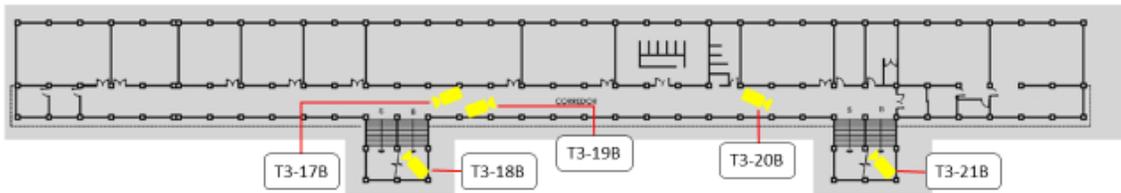
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 27. Edificio T-3, nivel 2



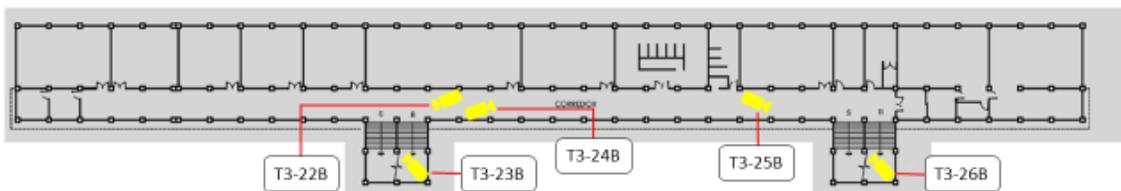
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 28. Edificio T-3, nivel 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 29. Edificio T-3, nivel 4



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tabla X. **Cámaras en edificio T-3**

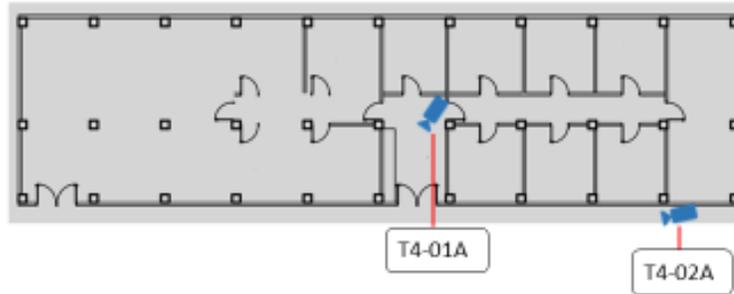
Nombre de cámara	Tipo de cámara	Distancia aproximada (metros)	Destino
T3-01B	B	85	T3-SW
T3-02A	A	35	T3-SW
T3-03A	A	35	T3-SW
T3-04A	A	35	T3-SW
T3-05A	A	30	T3-SW
T3-06B	B	70	T3-SW
T3-07B	B	75	T3-SW
T3-08A	A	65	T3-SW
T3-09B	B	70	T3-SW
T3-10B	B	20	T3-SW
T3-11A	A	25	T3-SW
T3-12B	B	75	T3-SW
T3-13B	B	80	T3-SW
T3-14A	A	75	T3-SW
T3-15A	A	25	T3-SW
T3-16B	B	25	T3-SW
T3-17B	B	80	T3-SW
T3-18B	B	85	T3-SW
T3-19B	B	80	T3-SW
T3-20B	B	30	T3-SW
T3-21B	B	30	T3-SW
T3-22B	B	85	T3-SW
T3-23B	B	90	T3-SW
T3-24B	B	85	T3-SW
T3-25B	B	35	T3-SW
T3-26B	B	35	T3-SW
T3-SW	Switch de conexión.		

Fuente: elaboración propia.

4.4.5. Edificio T-4

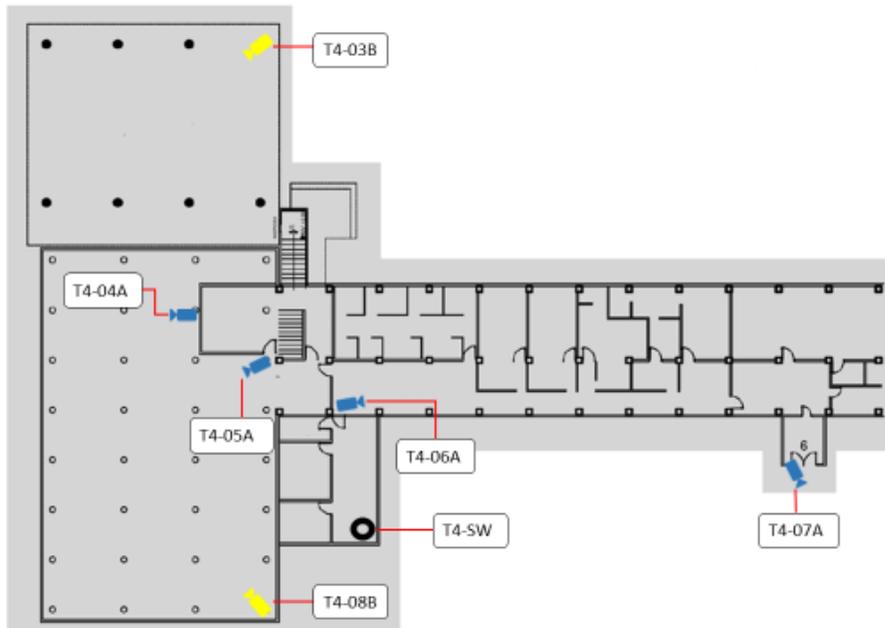
En el edificio T-4 en el sótano hay oficinas que se consideran de riesgo, en el primer nivel se encuentran el Decanato y el banco, las cuales también se consideran como área de mayor riesgo así como las oficinas en el tercer nivel.

Figura 30. Edificio T-4, sótano



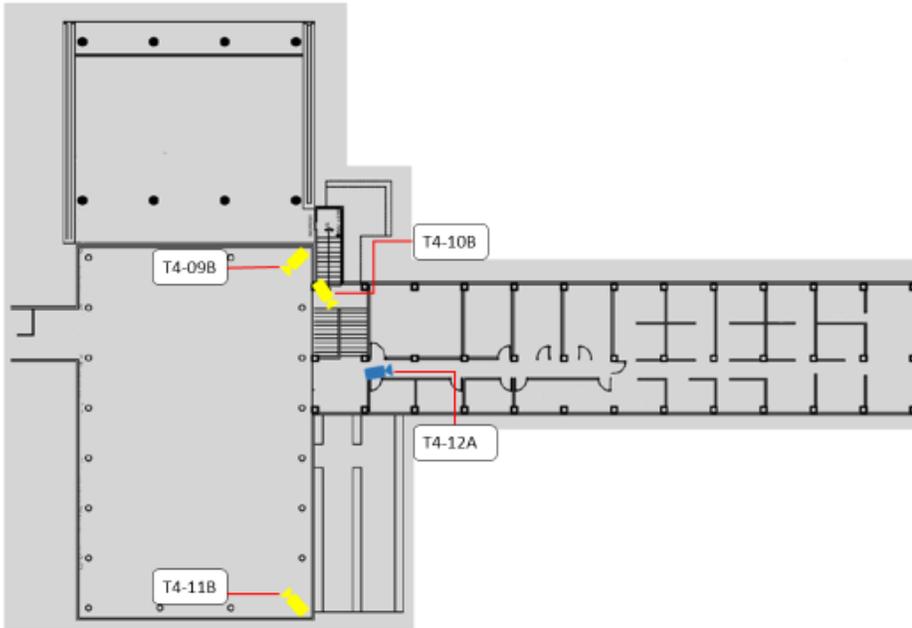
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 31. Edificio T-4, nivel 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 32. Edificio T-4, nivel 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tabla XI. Cámaras en edificio T-4

