

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



***DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE  
SEGURIDAD USANDO VIDEO STREAMING PARA LA EMPRESA  
EXPRESO D3 S.A.C.***

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Electrónico**, que presenta el bachiller:

**Naranjo Pomalaya, David Rodolfo**

**ASESOR: Dr. Yarlequé Medina, Manuel Augusto**

Lima, Mayo del 2019

Resumen

Introducción

CAPÍTULO I: MARCO PROBLEMÁTICO DE EMPRESAS DE TRANSPORTE.....	1
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN .....	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 OBJETIVOS GENERALES .....	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.3 ALCANCE.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA REMOTO .....	5
2.1 PRESENTACIÓN DEL ASUNTO DE ESTUDIO.....	5
2.2 ESTADO DEL ARTE.....	5
2.2.1 SISTEMAS DE MONITOREO DE SEGURIDAD .....	5
2.2.1.1 SISTEMAS CERRADOS DE TELEVISIÓN .....	6
2.2.1.2 SISTEMAS ABIERTO DE TELEVISIÓN.....	9
2.2.2 COMPRESIÓN DE VIDEO.....	10
a) H.261 .....	11
b) MPEG-1.....	12
c) MPEG-2.....	13
d) MPEG-4.....	13
e) MPEG-7 y MPEG-21 .....	14
f) H.264.....	14
g) H.265.....	15
f) CUADRO RESUMEN .....	16
2.2.3 VIDEO STREAMING .....	17
2.2.3.1 PROTOCOLOS .....	18
2.2.4 TRANSMISIÓN DE DATOS .....	20
2.2.4.1 MEDIOS GUIADOS .....	20
2.2.4.2 MEDIOS NO GUIADOS.....	23
2.2.5 ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN .....	26
2.2.6 TECNOLOGÍA MÓVIL.....	27
2.2.6.1 SEGUNDA GENERACIÓN .....	27
2.2.6.2 TERCERA GENERACIÓN.....	29

2.2.6.3 CUARTA GENERACIÓN.....	31
2.2.7 ESTUDIO DE SISTEMAS DE VIGILANCIA EN EL MERCADO .....	32
CAPÍTULO III: DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	36
3.1 SELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	36
3.1.1 ARQUITECTURA PROPUESTA N°1.....	36
3.1.2 ARQUITECTURA PROPUESTA N°2.....	37
3.1.3 ARQUITECTURA PROPUESTA N°3.....	38
3.1.4 SELECCIÓN DE LA PROPUESTA ÓPTIMA.....	39
3.2 SELECCIÓN DE LAS CONFIGURACIONES DEL VIDEO.....	40
3.2.1 MEMORIA LOCAL.....	40
3.2.1.1 PRUEBAS DE TRANSMISIÓN LOCAL.....	41
3.2.1.2 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO.....	43
3.2.2 TRANSMISIÓN EN VIVO.....	44
3.2.2.1 PRUEBAS DE TRANSMISIÓN EN VIVO.....	44
3.3 SELECCIÓN DE CÁMARA.....	48
3.3.1 REQUERIMIENTOS DE LA CÁMARA.....	48
3.3.2 CRITERIO DE SELECCIÓN DE LA CÁMARA.....	48
3.4 SELECCIÓN DE DVR.....	49
3.4.1 REQUERIMIENTOS DEL DVR.....	49
3.4.2 CRITERIO DE SELECCIÓN DEL DVR.....	50
3.5 SELECCIÓN DEL MONITOR.....	51
3.5.1 REQUERIMIENTOS DEL MONITOR.....	51
3.5.2 CRITERIO DE SELECCIÓN DEL MONITOR.....	52
3.6 SELECCIÓN DE LA ENERGIZACIÓN DEL SISTEMA CCTV.....	53
3.6.1 ARQUITECTURA PROPUESTA N°1.....	53
3.6.2 ARQUITECTURA PROPUESTA N°2.....	54
3.6.3 ARQUITECTURA PROPUESTA N°3.....	55
3.7 SELECCIÓN DE OPERADORA.....	56
3.7.1 REQUERIMIENTOS DE LA OPERADORA.....	56
3.7.2 CRITERIO DE SELECCIÓN.....	57
3.8 CÁLCULOS DE VELOCIDAD MÍNIMA Y COMPRESIÓN DEL VIDEO.....	61
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE PRUEBAS REALIZADAS.....	63
4.1 DIAGRAMA DE INSTALACIÓN.....	63

4.2 INSTALACIÓN.....	64
4.3 PRUEBAS REALIZADAS .....	65
4.3.1 VELOCIDAD DE SUBIDA DEL MODEM.....	65
4.3.2 VELOCIDAD DE TRANSMISION DE LA OFICINA .....	69
4.3.3 CONFIGURACIONES DE LAS CÁMARAS.....	70
4.4 CAPACIDAD MÁXIMA DE CONFIGURACIÓN DE VIDEO SEGÚN LA RED MÓVIL.....	71
4.5 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE HARDWARE.....	73
4.6 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE SERVICIO MÓVIL .....	74
4.7 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO.....	75
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES .....	78
BIBLIOGRAFÍA .....	79



## Lista de figuras

FIGURA 01. NÚMERO DE ASALTOS EN LAS CARRETERAS DEL 2007 AL 2016 [3].	1
FIGURA 2. DESCOMPOSICIÓN DE UN VIDEO.	10
FIGURA 3. FORMATOS DE RESOLUCIÓN DE UN VIDEO NTSC [17].	11
FIGURA 4. MÉTODO DE COMPENSACIÓN BASADA EN BLOQUES [21].	15
FIGURA 5. PARTE DE UN CABLE COAXIAL [28].	21
FIGURA 6. PARTE DE UN CABLE UTP. FUENTE: ADAPTADO DE [30] [31]	22
FIGURA 7. PARTE DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA. FUENTE: ADAPTADO DE [33].	22
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DE ONDAS DE RADIO [34].	24
FIGURA 09. ENLACE DE DIFUSIÓN VÍA SATELITAL [35].	25
FIGURA 10. ARQUITECTURA DE LA RED GSM. FUENTE: ADAPTADO DE [42].	29
FIGURA 11. ARQUITECTURA DE LA RED UMTS. FUENTE: ADAPTADO DE [44].	30
FIGURA 12. ARQUITECTURA DE LA RED LTE. FUENTE: ADAPTADO DE [44].	32
FIGURA 13. KIT AKD-0474HD MARCA NEXXT SOLUTIONS [46].	33
FIGURA 14. KIT 4 CÁMARAS TURBO HD 720 MARCA HIKVISION [47].	33
FIGURA 15. KIT 4 CÁMARAS HD 720 MARCA DAHUA [48].	34
FIGURA 16. MODEM MARCA HUAWEI [49]	35
FIGURA 17. ROUTER MARCA TP-LINK [50]	35
FIGURA 18. CONCEPTO DE ARQUITECTURA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	37
FIGURA 19. CONCEPTO DE ARQUITECTURA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	38
FIGURA 20. CONCEPTO DE ARQUITECTURA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	39
FIGURA 21. FOTO CON UNA RESOLUCIÓN DE 352*240 PÍXELES CON UNA VELOCIDAD DE 320 KBPS.	41
FIGURA 22. FOTO CON UNA RESOLUCIÓN DE 1280*720 PÍXELES CON UNA VELOCIDAD DE 2048 KBPS.	42
FIGURA 23. FOTO CON UNA RESOLUCIÓN DE 352*240 PÍXELES CON UNA VELOCIDAD DE 32KBPS.	45
FIGURA 24. FOTO CON UNA RESOLUCIÓN DE 352*240 PÍXELES CON UNA VELOCIDAD DE 320KBPS	46
FIGURA 25. FOTO CON UNA RESOLUCIÓN DE 352*240 PÍXELES CON UNA VELOCIDAD DE 120KBPS.	47
FIGURA 26. EMPLEAR UNA DE LAS BATERÍAS DEL CAMIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	55