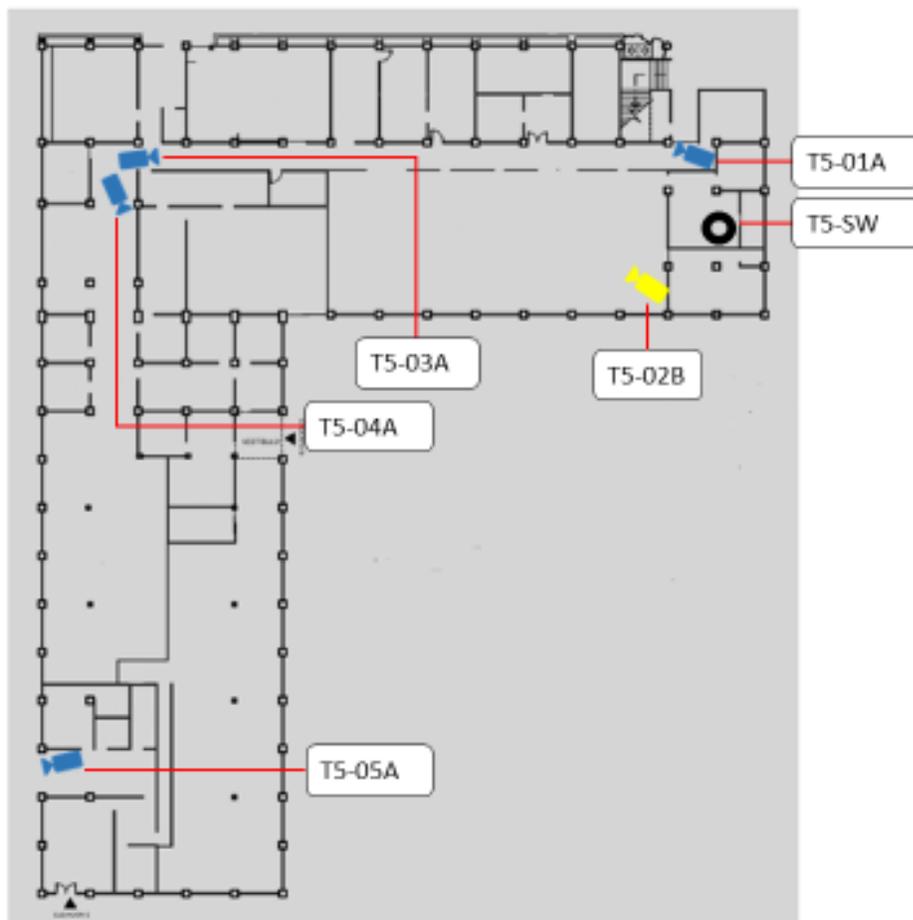
Nombre de cámara	Tipo de cámara	Distancia aproximada (metros)	Destino
T4-01A	A	60	T4-SW
T4-02A	A	55	T4-SW
T4-03B	B	50	T4-SW
T4-04A	A	25	T4-SW
T4-05A	A	20	T4-SW
T4-06A	A	15	T4-SW
T4-07A	A	50	T4-SW
T4-08B	B	35	T4-SW
T4-09B	B	20	T4-SW
T4-10B	B	20	T4-SW
T4-11B	B	40	T4-SW
T4-12A	A	15	T4-SW
T4-SW	Switch de conexión		

Fuente: elaboración propia.

4.4.6. Edificio T-5

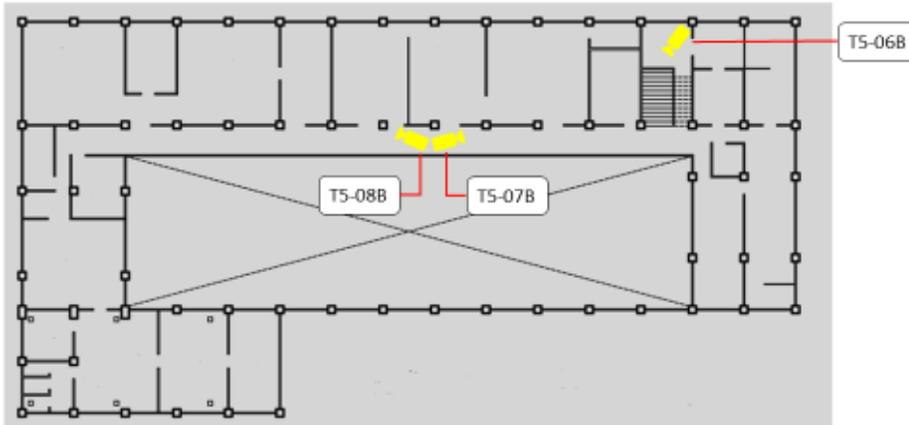
En el edificio T-5 se tomarán como áreas de mayor riesgo, los laboratorios que se encuentran en el primer nivel, así como las entradas.