FIGURA 27. EMPLEAR DOS BATERÍAS DEL CAMIÓN MÁS UN REDUCTOR DC DE 24 VOLTIOS A 12 VOLTIOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	55
FIGURA 28. ZONAS DE COBERTURA DE 3G Y 4G DE LA EMPRESA ENTEL PERÚ SA [51].....	57
FIGURA 29. ZONAS DE COBERTURA DE 3G Y 4G DE LA EMPRESA TELEFÓNICA DEL PERÚ SA [53].....	58
FIGURA 30. ZONAS DE COBERTURA DE 3G Y 4G DE LA EMPRESA AMÉRICA MÓVIL PERÚ SAC [55]. .....	59
FIGURA 31. UBICACIÓN DE TODO EL SISTEMA. FUENTE: ADAPTADO DE [57]. .....	63
FIGURA 32. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL SISTEMA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	64
FIGURA 33. PROCESO DE INSTALACIÓN DEL EQUIPO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	64
FIGURA 34. VELOCIDAD DE SUBIDA VS TIEMPO DEL MODEM FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	66
FIGURA 35. GOOGLE EARTH DE LAS COORDENADAS DEL SITIO Y SU SITE PORTADOR. FUENTE: ELABORACIÓN POR PEDRO HUAPAYA, ENTEL PERU. ....	67
FIGURA 36 .CARACTERÍSTICAS DEL SITE LM_OCHO_CAMPOY FUENTE: ELABORACIÓN POR PEDRO HUAPAYA, ENTEL PERU. .....	68
FIGURA 37. DIAGRAMA DE CONEXIÓN PARA LA PRUEBA FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	68
FIGURA 38. VELOCIDAD DE SUBIDA VS TIEMPO CON CABLE RED. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	69
FIGURA 39. VELOCIDAD DE SUBIDA VS TIEMPO CON WI-FI. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	69
FIGURA 40. PANEL DE CONFIGURACIÓN REMOTA DE LAS CÁMARAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	70
FIGURA 41. PANEL PRINCIPAL DE VISUALIZACIÓN DE LAS CÁMARAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	71

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. TIPOS DE CÁMARAS DE SEGURIDAD. FUENTE: ADAPTADOS DE VARIOS. ....	7
TABLA 02. RELACIÓN FOCAL DELLENTE CON DISTANCIA CUBIERTA. ....	8
TABLA 03. RESUMEN DE TIPOS DE COMPRESIÓN DE VIDEO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	16
TABLA 04. RESUMEN DE TIPOS DE COMPRESIÓN DE VIDEO. ....	27
TABLA 05. CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS OPCIONES DE LAS PROPUESTAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	39
TABLA 06. VENTAJAS Y DESVENTAJAS A OTRAS CONFIGURACIONES DEL VIDEO. ....	43
TABLA 07. CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS OPCIONES DE CÁMARAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	49
TABLA 08. CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS OPCIONES DE DVR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	51
TABLA 09. CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS OPCIONES DE MONITORES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	52
TABLA 10. CUADRO DE CONSUMO DE CORRIENTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	53
TABLA 11. CUADRO DE VELOCIDAD GARANTIZADA PARA NAVEGAR EN INTERNET [52]. ....	58
TABLA 12. CUADRO DE VELOCIDAD GARANTIZADA PARA NAVEGAR EN INTERNET [54]. ....	59
TABLA 13. CUADRO DE VELOCIDAD GARANTIZADA PARA INTERNET. ....	60
TABLA 14. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS OPERADORAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA [56]. .....	60
TABLA 15. CUADRO DE COSTOS DE EQUIPOS Y HARDWARE FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	73
TABLA 16. CUADRO DE COSTOS DE INSTALACIÓN FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	73
TABLA 17. ÍNDICE DE SINIESTRALIDAD RETENIDA RAMOS GENERALES (%) FUENTE: ELABORACIÓN EQUILIBRIUM [59] .....	76

## RESUMEN

En la presente tesis se desarrolla un diseño para implementar un sistema de monitoreo remoto que use la tecnología móvil 3G/4G. Esto se logra a través de un modem, un DVR y cámaras de vigilancia. A continuación, se describe el contenido de cada capítulo de este documento.

En el capítulo 1, se identificará la problemática del robo de mercaderías en las empresas de transporte, a partir de esto se desplegarán los requerimientos de la empresa para este servicio. Asimismo, se planteará los objetivos y se definirá el alcance.

En el capítulo 2, se realizará un estudio de los distintos estándares de compresión de video, la comunicación y arquitectura de las tecnologías 2G, 3G y 4G, y estudio de los sistemas de monitoreo que existen en la actualidad.

En el capítulo 3, se planteará tres soluciones diferentes y se analizará cuál es la que cumple con los requerimientos de la empresa. Seguido de la justificación de selección de cada componente del sistema. Un análisis de la configuración de video para el almacenamiento interno y para transmitir en vivo. Asimismo, se determinará el número máximo de cámaras a transmitir dentro de la red móvil cuando se encuentre la flota dentro de una misma ubicación.

Finalmente, en el capítulo 4 se analizarán de manera experimental los valores de velocidad de transmisión del modem y de la oficina, con el fin de determinar si es que la red móvil soporta las configuraciones del video. Por otro lado, existe un caso que será analizado donde pueda existir saturación de una celda. Asimismo, se presentarán los costos del diseño e implementación del sistema y se exhibirán las conclusiones y recomendaciones de la presente tesis.



## CAPÍTULO I: MARCO PROBLEMÁTICO DE EMPRESAS DE TRANSPORTE

### 1.1 CONTEXTUALIZACIÓN

Existen cada año más empresas en el Perú, según el Ministerio de la Producción a finales del año 2017 se registró 2'303,662 empresas entre micro, pequeña, medianas y grandes [1]; de las cuales, sólo el 4.60% pertenecen al rubro de transporte de cargas generales [2]. Por otro lado, el 2016 la policía registró un aproximado de 124 asaltos en carreteras a empresas de transporte, sin contar los robos no reportados y los realizados en la ciudad [3]. El robo sigue siendo un gran temor para las empresas que se dedican a este negocio, ya que ha sido la causa de quiebra de muchas empresas. Es por esta razón, que las compañías de transporte instalan GPS, cámaras y medidores de combustibles con el único fin de reducir la probabilidad de sufrir una pérdida por robo.

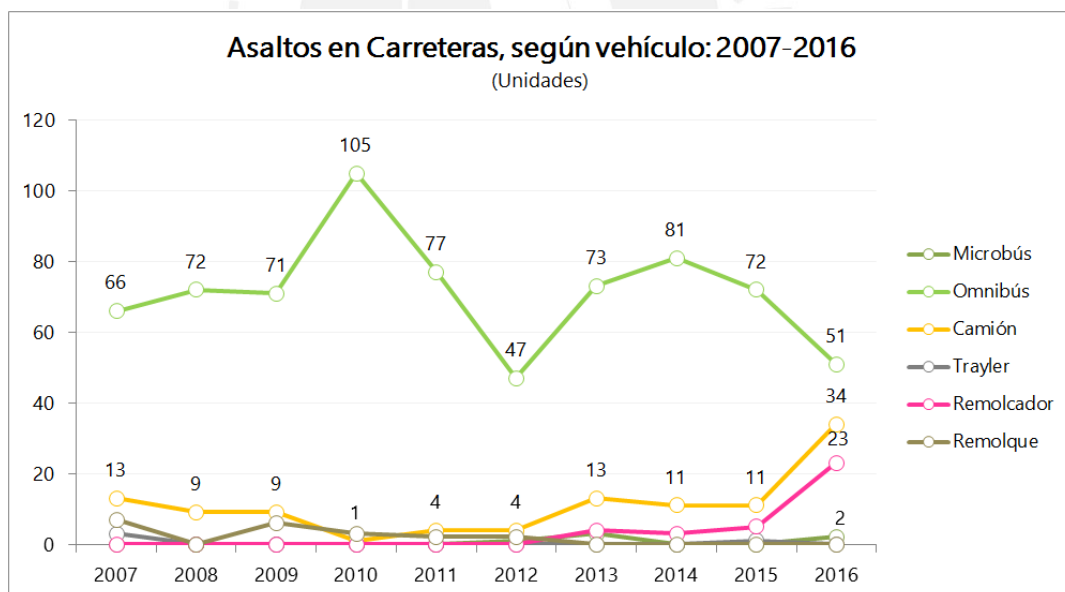


Figura 01. Número de asaltos en las carreteras del 2007 al 2016 [3].

Los robos se pueden clasificar en robos externos y robos internos. Los robos externos se realizan cuando una persona ajena a la empresa realiza el siniestro. Esto puede ser controlado con el uso de GPS, cámaras y botones de pánico; sin embargo, la situación es diferente cuando es un robo a mano armada. Los agresores buscan asolar a los trabajadores de

manera que las autoridades no puedan reaccionar inmediatamente ante la tragedia. Por otro lado, los robos internos se realizan cuando los mismos trabajadores de la empresa son los autores del hurto. Por ejemplo, cuando se realiza un flete no autorizado (alquiler del transporte para una carga), que el chofer maneje la mercancía sin cuidado. Para evitar esta última clase de robo se necesita una cámara que transmita el trabajo del chofer en tiempo real durante todo su recorrido.