Figura 33. Edificio T-5, nivel 1



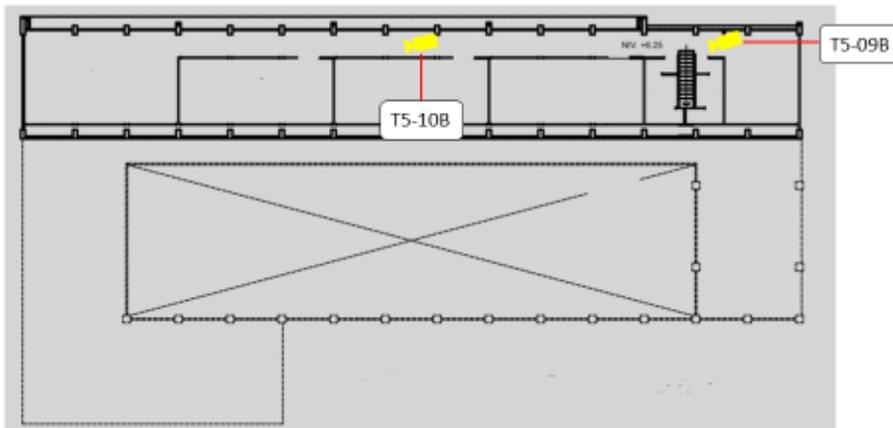
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 34. Edificio T-5, nivel 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 35. Edificio T-5, nivel 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tabla XII. **Cámaras en edificio T-5**

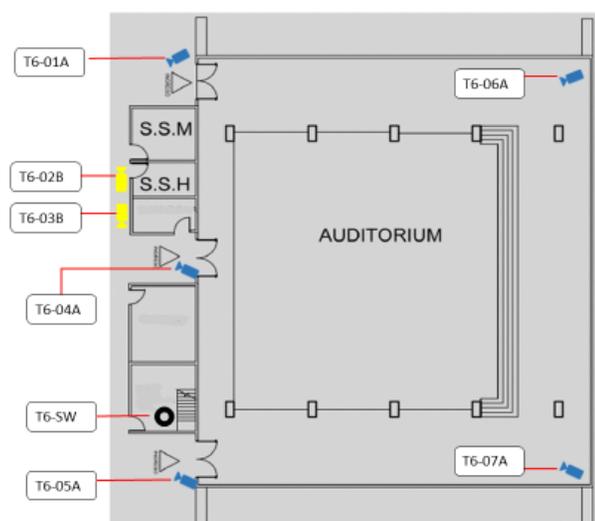
Nombre de cámara	Tipo de cámara	de	Distancia aproximada (metros)	Destino
T5-01A	A		15	T5-SW
T5-02B	B		20	T5-SW
T5-03A	A		55	T5-SW
T5-04A	A		55	T5-SW
T5-05A	A		85	T5-SW
T5-06B	B		20	T5-SW
T5-07B	B		35	T5-SW
T5-08B	B		35	T5-SW
T5-09B	B		25	T5-SW
T5-10B	B		40	T5-SW
T5-SW	Switch de conexión			

Fuente: elaboración propia.

4.4.7. Edificio T-6

El edificio T-6 está formado principalmente por el auditorium Francisco Vela, el cual por el gran tamaño se necesitan cámaras de alta resolución, así como para las entradas del mismo.

Figura 36. **Edificio T-6**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tabla XIII. Cámaras en edificio T-6

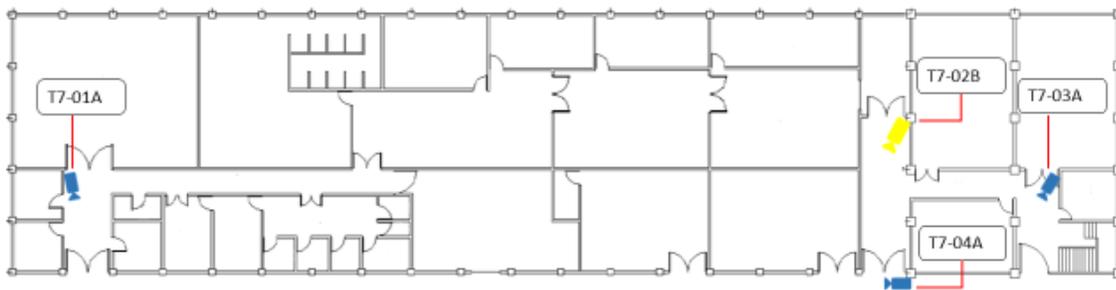
Nombre de cámara	Tipo de cámara	Distancia aproximada (metros)	Destino
T6-01A	A	30	T6-SW
T6-02B	B	25	T6-SW
T6-03B	B	25	T6-SW
T6-04A	A	25	T6-SW
T6-05A	A	10	T6-SW
T6-06A	A	50	T6-SW
T6-07A	A	35	T6-SW
T6-SW	Switch de conexión		

Fuente: elaboración propia.

4.4.8. Edificio T-7

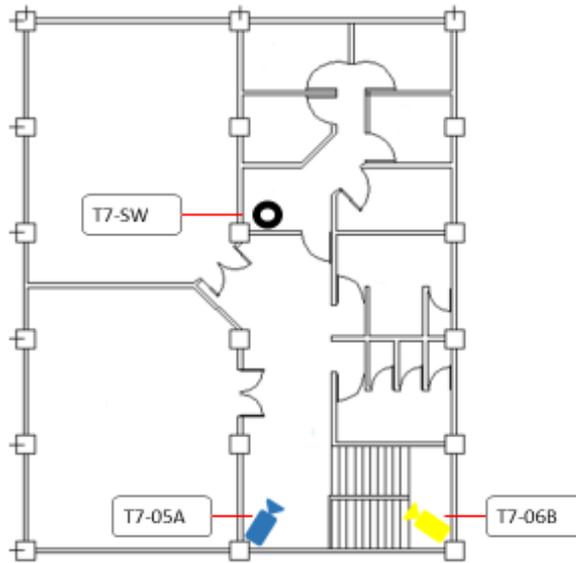
Por último, en el edificio T-7 se cubre las oficinas del segundo nivel y las entradas y salidas como áreas de mayor riesgo.

Figura 37. Edificio T-7, nivel 1



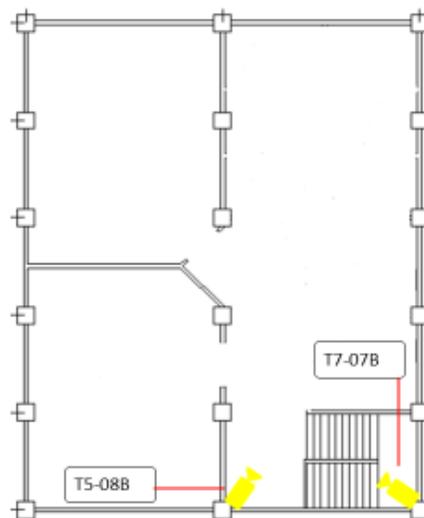
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 38. Edificio T-7, nivel 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 39. Edificio T-7, nivel 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tabla XIV. **Cámaras en edificio T-7**

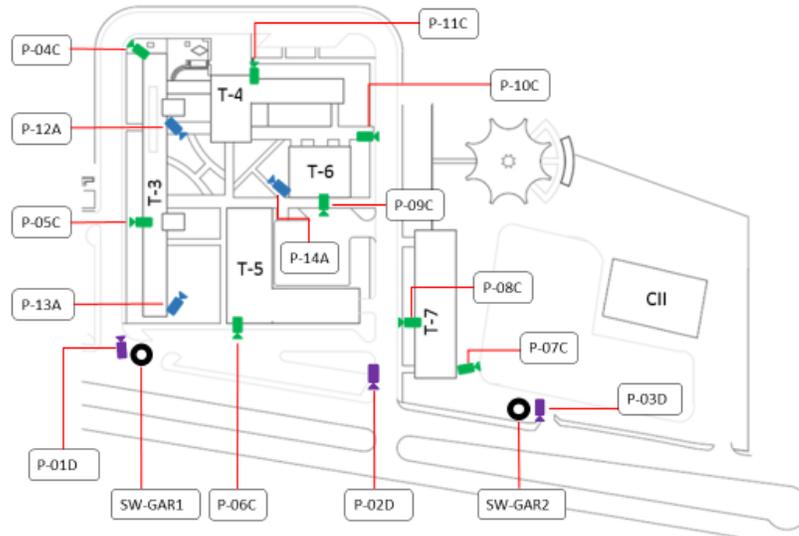
Nombre de cámara	Tipo de cámara	Distancia aproximada	Destino
T7-01A	A	70	T7-SW
T7-02B	B	30	T7-SW
T7-03A	A	30	T7-SW
T7-04A	A	35	T7-SW
T7-05A	A	15	T7-SW
T7-06B	B	20	T7-SW
T7-07B	B	25	T7-SW
T7-08B	B	25	
T7-SW	Switch de conexión		

Fuente: elaboración propia.

4.4.9. Otras áreas

En el parqueo se utilizarán dos tipos de cámaras. Para el monitoreo de los vehículos se proponen cámaras PTZ, mientras que para las garitas, cámaras con la capacidad de identificar las placas. Por otra parte se colocan otras cámaras de alta resolución para la vigilancia de áreas de estar externas a los edificios.

Figura 40. Otras áreas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tabla XV. Cámaras externas

Nombre de cámara	Tipo de cámara	Distancia aproximada (metros)	Destino
P-01D	D	10	SW-GAR1
P-02D	D	45	T7-SW
P-03D	D	10	SW-GAR2
P-04C	C	40	T3-SW
P-05C	C	85	T3-SW
P-06C	C	70	T5-SW
P-07C	C	40	T7-SW
P-08C	C	45	T7-SW
P-09C	C	55	T6-SW
P-10C	C	50	T6-SW
P-11C	C	45	T4-SW
P-12A	A	20	T3-SW
P-13A	A	90	T3-SW
P-14A	A	40	T6-SW

Fuente: elaboración propia.

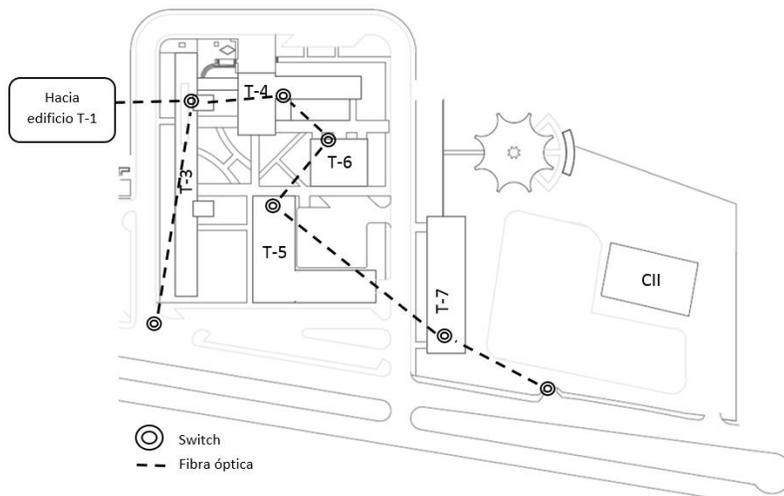
4.4.10. Red de cámaras y cableado

Debido a la cantidad de información de las cámaras IP, se propone que la red de las cámaras distinta a la ya existente en la Facultad, lo cual también ayudará a mantener la información de vídeo con mayor seguridad.

En la descripción que se hizo previamente se encuentra un *switch* localizado en cada edificio y en garitas, en el cual irán conectadas las cámaras más cercanas al mismo, incluyendo aquellas que estén externas (ver figura 41). En el caso de las cámaras analógicas que serán reutilizadas, se necesitará un codificador de video junto a cada *switch*, que soporte la cantidad de cámaras analógicas que deben conectarse al mismo.

La conexión entre cada edificio se realizará por medio de fibra óptica, para lo cual se utilizará la tubería ya disponible que existe entre los edificios. La figura 42 muestra las conexiones de fibra que se deben realizar.

Figura 41. Conexión entre edificios



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

4.4.10.1. Cálculo de ancho de banda

El centro de monitoreo se encontrará en el edificio T-3, por lo que el ancho de banda entre el edificio T-3 y T-4 será la suma de los edificios T-4, T-5, T-6 y T7 y garita del parqueo anexo El ancho de banda entre el T-1 y T-3, solo corresponde a las cámaras del edificio T-1. La tabla XVI muestra el cálculo aproximado del ancho de banda por edificio, en el cual se considera un formato de compresión H.264 a 24 FPS.

Tabla XVI. Ancho de banda

Switch	Cámaras analógicas	Cámaras IP	Cálculo de velocidad (megabits por segundo)
T1-SW	4	7	97,42
T3-SW	18	12	221,94
T4-SW	5	8	113,45
T5-SW	6	5	85,08
T6-SW	2	8	98,66
T7-SW	4	7	97,42
SW-GAR1		1	11,1
SW-GAR2		1	11,1
Suma	39	49	736,17

Fuente: elaboración propia.

Se toman en cuenta las cámaras colocadas en las áreas de parqueo, las cuales se conectan al edificio más cercano. La conexión se realizará a través de fibra óptica por lo cual el ancho de banda disponible de 1 000 megabits por segundo será más que suficiente para la carga de vídeo de todas las cámaras.

4.4.11. Almacenamiento

El sistema se configurará de manera que cuando el espacio de almacenamiento se termine, el vídeo que lleva más tiempo almacenado, sea

borrado. Se hará el cálculo para que el vídeo pueda durar hasta un mínimo de 30 días almacenado. La tabla XVII muestra los recursos de almacenamiento requeridos para el sistema.

Tabla XVII. **Cálculo de almacenamiento**

	Cantidad	Ancho de banda (megabits por segundo)	Cantidad de almacenamiento (terabytes)
Cámaras analógicas	39	192,27	30
Cámaras IP	49	543,9	85
Suma			115

Fuente: elaboración propia.

En el cálculo de almacenamiento se considera que la grabación activada por evento será aproximadamente el 50 % del tiempo total. Se requieren 115 *terabytes* para cubrir las necesidades de almacenamiento.

5. DESCRIPCIÓN Y COSTOS DE LOS EQUIPOS

Descrita ya la configuración del sistema de videovigilancia IP para la Facultad, se tomarán las siguientes consideraciones.