Según el gerente general de la empresa Expreso D3 SAC, el Sr. David Fernando Naranjo Guevara, han existido diez robos desde el 2009 hasta la fecha. Muchos de ellos, por los siguientes motivos: un asalto a mano armada de todo el camión por un monto mayor a 80 mil nuevos soles; siete aperturas de puertas del camión en movimiento en las carreteras, las cuales suman un total de 133 mil nuevos soles; varios productos que misteriosamente desaparecieron, los cuales ascienden a un monto de 50 mil nuevos soles y un asalto mientras el personal almorzaba, por un monto de 30 mil nuevos soles [4].

Es cierto que existen aseguradoras de mercancías; sin embargo, algunos transportistas tienen como clientes a grandes empresas, como Carsa, Efe o llevan como mercadería valoradas en un alto precio. Por lo cual para contratar un seguro de terceros por transporte de mercadería está oscilando entre 800 mensual y el monto que cubre oscila entre el millón, es por el precio elevado que no se puede contar con esta opción. Una de las maneras para justificar es buscar más ingreso con nuevos servicios o con un aumento porcentual por el cobro del servicio.

Otro camino que puede ser explorado para disminuir este riesgo es la inversión en la innovación tecnológica en la seguridad. Este es un importante factor en el crecimiento de una empresa. Con la transmisión en tiempo real de video se podrá informar de manera rápida cuando se sufra

un robo a mano armada o evitar que se haga un mal uso al camión y/o mercadería.

Las ventajas de contar con un circuito cerrado de televisión o CCTV que permita la transmisión de video en el transporte de cargas son: poder monitorear lo que sucede dentro del vehículo en tiempo real y; ante cualquier situación, comunicarse con los trabajadores o las autoridades; permitir almacenar lo grabado en un disco duro o en tarjetas de memoria SD, para la futura reproducción de lo ocurrido fechas anteriores o utilizar el material como prueba delictiva; mejorar la productividad del personal al saber que hay alguien en control; y obtener los beneficios de una supervisión sin el costo de enviar una persona [5] .

El objetivo de este tema de investigación es analizar e implementar un sistema de monitoreo de seguridad usando transmisión de video. Este sistema contará con cámaras de video, “sim cards” de la operadora que provea la mayor velocidad de transmisión (3G o 4G), tarjetas de memoria o disco duro para almacenar la información necesaria y además cumpla con los requerimientos del usuario.

### **1.2 OBJETIVOS**

En esta sección se describe el objetivo general de la tesis y los objetivos específicos necesarios para alcanzarlo.

#### **1.2.1 OBJETIVOS GENERALES**

Diseñar e implementar un sistema de transmisión de video-vigilancia que permita supervisar las actividades realizada por los trabajadores durante el traslado de mercadería de la empresa Expreso D3 SAC.

#### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Analizar los requerimientos de la empresa para brindar una solución a su medida.

- 2) Estudiar e identificar las distintas tecnologías existentes para transmitir video.
- 3) Analizar las estadísticas de transmisión en la red celular, tanto en WCDMA como en LTE de las distintas operadoras.
- 4) Investigar y seleccionar el modelo de cámara de vigilancia que satisfaga los requerimientos del sistema.
- 5) Desarrollar pruebas de campo de conexión para la transmisión de datos en los distintos operadores y analizar los resultados de esta transmisión.

### **1.3 ALCANCE**

Según lo mencionado anteriormente, el objetivo general del proyecto es implementar un sistema de vigilancia que se pueda monitorear desde una computadora o un teléfono móvil. Como se usará la red móvil de Movistar, Claro, Entel o Bitel; dependerá de las capacidades técnicas de la empresa para que la transmisión sea lo más cercano al tiempo real.

Lo que se va a plantear en este tema de estudio será un diseño del sistema de video vigilancia remota y sus componentes que permita alcanzar el objetivo propuesto en la tesis. Finalmente, la interacción gráfica entre el usuario y el sistema se basará en los recursos provistos por el programa asociado al sistema de vigilancia.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA REMOTO**

### **2.1 PRESENTACIÓN DEL ASUNTO DE ESTUDIO**

Para este tema de investigación se hablará principalmente sobre la transmisión de video a través de la red móvil. Existen distintas cámaras del tipo IP; es decir, que envían imágenes a través de internet o intranet sin necesidad de un ordenador, pero requieren de conexión a un punto de acceso. Por otro lado, existen pocos ejemplos sobre cámaras que utilizan la red 3G y 4G directamente y que transmitan lo que se están grabando. También, se evaluará la presencia de los estándares vigentes con los cuáles se consigue mejorar la eficiencia de compresión de video.

Se empezará por describir los dos tipos de sistemas de monitoreo de seguridad; luego, se verá a detalle el estudio de la compresión de video. Posteriormente, la transmisión de video y los diferentes protocolos que existen. Además, se hablará de la transmisión de datos, donde se verá el tipo de información y el medio para transportarla. Finalmente, se estudiará la telefonía móvil, donde se observará el funcionamiento y arquitectura de las tres últimas tecnologías.

### **2.2 ESTADO DEL ARTE**

#### **2.2.1 SISTEMAS DE MONITOREO DE SEGURIDAD**

Los sistemas de monitoreo de seguridad se crean como una herramienta de suma importancia en la lucha contra la violencia y delincuencia en el Perú y el mundo. Este servicio es usado en las residencias, comercios e industrias con el fin de tener un mayor control y supervisión de las actividades laborales.

Existen dos tipos de sistemas de monitoreo: circuito cerrado de televisión (CCTV) y circuito abierto de televisión (OCTV). El CCTV es un sistema

compuesto por cámaras, un grabador de video y un monitor que transmiten la señal únicamente a un grupo de personas, por eso se le denomina un conjunto cerrado y limitado. Este servicio es mayormente utilizado en la vigilancia y seguridad de industrias [6]. El OCTV está compuesto por los mismos elementos, pero transmite la información a línea abierta; es decir, el video será transmitido codificado y cualquiera que cuente con el decodificador del video podrá monitorearlo.

### **2.2.1.1 SISTEMAS CERRADOS DE TELEVISIÓN**

Este sistema se compone de tres partes principales: una cámara o dispositivo captador de imágenes; un DVR o grabador de video digital y un monitor o televisor. Un sistema CCTV se puede instalar cuando se requiera una vigilancia centralizada (en un local) o distribuida geográficamente (en varios locales). Se debe tener en consideración que un sistema con un DVR se aprovecha mejor cuantos más canales sean utilizados, es decir si el sistema sólo cuenta con una o dos cámaras, podría ser más recomendable el uso de cámaras IP por el bajo costo. Sin embargo, cuando haya un problema en la red, la cámara no podrá transmitir y, lo que es más grave, dejará de grabar [7].




Por otro lado, no se puede negar que la tecnología también ha ido mejorando en relación con los elementos principales de un CCTV. Por ejemplo, las cámaras no podían grabar en la oscuridad antes del año 1960 [8], mientras que ahora cuentan con iluminación infrarroja que les permiten grabar en la noche; el DVR antes contaba con un número limitado de puertos para las cámaras; en cambio, ahora pueden contar con hasta 64 puertos [9]. Además, los grabadores de video ya no disponen de una memoria de 250 Megabyte, sino tienen un alto nivel de almacenamiento (cerca de 8 Terabyte). A continuación, se verá a detalle estos tres elementos del CCTV.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA MONITOREADO

A) Cámara: Existe una gran variedad y modelos de cámaras para la seguridad y vigilancia en un negocio y/o residencia. La selección de la cámara influenciará directamente en la calidad y resolución de la imagen final. Es importante resaltar que, la fuente de alimentación de estas cámaras normalmente es de 12 voltios. Algunas características principales de una cámara que se tomarán en cuenta para la selección de la misma son las siguientes:

- Sensor de imagen.
- Compresión de video.
- Energía y consumo.
- Relación focal del lente con alcance.

Tabla 1. Tipos de cámaras de seguridad.  
Fuente: Adaptados de varios.

N°	Tipo	Características	Figura
1.-	De interior	No necesitan una carcasa o visión nocturna ya que suele haber iluminación. La mayoría de ellas cuenta con la opción de poder visualizar lo grabado en un ordenador.	
2.-	Infrarroja	Percibe la radiación infrarroja que emiten los cuerpos. Dentro del espectro electromagnético se encuentra en el rango de 0.7um a 14 um [10].	
3.-	Bala	Cuentan con lente varifocal que le permite ajustar el campo de visión. Además de ser cámara de largo alcance [11].	