- Equipos y materiales sugeridos
- Centro de monitoreo
- Software de gestión
- Integración de alarmas para ciertas áreas
- Costo aproximado de todo el sistema

5.1. Dispositivos sugeridos

Gracias a la estandarización en vídeo IP es posible hacer la elección de todos los componentes del sistema con diferentes marcas. Sin embargo, hay productos a los que se le adhieren facilidades más allá del alcance de los productos estandarizados los cuales solo pueden utilizarse cuando los equipos adquiridos son del mismo fabricante. En el sistema propuesto se tratará de utilizar estas facilidades por lo cual se utilizará una misma marca en la mayoría de los equipos.

5.1.1. Cámaras

Las cámaras que se han elegido para el sistema de videovigilancia cumplen con las características previamente expuestos. En el caso de las cámaras B, se propone utilizar las cámaras del sistema ya instalado. Las cámaras a utilizar serán las siguientes:

- Cámara A: HIKVISION DS-2CD4224F-IZHS
- Cámara B: Cámaras anteriores con codificador de vídeo
- Cámara C: HIKVISION DS-2DF7286
- Cámara D: HIKVISION DS-2CD4A26FWD-IZHS

Tabla XVIII. **Comparativa de cámaras propuestas**

	DS-2CD4224F-IZHS	DS-2DF7286	DS-2CD4A26FWD-IZHS
Cámara			
Sensor	CMOS 1/2,8"	CMOS 1/2.8"	CMOS 1/2.8"
Iluminación mínima	0,01 Lux (F1.2) 0,14 Lux (F1.4)	0,3 Lux (F1.6) Blanco/negro: 0,02 Lux (F1.6)	0,001 Lux (F1.2) Blanco/negro: 0,0001 Lux(F1.2)
Tiempo de obturación	1 a 1/100 000 segundos	1 a 1/30000 segundos	1 a 1/100 000 segundos
Lente	2,8-12 mm 33,8 a 115°	Zoom óptico 30X 4,3-129 mm 2,1 a 66°	2,8-12 mm 33,8 a 115°
Día/Noche	Led infrarrojo con filtro	Led infrarrojo con filtro	Led infrarrojo con filtro
WDR	Por software	Por software	Por hardware
PTZ			
Rango de barrido	X	360°	X
Rango de inclinación	X	-2 a 90°	X
Ajustes	X	300 Ajustes 4 Patrones	X
Compresión			
Formatos	H.264, MPEG4, MJPEG	H.264, MPEG4, MJPEG	H.264, MPEG4, MJPEG
Tasa de transmisión	32 a 16 Mbps	32 a 16 Mbps	32 a 16 Mbps
Triple salida de vídeo	Soportado	Soportado	Soportado
Imagen			
Máxima resolución	1920x1080 (2 MP)	1920x1080 (2 MP)	1920x1080 (2 MP)

Continuación de la tabla XVIII.

Configuración de imagen	Rotación, brillo, saturación y contraste vía web	Rotación, brillo, saturación y contraste vía web	Rotación, brillo, saturación y contraste vía web
Red			
Almacenamiento en red	Soportado, NAS	Soportado, NAS	Soportado, NAS
Disparador de alarma	Soportado para desconexión, conflicto IP y aplicaciones de vídeo.	Soportado para desconexión, conflicto IP y aplicaciones de vídeo.	Soportado para desconexión, conflicto IP y aplicaciones de vídeo.
Seguridad	Autenticación de usuarios, Acceso anónimo, filtrado IP.	Autenticación de usuarios, Acceso anónimo, filtrado IP.	Autenticación de usuarios, Acceso anónimo, filtrado IP.
Compatibilidad	ONVIF perfile G y S, PSIA	ONVIF perfile G y S, PSIA	ONVIF perfile G y S, PSIA
Interfaz			
Interfaz de comunicación	100BaseTX (<i>Fastethernet</i> en cobre)	100BaseTX (<i>Fastethernet</i> en cobre)	100BaseTX (<i>Fastethernet</i> en cobre)
Almacenamiento local	Micro SD local hasta 128 GB	Micro SD local hasta 128 GB	Micro SD local hasta 128 GB
Botón de reajuste	Si	Si	Si
Entrada de audio y vídeo	Solamente Audio	Solamente Audio	Audio y vídeo
Entrada de alarma	Soportado	Soportado	Soportado
Identificador de placa integrado	No soportado	No soportado	Soportado
General			
Condiciones ambientales	-30 a 60 °C 95 % de humedad	-30 a 65 °C 90 % de humedad	-30 a 60 °C 95 % de humedad
Alimentación eléctrica	12 V, PoE	24 V, PoE	12 V, PoE
Consumo de potencia	Máximo 11 W	Máximo 50 W	Máximo 12 W
Protección contra agua y polvo	IP66	IP66	IP67
Peso	4,41 Libras	13,2 Libras	4,41 Libras

Fuente: elaboración propia.

La tabla XVIII muestra las principales características y las diferencias más importantes entre las cámaras que se han elegido para el sistema. El índice de protección contra ingreso IP por sus siglas en inglés, es un número formado por dos dígitos. El primer dígito indica la protección contra el polvo siendo 6 el mayor, y el segundo indica la protección contra el agua siendo 8 la mayor protección.

Figura 42. **Cámaras propuestas**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

La cámara A y cámara D tienen características similares, con la diferencia que la cámara D funciona en ambientes con menor iluminación y está diseñada especialmente para la identificación de placas vehiculares. La figura 43 muestra las cámaras propuestas.

5.1.2. **Codificador de vídeo**

El modelo de codificador de vídeo depende de la cantidad de cámaras analógicas en cada edificio. En el edificio T-3 se deben colocar 2 codificadores debido a la cantidad de cámaras en el mismo. La tabla XIX muestra la cantidad

de codificadores del sistema y los modelos de los mismos que se debe utilizar en cada edificio.

Tabla XIX. **Cantidad de codificadores**

Edificio	Cámaras analógicas	Modelo de codificador	Puertos analógicos
T-1	4	HIKVISION DS-6704HWI	4
T-3	18	HIKVISION DS-6716HWI y HIKVISION DS-6704HWI	16 y 4
T-4	5	HIKVISION DS-6708HWI	8
T-5	6	HIKVISION DS-6708HWI	8
T-6	2	HIKVISION DS-6704HWI	4
T-7	4	HIKVISION DS-6704HWI	4

Fuente: elaboración propia.

5.1.3. **Cableado y equipo de red**

El cableado de las cámaras analógicas se debe realizar con cable coaxial hacia el codificador más cercano, los cuales estarán ubicado junto a los *switches*. A diferencia de las cámaras IP, las cámaras analógicas necesitan otro cable para la alimentación, por lo cual el cable coaxial será el RG-59 con alimentación. Debido a la atenuación de la señal se recomienda una distancia máxima de 180 metros.