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA MONITOREADO




4.-	IP	Sin cableado y con antena. Tiene la ventaja de transmitir lo grabado por internet y poder ser controlado remotamente [12].	
5.-	PTZ y PT	Tienen un amplio rango de visión. Su rango máximo de paneo es 350° y de cabeceo 60°. Estas cámaras son de uso externo y son resistentes al agua [7].	
6.-	Ocultas	Normalmente se ocultan en otros tipos de sensores. Como los detectores de humo.	

Tabla 02. Relación focal del lente con distancia cubierta.

Lente focal (Milímetro)	2.8	3.6	4	6	8	12	16
Distancia (Metros)	3	5	6	10	20	35	60

B) Grabador: Existen eventos donde es necesario revisar las imágenes captadas con anterioridad, donde la calidad y fácil disponibilidad resultan ser dos características fundamentales para una correcta evaluación de lo sucedido. Los grabadores de video digital o DVR, por sus siglas en inglés, están compuestos por tres elementos principales: un multiplexor, el cual es un circuito digital que combina múltiples entradas (en este caso cámaras de video) a una sola salida (en este caso un monitor); disco duro, capacidad que tiene éste para almacenar imágenes; el software, que brinda distintas formas para el tratamiento de imágenes recibidas y todo lo referente a la interacción con el interfaz del monitor.



En este proyecto el almacenamiento será solo digital, debido que a la secuencia de imágenes o video pueden ser tratados con redundancia temporal o espacial y aplicar diferentes estándares de compresión de video, cuyos conceptos más adelante se explicarán. Estos permiten recuperar la información con una calidad aceptable [7]. Algunas características principales de un DVR son las siguientes:

- Cantidad de cámaras que acepta el equipo.
- Capacidad de almacenamiento que admiten
- Entrada para grabación de audio y video.
- Formatos de resolución de video.

C) Monitor: Es un dispositivo electrónico que permite la visualización de las señales de video. Este no incluye sintonizador ni altavoces. Se debe tener ciertas consideraciones como ubicar el monitor en una posición que no dificulte la visión del conductor. Algunas características principales de un monitor son las siguientes:

- Resolución
- Líneas de resolución.
- Entrada y salida
- Consumo de potencia

### **2.2.1.2 SISTEMAS ABIERTO DE TELEVISIÓN**

El sistema OCTV cuenta con un número de espectadores ilimitado y con los mismos componentes que un sistema CCTV. La diferencia es que el OCTV usa encriptación cuando se publica lo grabado y cualquier público interesado puede acceder a ella. Por ejemplo, en las técnicas de vigilancia IP, las cámaras comienzan con un guardado de video analógico para, luego, ser convertido en una señal digital y, seguidamente, se comprime para que pueda ser transmitido. Posteriormente, transmiten lo grabado a internet a través de una conexión local [13].

## 2.2.2 COMPRESIÓN DE VIDEO

La compresión de video, al igual que la percepción humana, puede determinar qué información puede ser descartada, a fin de reducir el tamaño o espacio del video sin afectar la calidad del mismo. Un pixel es la unidad mínima del área de una imagen, la cual está representada por un conjunto de bits. Las técnicas de compresión realizan dos tareas: reducir o comprimir el número de bits necesarios para representar cada píxel y disminuir el ancho de banda requerido para transmitir la secuencia de imágenes [14].

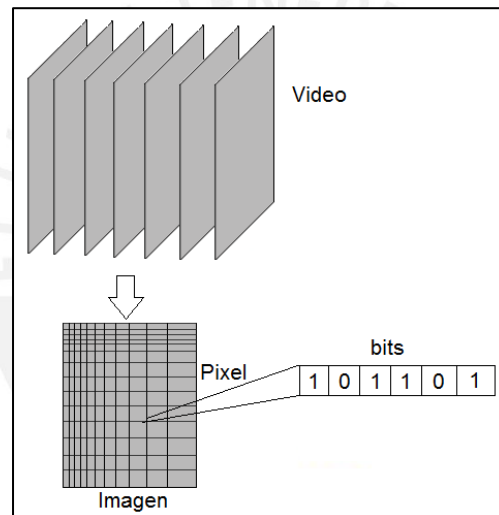


Figura 2. Descomposición de un video.

Fuente: Elaboración propia.

Los estándares de compresión de video se han normalizado a nivel mundial para asegurar la compatibilidad en la reproducción y que los nuevos algoritmos tengan un papel relevante cuando se debe comprimir un video. La mayoría de los proveedores de video utilizan técnicas de compresión estándar en la actualidad. A continuación, se expondrán algunos de ellos.

**a) H.261**

H.261 fue desarrollado para aplicaciones de videoconferencia y videotelefonía, donde las imágenes tienen poco movimiento y el formato tiene poco ancho de banda. El algoritmo de codificación que utiliza es similar, pero incompatible con el del estándar MPEG [15]. Posee un algoritmo que mejorará el uso del ancho de banda mediante la interacción entre la calidad de la imagen y la fluidez del movimiento; es decir si un video contiene imágenes que no se parecen entre ellas, este tendrá una baja calidad, debido a que el H.261 se basa en el flujo de la información y no en una calidad de imagen constante. El almacenamiento de esta técnica de compresión es mayormente usado en CD-ROM. Las velocidades de transmisión que permite este estándar son básicamente de 64 Kbit/s, 384 Kbit/s y 1.5 Mbit/s [16].

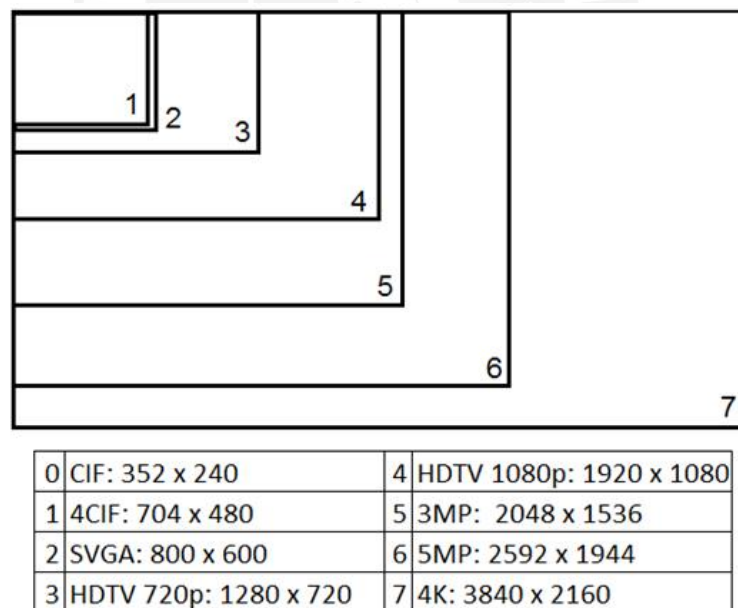


Figura 3. Formatos de resolución de un video NTSC [17].

Fuente: Adaptado de [18].

En los años 80 surgió un grupo de expertos cuyo propósito era definir un conjunto de formatos de codificación utilizados para el almacenamiento de información audiovisual por el internet. Este grupo se llama: Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento o MPEG por sus siglas en inglés. El sistema desarrollado funciona perfectamente con equipos que puedan manejar una gran velocidad de compresión y descompresión [15].

A fin de transmitir la señal a las redes digitales este formato debe contar con la información ya almacenada, debido a que usa la estimación de movimiento bidireccional. Este último se basa en contrastar los fotogramas o imágenes posteriores y anteriores para la predicción del cuadro presente y así lograr una mayor compresión [15].

### **b) MPEG-1**

El estándar MPEG-1 fue desarrollado para fotogramas o imágenes que estén en constante movimiento. Basado en la transformada discreta del coseno (TDC), la imagen es descompuesta en sumas de cosenos para emplear compensación de movimiento. Este algoritmo está orientado al almacenamiento de videos en CD-ROM y permite una resolución de 352x288 pixeles y una velocidad de transmisión del orden de 1.5 Mbit/s con audio de 128-334 Kbit/s [15]. Existen tres tipos de imágenes en MPEG [16]:

- Imágenes I: Son imágenes donde se aplica la codificación intracuadro; es decir, que se aplica únicamente la redundancia espacial. Esta redundancia tiene lugar dentro de cada fotograma, donde los bloques o cuadros que no tengan gran variación pueden ser transmitidos con un pixel representativo, mientras que el resto puede codificarse como la diferencia respecto a este. Este método también es llamado “codificación intracuadro” [16].