El cableado para las cámaras IP debe ser un par trenzado capaz de transmitir a velocidad *FastEthernet*, para este se puede utilizar el cable UTP de categoría 5e o mayor. De este se recomienda no utilizar a una distancia mayor de 90 metros.

Los conectores para el cable coaxial serán los conectores BNC de presión, mientras que para el cable UTP se utilizarán conectores RJ45. La tabla

XX muestra la cantidad de cable coaxial y UTP y conectores necesarios para las cámaras en cada edificio según las tablas expuestas en el capítulo anterior. Se considera que para cada cámara se utilizan dos conectores y para cada codificador dos conectores RJ45.

Tabla XX. **Cableado del sistema**

	Conectores BNC	Conectores RJ45	Cable Coaxial (metros)	Cable UTP (metros)
Edificio T-1	8	16	165	300
Edificio T-3	36	28	1 135	560
Edificio T-4	10	18	165	285
Edificio T-5	12	12	175	280
Edificio T-6	4	18	50	295
Edificio T-7	8	16	100	280
Garita 1	0	2	0	10
Garita 2	0	2	0	10
Suma	78	112	1 790	2 020

Fuente: elaboración propia.

Las cámaras IP se conectarán a un *switch* ubicado en cada edificio. Los *switches* deben suministrar la energía a las cámaras por medio de su función PoE. Los *switches* se eligen de acuerdo a la cantidad de cámaras en cada edificio y a la energía necesaria para el funcionamiento de todas las cámaras. La tabla XXI muestra los modelos de los *switches* propuesto para cada edificio, así como la cantidad de energía que son capaces de suministrar y la cantidad de puertos.

Tabla XXI. **Modelos de los switches**

	Cantidad de cámaras	Potencia necesaria (watts)	Modelo de Switch	Puertos con PoE	Potencia del Switch (watts)
Edificio T-1	7	84	Cisco SG-300-10MPP	10	124
Edificio T-3	12	220	Cisco SF300-24MP	24	375
Edificio T-4	8	96	Cisco SG-300-10MPP	10	124
Edificio T-5	5	98	Cisco SG-300-10MPP	10	124
Edificio T-6	8	172	Cisco SF300-24PP	24	180
Edificio T-7	7	160	Cisco SF300-24PP	24	180
Garita 1	1	12	Cisco SG200-10FP	4	62
Garita 2	1	12	Cisco SG200-10FP	4	62

Fuente: elaboración propia.

La conexión entre *switches* como se explicó anteriormente se realizará con fibra óptica multimodo con conectores tipo SX, también a cada *switch* se le colocarán dos dispositivos transceptores o más comúnmente llamado *mini-gbic*. La tabla XXI muestra las distancias aproximadas de las conexiones de fibra.

Tabla XXII. **Conexiones de fibra**

Conexión de fibra	Distancia aproximada (metros)
Edificio T-1 a T-3	180
Edificio T-3 a T-4	50
Edificio T-4 a T6	90
Edificio T-6 a T-5	75
Edificio T-5 a T-7	170
Edificio T-3 a Garita 1	145
Edificio T-7 a Garita 2	60
Suma	770

Fuente: elaboración propia.

5.1.4. Equipo de almacenamiento

Para el almacenamiento, se propone un servidor que cumpla con las características sugeridas para el funcionamiento del software HIKVISION iVMS-5 200, el cual se profundizará más adelante, y sugiere las siguientes características para el servidor:

- CPU Intel E5-2620
- Memoria RAM DDR3 de 8 GB
- Dos interfaces Ethernet de 1 000 Mbps
- Windows Server 2008 R2
- Base de datos PostgreSQL

El servidor HP ProLiant ML350 Gen9 cumple con las características descritas anteriormente y además cuenta con 24 bahías de almacenamiento, logrando un total de 144 TB de almacenamiento utilizando discos duros de 6 TB.

5.2. Centro de monitoreo

El sistema de videovigilancia no puede funcionar por sí solo, sino que, necesita de operadores para su funcionamiento, por lo cual el centro de monitoreo debe estar adecuado de forma que ayude a los agentes de seguridad a cumplir con sus objetivos, entre los cuales están:

- Velar por la seguridad de los bienes, estudiantes y trabajadores de la Facultad de Ingeniería.
- Monitorear continuamente las instalaciones de la Facultad.
- Actuar ante hechos delictivos.

- Comunicar de un hecho delictivo a los agentes más cercanos a la zona.

Debido a que los operadores del sistema deben pasar turnos largos en el sistema, se recomienda que el centro de monitoreo tenga un sistema de calefacción y aire acondicionado que mantenga una temperatura óptima para el bienestar de los operadores. Se recomienda que el centro de monitoreo se mantenga entre 20 a 25 °C.

5.2.1. Monitores

La cantidad de monitores se elige de acuerdo a la cantidad de cámaras del sistema y a la cantidad de agentes que operarán el sistema. Debido a las aplicaciones de video IP, en lugar de visualizar todas las cámaras al mismo tiempo, se pueden programar alarmas para que el sistema notifique que alarma se activó, que cámara lo hizo y el momento exacto del evento, y visualizar solo aquellas cámaras que tienen mayor importancia.

Se propone para el centro de monitoreo, el uso de dos computadores en las cuales se instalará el software cliente, y el uso de cuatro monitores, dos para cada computadora. Se utilizarán monitores de 42" para los cuales se recomienda una distancia de visualización de 2,5 metros.

5.3. Software de gestión

El software de gestión, es una parte muy importante en el sistema de videovigilancia, ya que sin él, el vídeo transmitido por las cámaras no podría ser visto ni almacenado.

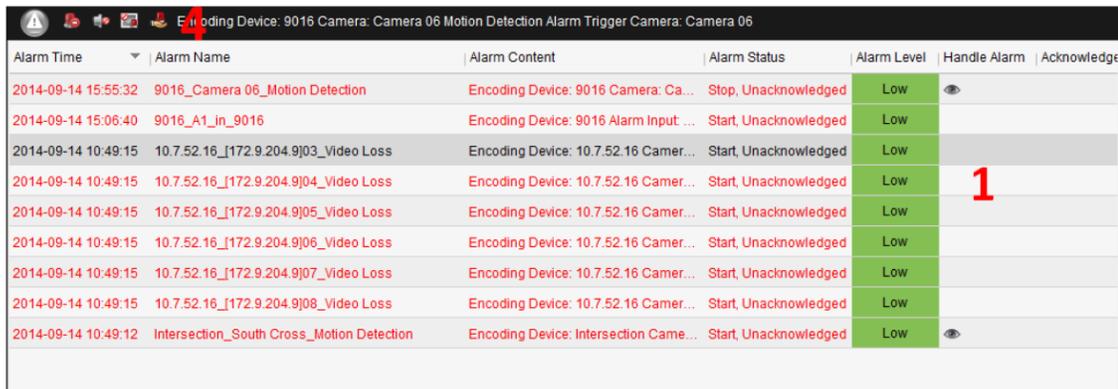
Para el sistema descrito se propone utilizar el software HIKVISION iVMS-5200 en su versión profesional. Este software será instalado en el servidor de almacenamiento HP ProLiant ML350 Gen9 expuesto anteriormente. Las principales características del iVMS-5200 son:

- Software tipo servidor y cliente
- Máximo 1 024 dispositivos
- Máximo 16 usuarios clientes
- Diferentes niveles de usuarios
- Soporte de cámaras ONVIF y PSIA
- Soporte de alarmas y accesos IP
- Aplicación para iOS y Android
- Procesamiento de audio

El iVMS-5200 se puede descargar gratuitamente desde internet, aunque para su funcionamiento se debe instalar una licencia por cada cámara que se desee utilizar, así como una licencia para el uso de módulos especiales como el de detección de placa de vehículos. HIKVISION DS-iVMS520064 es un paquete de 64 licencias, del cual se requieren dos y HIKVISION iVMS-5200-P-LPR-B es el módulo para la utilización de la función de reconocimiento de placa vehicular.

El iVMS-5200, desarrollado especialmente para vídeo IP, viene integrado con aplicaciones y analíticas de vídeo, las cuales se deben configurar para cada cámara en la que se desee. Todas las aplicaciones de vídeo y las alarmas se gestionan en el centro de alarmas, el cual muestra las alarmas, con niveles de prioridad caracterizado por colores, el dispositivo que generó la alarma y un acceso directo al vídeo almacenado del evento.

Figura 43. Centro de alarmas



Alarm Time	Alarm Name	Alarm Content	Alarm Status	Alarm Level	Handle Alarm	Acknowledge
2014-09-14 15:55:32	9016_Camera 06_Motion Detection	Encoding Device: 9016 Camera: Ca...	Stop, Unacknowledged	Low		
2014-09-14 15:06:40	9016_A1_in_9016	Encoding Device: 9016 Alarm Input: ...	Start, Unacknowledged	Low		
2014-09-14 10:49:15	10.7.52.16_[172.9.204.9]03_Video Loss	Encoding Device: 10.7.52.16 Camer...	Start, Unacknowledged	Low		
2014-09-14 10:49:15	10.7.52.16_[172.9.204.9]04_Video Loss	Encoding Device: 10.7.52.16 Camer...	Start, Unacknowledged	Low	1	
2014-09-14 10:49:15	10.7.52.16_[172.9.204.9]05_Video Loss	Encoding Device: 10.7.52.16 Camer...	Start, Unacknowledged	Low		
2014-09-14 10:49:15	10.7.52.16_[172.9.204.9]06_Video Loss	Encoding Device: 10.7.52.16 Camer...	Start, Unacknowledged	Low		
2014-09-14 10:49:15	10.7.52.16_[172.9.204.9]07_Video Loss	Encoding Device: 10.7.52.16 Camer...	Start, Unacknowledged	Low		
2014-09-14 10:49:15	10.7.52.16_[172.9.204.9]08_Video Loss	Encoding Device: 10.7.52.16 Camer...	Start, Unacknowledged	Low		
2014-09-14 10:49:12	Intersection_South Cross_Motion Detection	Encoding Device: Intersection Came...	Start, Unacknowledged	Low		

Fuente: *Alarm Center*. <http://www.hikvision.com/UploadFile/image/2014112411515327915.pdf>.

Consulta: julio de 2015.

Entre las aplicaciones y analíticas de vídeo incluidas en el software, se encuentran las siguientes:

- Reconocimiento de placa vehicular
- Reconocimiento de rostro
- Detección de movimiento
- Detección de intrusión
- Análisis de comportamiento
- Conteo de personas
- Mapa de calor

5.4. Costo aproximado de todo el sistema

La tabla XXIII muestra un aproximado de todos los gastos para la instalación completa del sistema, incluyendo los costos de mano de obra por instalación. Debido a que en la mayoría se tomaron precios públicos por menor,

se debe considerar que muchos de estos podrían disminuir sustancialmente debido a la magnitud del proyecto.

El segmento de eléctricos se incluye las protecciones eléctricas correspondientes para los distintos equipos, entre las cuales están, los reguladores de voltaje así como los UPS para cuando existan cortes de energía. También se incluyen las cajas de voltaje para la alimentación de las cámaras analógicas.

Tabla XXIII. **Cálculo de costos**

Descripción	Cantidad Q	Precio unitario Q	Costo de instalación Q	Total Q
Cámaras				
HIKVISION DS-2CD4224F-IZHS	38	4 200,00	75,00	162 450,00
Cámaras del sistema ya instalado	39	0,00	75,00	2 925,00
HIKVISION DS-2DF7286	8	13 354,50	75,00	107 436,00
HIKVISION DS-2CD4A26FWD	3	4 925,00	75,00	15 000,00
CODIFICADOR HIKVISION DS-6704	4	2 056,00	0,00	8 224,00
CODIFICADOR HIKVISION DS-6708	2	4 112,00	0,00	8 224,00
CODIFICADOR HIKVISION DS-6716	1	6 168,00	0,00	6 168,00
NVR				
HP ProLiant ML350 Gen9	1	20 869,00	0,00	20 869,00
Discos duros de 6TB	24	1 962,50	0,00	47 100,00
Licencia HIKVISION DS-iVMS520064	2	28 668,20	0,00	57 336,40
Módulo HIKVISION iVMS-5200-P-LPR-B	1	2 500,00	0,00	2 500,00

Continuación de la tabla XXIII.