- Imágenes P: Es el resultado de la codificación entre la diferencia de una imagen anterior y una imagen actual. Si existe una semejanza entre estas dos imágenes, se puede aplicar esta codificación. Alcanza una tasa de

compresión superior a la codificación intracuadro; sin embargo, estas técnicas no pueden ser usadas al mismo tiempo. Este método también es llamado “codificación predictiva” [16].

- Imágenes B: Esta técnica implica que los fotogramas actuales se calculan en base a los cuadros anterior y actual. Estos cuadros se emplean para aumentar la eficiencia de compresión y la calidad de la imagen percibida cuando la latencia de codificación no es un factor importante. También llamada “codificación bidireccional predictiva” [16].

### **c) MPEG-2**

Inevitablemente todas las compresiones de video deben eliminar información redundante, las cuales no son necesarios para que se pueda percibir un video de buena calidad. El MPEG-2 está orientado a aplicaciones de televisión donde se requiere imágenes de alta calidad sin incrementar la tasa de bits. La sincronización y el multiplexado son mejor que la anterior versión debido a que permite el manejo de otros videos y/o audios. Las velocidades de transmisión con MPEG-2 varía, aproximadamente, entre 3 a 8 Mbits/s, mientras que el esquema de compresión de audio es similar al de MPEG 1 [19].

### **d) MPEG-4**

El estándar MPEG-4 es orientado a aplicaciones multimedia interactivas, así como la de multimedia con la compresión digital de audio y video. Es un formato diferente al resto, cuenta con un ancho de banda entre los 2 Mbps a 4 Mbps [15]. A diferencia de MPEG-1 y MPEG-2 que fueron diseñados para una mejor compresión, el MPEG-4, además de cumplir su función de comprimir, posee nuevas funciones, como brindar servicio a usuarios inalámbricos y estáticos, acceso a bases de datos, servicios interactivos, entre otros.

Por otro lado, el MPEG-4 se divide en 28 partes que cubren un determinado aspecto de la especificación. Cuando se menciona este

estándar en aplicaciones de video vigilancia, normalmente nos referimos a MPEG-4 Parte 2, también conocido como MPEG-4 Visual [19]. Las velocidades de transmisión con MPEG-4 varían, aproximadamente, entre 8 a 10 Mbits/s.

### **e) MPEG-7 y MPEG-21**

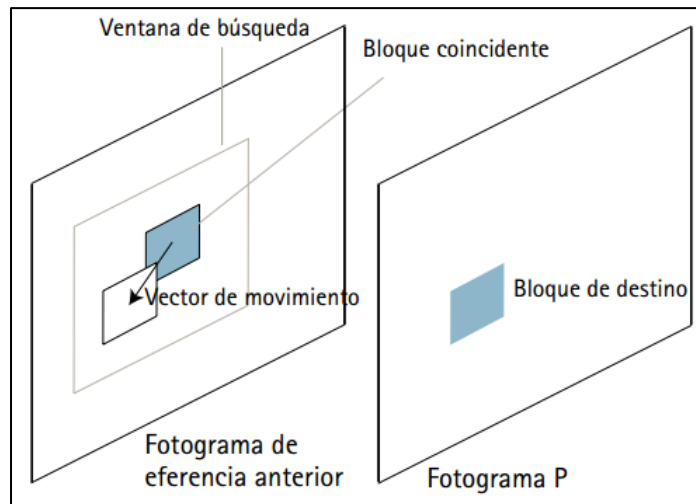
El MPEG-7 está orientado al uso de metadatos (descripción de datos sobre datos) televisores interactivos y contenidos audiovisuales, donde su principal característica es codificar en lenguaje XML para favorecer la interoperabilidad y la creación de aplicaciones. También hace uso del compresor BIM, debido a que el formato XML suele de gran tamaño. Por otro lado, el MPEG-21 está orientado al marco de multimedia. Su característica principal circulará con respecto a los usuarios de poder realizar el envío y consumo de contenido multimedia dentro de este marco. Además, realiza un análisis para proteger el contenido de posibles copias. [20]

### **f) H.264**

También denominado MPEG-4 Parte 10 para codificación de video avanzada. Más eficiente en la reducción de tamaño, de hasta un 50%, frente a un MPEG-4 Parte 2, lo que significa que requiere menos ancho de banda y espacio para el almacenamiento, brindando ventajas económicas. Este formato de H.264 es utilizado más en aplicaciones donde se produzca mucho movimiento y se necesite resoluciones altas, como, por ejemplo: carreteras, centros comerciales y casinos.

Este estándar usa la codificación diferencial, la cual compara con la imagen posterior y la de referencia. Sólo los píxeles que se codifican son los que han cambiado respecto a la imagen de referencia. De esta manera se reduce el número de píxeles que se deben de codificar y enviar. Sin embargo, cuando se produzca mucho movimiento en el video no podrá aplicarse esta codificación, pero sí la compensación de movimiento basada en bloques. Este método consiste en que un bloque de pixeles de un

fotograma actual puede ser comprimido si ese mismo bloque se repite en el siguiente fotograma. El H.264 además cuenta con un filtro de eliminación de bloques en bucle que suaviza el contorno de estos con intensidad adaptativa a fin de eliminar el defecto por el pixeleado en las imágenes



[21]. Este estándar alcanza una resolución de 1920x1080 píxeles y la velocidad de transmisión varía, aproximadamente, entre 1 a 10 Mbits/s.

Figura 4. Método de compensación basada en bloques [21].

### g) H.265

También llamado codificación de video con alta eficiencia la cual es la sucesora del H.264 y MPEG-4. Lo que realiza esta compresión es aumentar el tamaño de los macrobloques hasta 64x64 píxeles. Según indica el "" es capaz comprimir un archivo con las mismas características en la mitad del espacio que el h.264. Además, esta codificación acepta hasta 8K a 300fps. Lo cual está favoreciendo mucho a las empresas ya que obtienen varios videos con una gran calidad y ocupa un menor espacio.

**f) CUADRO RESUMEN**

Tabla 03. Resumen de tipos de compresión de video.  
Fuente: Elaboración propia

	Usuario	Método de compresión	Velocidad de Transmisión	Resolución de Video	Observaciones
H.261	Aplicaciones de Video conferencias	Espacial	64 Kbps, 384 Kbps, 1.5 Kbps	QCIF Y CIF (325x240)	Videos de pocos movimientos.
MPEG-1	Orientado a sustituir las cintas de video VHS usando CDs	Temporal - espacial	Video: 1.5 Mbps Audio:128-334 Kbps	325x240 (CIF) pixeles	Optimizado para CD-ROM
MPEG-2	Orientado para televisión donde existe movimiento y exige mayor calidad	Uso de transformada (DCT)	Video: 3 - 8 Mbps Audio:128-334 Kbps	720x480 pixeles hasta 1920 x 1152 pixeles	Dirigido para DVD, Digital TV y HDTV.
MPEG-4	Adaptar la información de video a las redes de telefonía	Uso de DCT (transformada) y predicción	5Kbps a 10 Mbps	720x480 pixeles o QCIF hasta TVHD	Menor velocidad de trasmisión y dirigido para HDTV.
MPEG-7	Etiquetar descripción mediante metadatos	Compresor BIM	Hasta 25 Mbps [19].	720x480 pixeles o QCIF hasta TVHD	Uso del BIM cuando se quiera menos tamaño del contenido.
H.264	Orientado a video vigilancia y aparatos electrónicos	Uso de DCT (transformada) y predicción	1 a 10 Mbps	1920x1080 pixeles	Reduce en un 40% a un MPEG-4 en espacio
H.265	Orientado a videos	Uso de DCT (transformada) y predicción	Hasta a 30 Mbps	8192x4320 pixeles	Reduce en un 50% a un H.264 en espacio.



### 2.2.3 VIDEO STREAMING

El video en tiempo real o video streaming (en inglés) permite la transmisión y recepción de imágenes y sonidos de forma continua a través de la red LAN, WAN, MAN o inalámbricas. El video se puede visualizar en el servidor conforme se vaya almacenando la información. Esto es debido que se cuenta con un buffer donde se carga y se va mostrando lo que previamente se cargó; si en un momento existe una congestión en la red y dejase de cargar nueva información, está muestra los datos almacenados. De esta manera conforme se vaya cargando la información al servidor, el cliente siempre va a poder obtener datos. [19].