Software HIKVISION iVMS-5200	1	0,00	1 600,00	1 600,00
Monitores 42"	4	5 299,00	0,00	21 196,00
Red				
Cisco SG-200-10FP	2	1 750,00	0,00	3 500,00
Cisco SG-300-10MPP	3	2 134,00	0,00	6 402,00
Cisco SG-300-24PP	2	4 466,65	0,00	8 933,30
Cisco SG-300-24MP	1	6 255,50	0,00	6 255,50
Cisco GBIC GLC-SX-MMD	14	628,00	0,00	8 792,00
Gabinete para <i>switch</i>	8	715,00	150,00	6 920,00
Cableado				
Metros de cable coaxial	1 790	14,50	1,50	28 640,00
Metros de cable UTP	2 020	5,50	1,50	14 140,00
Metros de fibra óptica	770	10,00	2,50	9 625,00
Conectores BNC	78	7,00	0,00	546,00
Conectores RJ45	112	3,00	0,00	336,00
Conectores SX	14	30,00	100,00	1 820,00
Eléctricos				
UPS 600 VA	7	795,00	0,00	5 565,00
UPS 2200 VA	1	3 700,00	0,00	3 700,00
Reguladores de voltaje	8	260,00	0,00	2 080,00
Caja de voltaje 18 canales	1	795,00	0,00	795,00
Caja de voltaje 9 canales	2	560,00	0,00	1 120,00
Caja de voltaje 4 canales	3	382,50	0,00	1 147,50
GRAN TOTAL				571 345,70

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Un sistema de videovigilancia es el conjunto de todos los elementos que hacen posible la videovigilancia. Estos sistemas han ido evolucionando y los fabricantes ahora los crean muy sofisticados, que hacen de la videovigilancia una necesidad para la seguridad de las personas y los bienes en cualquier institución.
2. La cámara es el elemento más importante en un sistema de videovigilancia, por lo cual muchos fabricantes dedican muchos recursos para el desarrollo de la misma, logrando así, mejoras significativas en la resolución y nitidez de imagen. La cámara funciona bajo el concepto de óptica, por lo cual posee varios elementos ópticos que son necesarios para su funcionamiento.
3. Las redes IP han permitido grandes avances en los sistemas de videovigilancia. Las mejoras en las cámaras, combinadas con las capacidades de transmisión de datos de las redes IP han permitido el desarrollo de importantes utilidades en los sistemas de videovigilancia IP, como las analíticas y aplicaciones de vídeo, esto también permite que los operadores y agentes de seguridad tengan un mejor desempeño.
4. Un sistema de videovigilancia IP supera muy significativamente las capacidades de un sistema de CCTV convencional, el cual no tiene las aplicaciones de vídeo que un sistema IP puede ofrecer. Otra gran diferencia a tomar en cuenta es la resolución, la cual en una cámara IP

puede superar hasta en diez veces la resolución máxima de una cámara analógica.

5. La elección de cámaras en el diseño del sistema de videovigilancia se realizó con base en las ubicaciones de las mismas, ya que hay ubicaciones que tiene una mayor importancia en cuanto a seguridad. Se eligieron cámaras especiales para el control de entrada y salida de vehículos. También es posible adaptar las cámaras del sistema CCTV ya instalado para ciertas ubicaciones de menor importancia.

RECOMENDACIONES

1. A las autoridades de la Facultad de Ingeniería, evaluar la posibilidad de adquirir el sistema de videovigilancia IP, ya que es más sofisticado al que ya se posee, con el objetivo de mejorar la seguridad en las instalaciones y tener una infraestructura mejor preparada para futuros cambios.
2. Operar el sistema de videovigilancia sea operado por personas capacitadas para el correcto uso del mismo, aprovechando las facilidades que ofrece y para actuar ante eventos de riesgo que el sistema podría alarmar.
3. Al personal administrativo: al evaluar una compra, se consideren distintas opciones en marcas y costos, ya que por ser videovigilancia IP los costos suelen ser bastante elevados, y existen fabricantes que ofrecen una muy buena calidad a menores precios que otros.
4. Contratar personal necesario para operar el sistema de gestión evitando personal con horarios demasiados extensos y que puedan tener un mejor desempeño.
5. A los agentes de seguridad brindar un mantenimiento constante a los equipos, tanto de almacenamiento y gestión, como los de captura, para asegurar un funcionamiento óptimo y el mayor tiempo de vida posible de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACLU. *Adding audio recording to surveillance cameras*. [en línea]. <<https://www.aclu.org/blog/adding-audio-recording-surveillance-cameras-threatens-whole-new-level-monitoring-american-life>>. [Consulta: junio de 2015].
2. AXIS Communications. *Guía técnica para vídeo en red*. Axis AB 2015. 139 p.
3. _____. *¿Qué es el software de gestión de vídeo?* [en línea]. <http://classic.www.axis.com/es/products/video/software/about_software.htm>. [Consulta: mayo de 2015].
4. Camarás Monterrey. *Resolución de las cámaras de seguridad CCTV*. [en línea]. <<http://cctvcamarasmonterrey.com/resolucion-de-camaras-cctv/resoluciones/>>. [Consulta: mayo de 2015].
5. CAPUTO, Anthony C. *Digital video surveillance and security*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2010. 421 p.
6. DAMJANOVSKI, Vlado. *CCTV Networking and digital technology*. Amsterdam: Butterworth-Heineman, 2005. 584 p.

7. GRADIANT. *Onvif: Un estándar de comunicación de vídeo IP*. [en línea]. <<http://www.gradient.org/es/actualidad/noticias/621-onvif-un-estandar-de-comunicacion-de-video-ip.html>>. [Consulta: julio de 2015].
8. IFSEC Global. *ONVIF and PSIA: guide to standards in video surveillance*. [en línea]. <<http://www.ifsecglobal.com/guide-to-standards-in-video-surveillance-onvif-v-psia/>>. [Consulta: julio de 2015].
9. La Hora. *PNC, MP y SIT: cifras sobre celulares robados*. [en línea]. <<http://lahora.gt/pnc-mp-y-sit-cifras-sobre-celulares-robados-coinciden/>>. [Consulta: junio 2015].
10. MACARIO FLORES, Gustavo Vinicio. *Registro y catalogación de los edificios de la Facultad de Ingeniería del campus de San Carlos de Guatemala*. Trabajo de Graduación de Arquitecto. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 2014. 184 p.
11. Seguridad SEAT. *Como seleccionar las cámaras de un sistema de seguridad en un circuito cerrado de televisión*. [en línea]. <<http://seguridadseat.com/cctv.html#.VYmH0pOGPVY>>. [Consulta: mayo de 2015].
12. Seguridad Digital. *Historia del Circuito Cerrado de Televisión*. [en línea]. <<http://seguridaddig.com/historia-del-circuito-cerrado-de-television-cctv/>>. [Consulta: mayo de 2015].

13. SIMPSON, Wes. *Video sobre IP: una guía práctica sobre tecnologías y aplicaciones*. EE.UU.: Escuela de cine y vídeo Andoain, 2007. 493 p.
14. Taller de celumetrajés. *Resolución y formatos de video*. [en línea]. <<https://tallerdecelumetrajés.wordpress.com/2008/09/25/resolucion-formatos-de-video/>>. [Consulta: julio de 2015].
15. Ventas de seguridad. *¿Cuántos monitores necesitamos en un sistema de CCTV?* [en línea]. <<http://www.ventasdeseguridad.com/201208156637/articulos/enfoques-miscelaneos/icuantos-monitores-necesitamos-en-un-sistema-de-cctv-i.html>>. [Consulta: mayo de 2015].
16. Wikipedia. *IP Camera*. [en línea]. <https://en.wikipedia.org/wiki/IP_camera>. [Consulta: mayo de 2015].