El video streaming es un servicio que involucra el uso de redes de comunicación para el envío de información. Esta se puede llevar a cabo mediante la conmutación de paquetes o conmutación de circuitos. La conmutación de paquetes permite el soporte de sesiones punto a multipunto, mientras que la conmutación de circuitos está limitada a sesiones de punto a punto. Ambas permiten emplear herramientas para brindar un servicio eficaz y inequívoco, el cual puede darse de forma local o remota [22]. Existen tres tipos de transmisión cuando dos dispositivos se comunican en la red:

- Unicast: Cuando la información es transmitida de una sola fuente a alguien en específico; es decir, de un punto a punto. Predomina dentro de las redes LAN y redes IP [23].
- Broadcast: Cuando la información es transmitida de un solo emisor a todos los receptores que estén conectados en la red; es decir, de punto a multipunto [23].
- Multicast: Es una versión mejorada del broadcast donde solo se transmite a los puntos que se desee. Una de sus ventajas es que el ancho de banda de la red puede ser usado de una manera más eficientemente [23].

Además del tipo de transmisión, existe un conjunto de reglas establecidas que definen la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación. A este conjunto de reglas se les llama protocolos. Para la transmisión de video, debemos evaluar los protocolos en las diferentes capas del modelo OSI (Open Systems Interconnection), estos incluyen:

- capa de transporte, donde se obtiene los datos;
- capa de sesión, donde se organiza la actividad para la transmisión;
- capa de presentación, donde se maneja la información que irá de la red a la aplicación; y
- capa de aplicación, donde se interactúa entre la aplicación a la red.

A continuación, se describirá los distintos protocolos para la transmisión de datos en tiempo real.

### **2.2.3.1 PROTOCOLOS**

**TCP:** Protocolo de Control de Transporte, el cual posee mucho retardo por su campo de control. Este garantiza la entrega de datos mediante confirmaciones y establece una relación entre los hosts. Los programas que usan este protocolo son de una fuente confiable cuando transportan datos. Una de las desventajas del TCP es que la comunicación es más lenta que el UDP, ya que solo admite comunicación punto a punto [23] .

**RTP:** Protocolo de Transporte en Tiempo Real, orientado exclusivamente a la transmisión de datos vía IP gracias a sus características de performance y sincronización. Este provee distintos campos de datos que no están presentes en el protocolo TCP (Protocolo de Control de Transporte, el cual posee mucho retardo por su campo de control), en especial el "Timestamp" y el número de secuencia. Con estos datos y el uso de un multiplexor es posible controlar el orden de los paquetes, a fin de que puedan ser transmitidos en el orden y velocidad correcta RTP aplica estrategias como las siguientes: si la velocidad de conexión es baja, entonces la ratio de transmisión de data de la media se transmite en baja calidad. Por el

contrario, si la transmisión es rápida entonces la transmisión solo depende del número y ancho de banda de la transmisión. Este protocolo funciona sobre el protocolo UDP [23].

**RCTP:** Protocolo de Control en Tiempo Real, el cual se usa para el control de RTP y una comunicación cliente-servidor bidireccional. Envía retroalimentación sobre la calidad de cómo a los clientes les llega la información, a fin de conocer los paquetes perdidos o la sincronización de datos. Estos datos estadísticos pueden ser usados para mejorar la transmisión cambiando la tasa de bits en una hora pico y así controlar el tráfico de la red [14].

**RTSP:** Protocolo de Streaming en Tiempo Real, orientado para el control de datos en la transmisión. Su función principal es el control de rendimiento en los servidores de transmisión. Ofrece un control VCR al usuario: play, stop, pause, options, record, entre otros; también, brinda acceso a cualquier parte del video. Este protocolo ajusta el ancho de banda según el estado de la congestión en la red, y elige el canal óptimo para el cliente. Adicionalmente, permite emitir peticiones durante la interacción, tanto al cliente como el servidor [24].

**UDP:** Protocolo de datagramas de usuario, está orientado a transportar datos de forma rápida, compacta y no confiable. Dicha comunicación se realiza sin conexión y no verifica la secuencia de los datagramas. Los datagramas son los mensajes que se envían a las aplicaciones informáticas, si se desea que la comunicación sea confiable y con conexión es mejor que se use TCP (Protocolo de Control de Transporte) [25].

## **2.2.4 TRANSMISIÓN DE DATOS**

Existen cuatro elementos para que exista una transmisión de información: emisor, mensaje, canal y receptor. La transmisión de datos consiste en transmitir o enviar información codificada por medio de señales eléctricas, ópticas, electroópticas o electromagnéticas a un receptor para que pueda ser decodificada. Este presenta tres tipos de topologías: punto a punto, punto a multipunto o multipunto a multipunto. A continuación, se verán conceptos básicos que se deberían tomar en cuenta y que pueden afectar la transmisión.

- Ancho de banda: Rango de frecuencias que se puede transmitir por un medio. Este determina el número de paquetes que se puede enviar en un lapso de tiempo.
- Atenuación: Se le llama a la disminución de la señal por los factores naturales o del medio físico que se transmite. Suele ser expresado en decibelio.
- Ruido: Infiltración de señal no deseada en la señal original, puede ser por medio térmico, impulsivo, diafonía, entre otros. Por ejemplo, para este documento se presenta ruido diáfano en el cableado de par trenzado.

### **2.2.4.1 MEDIOS GUIADOS**

Se les denomina medios guiados porque utilizan un material físico para transmitir o recibir la información. Dentro de este grupo los más utilizados son los siguientes:

El primero es el cable coaxial que consta de un conductor central, material dieléctrico, blindaje para la referencia a tierra y corrientes parásitas, y una cubierta externa (adentro hacia afuera). Posee dos características que le permiten ser una excelente opción para transmisiones de hasta 450 metros: la atenuación baja y resistencia a interferencias electromagnéticas [26]. La velocidad de transmisión en una red estándar es de 10 Mbps y su ancho de banda es hasta 350 MHz [27].

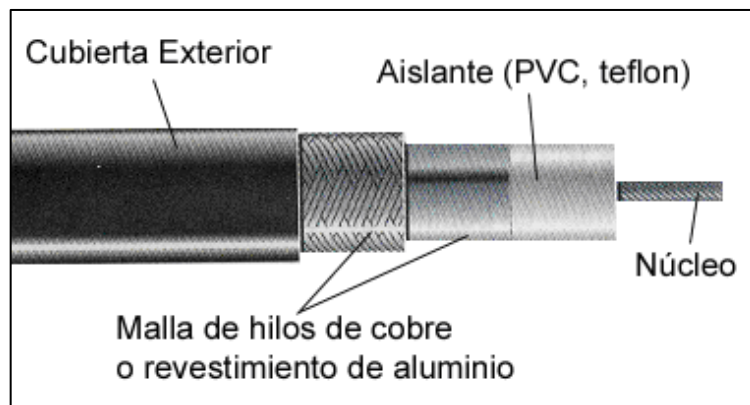


Figura 5. Parte de un cable coaxial [28].

El segundo, el cable UTP o también llamado cable de red. Este es el cable ideal para redes estructuradas y es especialmente usado en las redes de área local (LAN) por su capacidad de transportar señales sin requerir de repetidores. Este cable consta de cuatro pares de hilos de cobre aislados (0.43 centímetros c/u) trenzados, que juntos mejoran la transmisión de datos. Además, ofrece protección contra las interferencias electromagnéticas, aunque, por lo general, no como un cable coaxial; debido a que los pares trenzados hacen uso del “efecto de cancelación”, reduciendo así la degradación de la señal. Puede alcanzar una distancia de hasta 100 metros sin que éste presente mucha pérdida de información [29]. La velocidad de transmisión en una red estándar es de 100 Mbps y su ancho de banda promedio es de 250 MHz [27].

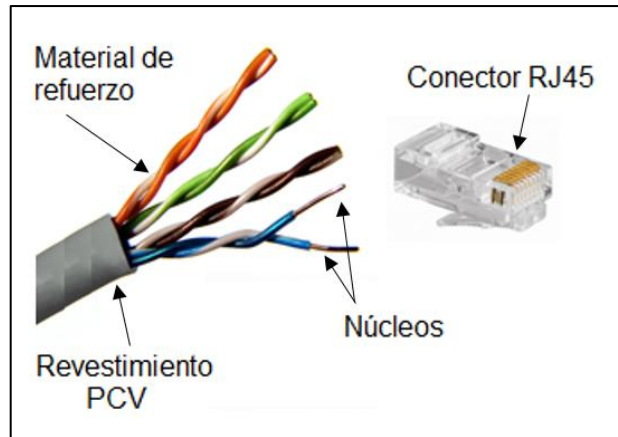


Figura 6. Parte de un cable UTP.  
Fuente: Adaptado de [30] [31]

Finalmente, el cable de fibra óptica es ligero con un diámetro de 0.1 milímetros aproximadamente. Inmune a la interferencia electromagnética y muy difícil de interceptar. Este cable consta de varias fibras que componen el núcleo, un revestimiento y la cubierta. [26]. La velocidad de transmisión en una aplicación WAN y dependiendo de la distancia puede llegar de 100 Mbps a 10 Gbps y su ancho de banda es superior al del cable UTP y coaxial [32].

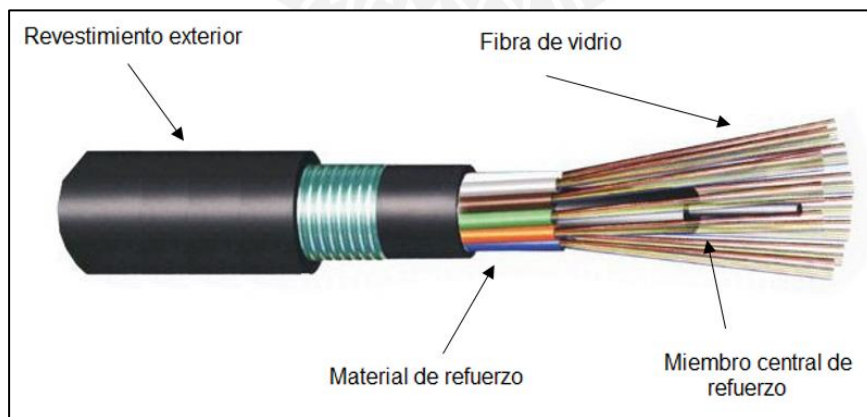


Figura 7. Parte del cable de fibra óptica.  
Fuente: Adaptado de [33].

### 2.2.4.2 MEDIOS NO GUIADOS

Se les denomina medios no guiados porque son independientes del uso de cables y transmiten su señal de manera inalámbrica. Hacen uso de ondas electromagnéticas, las cuales abarcan todo el espacio exterior, como el aire; además, reduce el costo de implementación. Hay distintas ondas electromagnéticas que ocupan diferentes rangos de frecuencia con el fin de evitar interferencias. Las de baja frecuencia son usadas para longitudes de onda larga y las de alta frecuencia para longitudes de onda corta. Dentro de este grupo se encuentran las siguientes:

- Ondas de radio: Las ondas de radio son omnidireccionales, es decir emiten radiación en forma dispersa, en varias direcciones, y puede ser recibida por varios receptores. Puede viajar largas distancias y penetrar edificios sin problema, es por ello que el transmisor no necesita estar alineado con el receptor. Estas ondas dependen de dos variables importantes para que no se produzca interferencia con otros servicios: frecuencia y tipo de antena. A bajas frecuencias tiene mayor penetración, sin embargo, la potencia se ve afectada mientras más alejado de la fuente se encuentre. A frecuencias altas no tiene mucha penetración, pero la potencia no decrece drásticamente conforme se vaya aumentando la distancia [34]. Por último, se presenta más atenuación en las frecuencias altas que en las bajas.

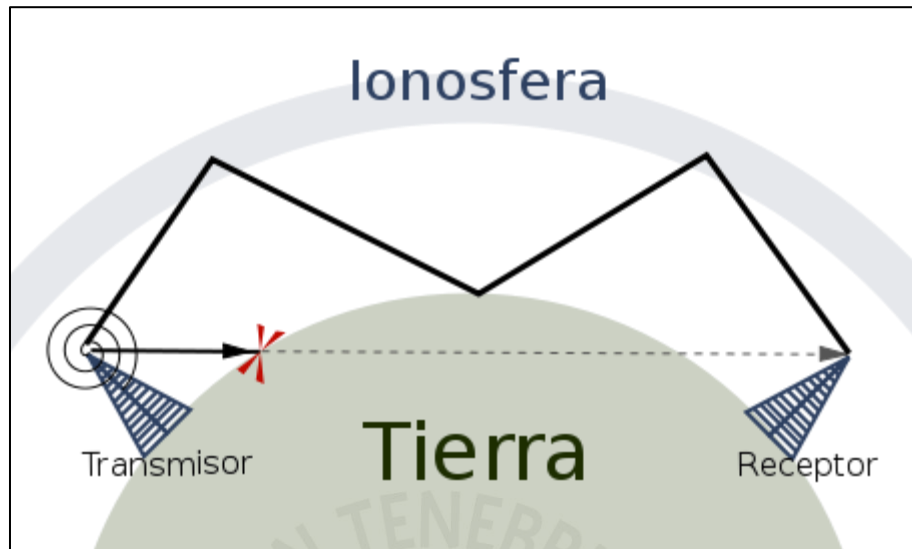


Figura 8. Distribución de ondas de radio [34].

- **Satelital:** El satélite es una estación que retransmite señales microondas. El emisor transmite la señal en una banda de frecuencia o canal ascendente para que, luego, el satélite amplifique y retransmita el mensaje en una diferente banda de frecuencias o canal descendente. Su funcionamiento requiere que las antenas receptoras y emisoras, estén alineadas, en todo momento; a este método se le llama *propagación por línea*. Es debido a esta necesidad que se requiere de satélites que se muevan a la misma velocidad angular que la tierra, a fin de asegurar una comunicación constante. A estos satélites se les denomina geoestacionarios y sus principales características son: su amplia cobertura, incluso a los puntos distantes y la posibilidad de conexión con un gran número de puntos [34].



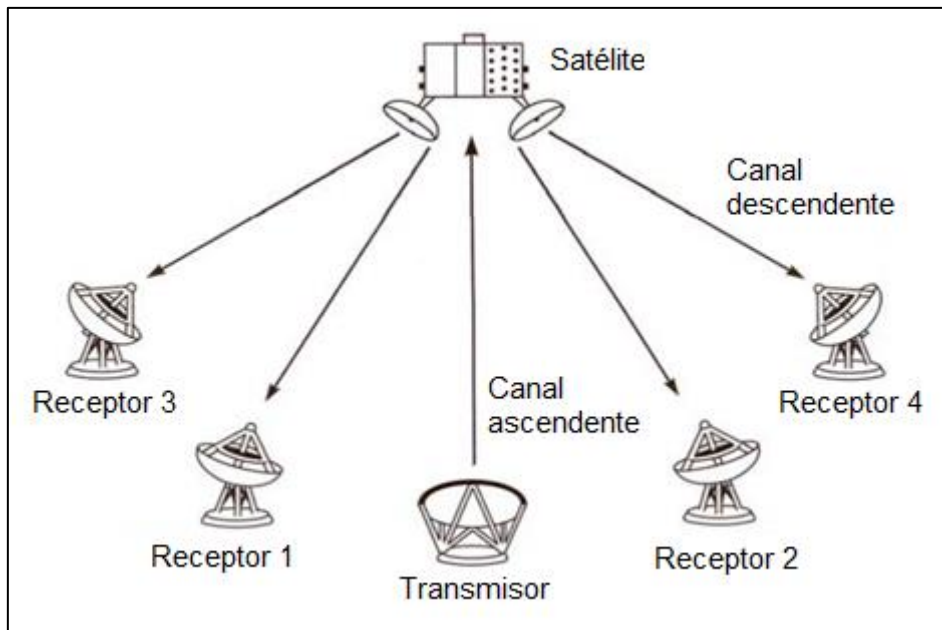


Figura 09. Enlace de difusión vía satélite [35].

- Infrarrojo: Son usadas cuando la distancia entre el transmisor y el receptor es corta. Por ejemplo, los controles remotos. Sin embargo, no pueden atravesar materia sólida, que pueda producir alguna interferencia con el receptor.
- Microondas terrestre: Son aquellas ondas electromagnéticas que están comprendidas entre los 500 MHz hasta 300 GHz. Al ser frecuencias altas, su longitud de onda es pequeño (entre 1 milímetros a 30 centímetros) por lo que tiene dificultad para atravesar edificios. Las antenas transmisoras y receptoras deben estar alineadas. Su aplicación va desde la comunicación por telefonía fija, telefonía móvil hasta en la televisión y la velocidad de transmisión es de 12 a 274 Mbps [36].

Para el presente documento se espera utilizar la señal microondas terrestre, debido a adquirir una comunicación satelital es caro, la

transmisión debe ser bidireccional y la distancia entre el receptor y el trasmisor no es corta.

### **2.2.5 ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN**

El almacenamiento de información se realiza en dispositivos que sean utilizados para lectura y/o escritura dados de forma temporal o permanente. Por ejemplo, para este tema de investigación en el caso de una cámara IP y la de un DVR se puede almacenar la información de manera interna (software especializado) o externa (dispositivos de almacenamiento). Sin embargo, la capacidad de estas memorias no es la misma. Un disco duro está compuesto por varios discos apilados unos sobre otros y en la parte superior se cuenta con un cabezal magnético que permite grabar y leer la información. Mientras que un microSD es una pequeña placa donde se puede almacenar información. Una de las diferencias de un disco duro con un microSD es que no van conectados directamente al circuito, sino que van conectados por medio de un cable al circuito principal. Aparte necesitan un cable de alimentación independiente. Otra diferencia es la capacidad de estos dispositivos tienen para almacenar información. Para este presente documento se desea almacenar videos, entonces se tendrá que analizar algunas características como la resolución, cuadros por segundos, compresión, actividad de la escena y la velocidad de transmisión. La fórmula es está dada por la siguiente expresión:

Capacidad total de grabación = Espacio utilizado (MByte/h) x Tiempo de grabación (horas) x Número de canales [37].

Entonces, para este tema de investigación únicamente se verán las resoluciones de 1920 x 1080 pixeles, 1280 x 720 pixeles y 352 x 240 pixeles como se puede ver en la tabla 04. Por ejemplo, si se cuenta con 2 cámaras con una resolución de 1280 x 720 pixeles y se desea almacenar 8 días. A lo mucho se necesitará una memoria de 0.82 Terabytes.

Tabla 04. Resumen de tipos de compresión de video.

Fuente: Adaptada de [37] y [38].

Resolución (píxeles)	FPS (Cuadros por segundo)	Calidad	BitRate (Kbps)	Espacio en el Disco (MB)
1920 x 1080	25	Alto	9000	2025
		Medio	7000	1575
		Bajo	6000	1350
1280 x 720	25	Alto	5420	2250
		Medio	4096	1800
		Bajo	3072	1350
352 x 240	25	Alto	512	225
		Medio	384	168.7
		Bajo	256	112.5

## 2.2.6 TECNOLOGÍA MÓVIL

### 2.2.6.1 SEGUNDA GENERACIÓN

La segunda generación desarrollada buscaba mejorar la calidad de voz, cobertura y capacidad; además, de soportar voz y datos de baja velocidad gracias a las mejoras realizadas en TDMA y CDMA. El sistema más representativo de este se llama GSM o Global System Mobile, por sus siglas en ingles. Este sistema utiliza las redes 900 MHz y 1800 MHz en Estados Unidos. Su sistema aplica la conmutación por circuitos que realizan los nodos para establecer el mejor camino y así conectar dos usuarios; es decir, la transmisión es de punto a punto. Junto a este sistema se desarrollaron estándares que sirvieron como puente para conectar la 2G con la 3G como la GPRS (General Packet Radio System) que permite como mucho 80 Kbps de velocidad de bajada y 20 Kbps velocidad de subida; y EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) que permite como mucho 236 Kbps de velocidad de bajada y 59 Kbps de velocidad de

subida [39]. La arquitectura de una red GSM se puede observar en la Figura 10 donde:

- **BTS:** Llamado estación base del transceptor, se encarga de la transmisión y recepción por radio. Su función principal es que proporciona un determinado número de canales en el área (celdas) y se intercomunica con otras BTS [40].
- **BSC:** Llamado controlador de estación base, se encarga de la asignación y comunicación de los canales. Su principal función es asegurar que el usuario tenga cobertura en todo momento y lleva a cabo el “handover”, es decir la transición de la señal de una estación base (NSS) a otra que tenga mayor potencia, menor tráfico, mejor calidad de canal o menor distancia del usuario con la torre [40] [41].
- **MSC:** Llamado centro móvil de conmutación se encarga del control de las llamadas. Entre sus principales tareas se encuentra el establecimiento, enrutamiento y terminación de la llamada, además de otros servicios complementarios [41].
- **HLR:** Registro de ubicación origen es una base de datos de los números de los celulares, la cual sirve para direccionar las llamadas a los respectivos usuarios [41].
- **VLR:** Registro de ubicación visitante es una base de datos más pequeña que la anterior donde se encuentra la información de todos los abonados situados en una celda (área limitada) para reducir el tiempo de espera por la información [40].
- **EIR/AUC:** Registro de identidad del equipo y centro de autenticación. El primero se encarga de una base de datos donde almacena todos los IMEIs. Mientras que el centro de autenticación se encarga de verificar que los datos del celular a punto de comunicarse sean correctos [40].

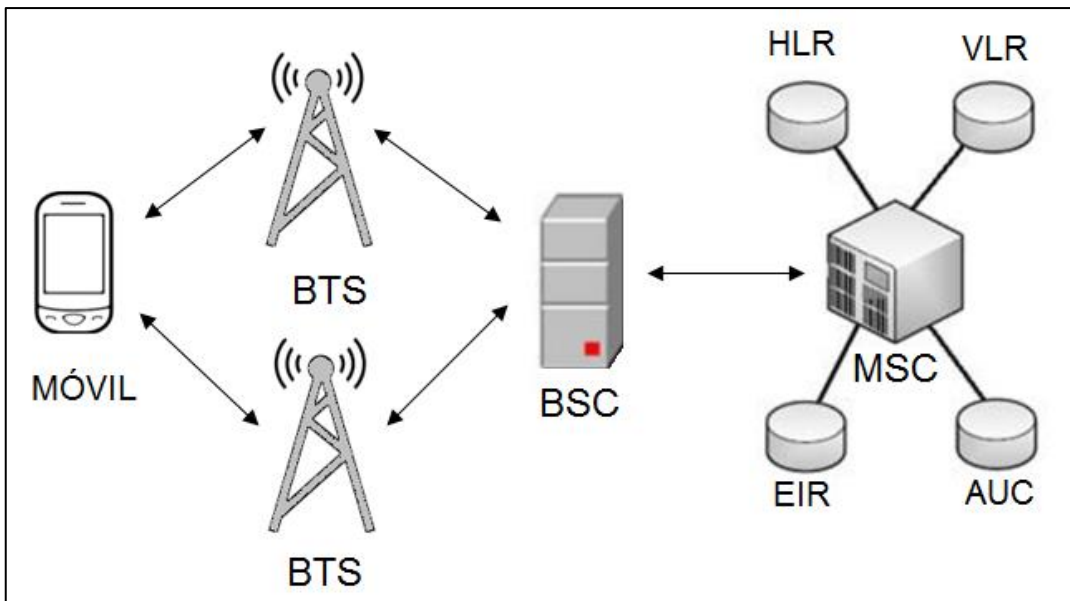


Figura 10. Arquitectura de la red GSM.

Fuente: Adaptado de [42].

### 2.2.6.2 TERCERA GENERACIÓN

Debido a la necesidad de aumentar la capacidad de transmisión de datos para incorporar servicios como internet, teleconferencias, entre otros. Se creó por la posibilidad de transferir tanto voz y datos con acceso inalámbrico a internet. Esta generación soporta los servicios de datos, voz y multimedia basados en IP. Existen tres tipos de sistemas en la tercera generación. El primero, el sistema universal móvil de telecomunicaciones o UMTS, por sus siglas en inglés, que transporta hasta 2Mbps por conmutación de circuitos en ambientes fijos. Segundo, la HSDPA que brinda un nuevo canal para el enlace descendente, el cual en sus óptimas condiciones alcanza una velocidad de 7,2 Mbps. Finalmente, la HSUPA que potencia la conexión de subida a fin de mejorar la interacción entre las aplicaciones que brinden sus servicios basados en el protocolo IP [39]. La arquitectura de una red UMTS o 3G se puede observar en la Figura 11 donde:

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA MONITOREADO

- NODO: Es la sustitución del BTS, el cual cumple la función de transmitir, recepcionar la señal y delimitar el número de canales.
- RNC: Llamado controlador de la red de radio, el cual cumple la función que antes era responsabilidad del BSC. Establece la conexión de radio o de transmisión y controla el traspaso entre distintos nodos.
- Interfaz Iu: El cual relaciona la RAN (red de acceso por radio) con la CN (red de núcleo) [43].
- MSC: Llamado centro móvil de conmutación que se encarga del control y conmutación de las llamadas [43].
- GMSC: La entrada de MSC se encarga de direccionar la llamada a su destino final y se usa como el interfaz con la red externa de conmutación de circuitos (PSTN) [43].
- SGSN: Llamado nodo de soporte del servicio GPRS (General Packet Radio System) que se encarga de administrar la ubicación y las rutas [43].
- GGSN: Llamado nodo de soporte de entrada GPRS que sirve para el enrutamiento de paquetes y centro de envíos, donde se le proveerá una ruta de envío para que se realice el intercambio de información [43].

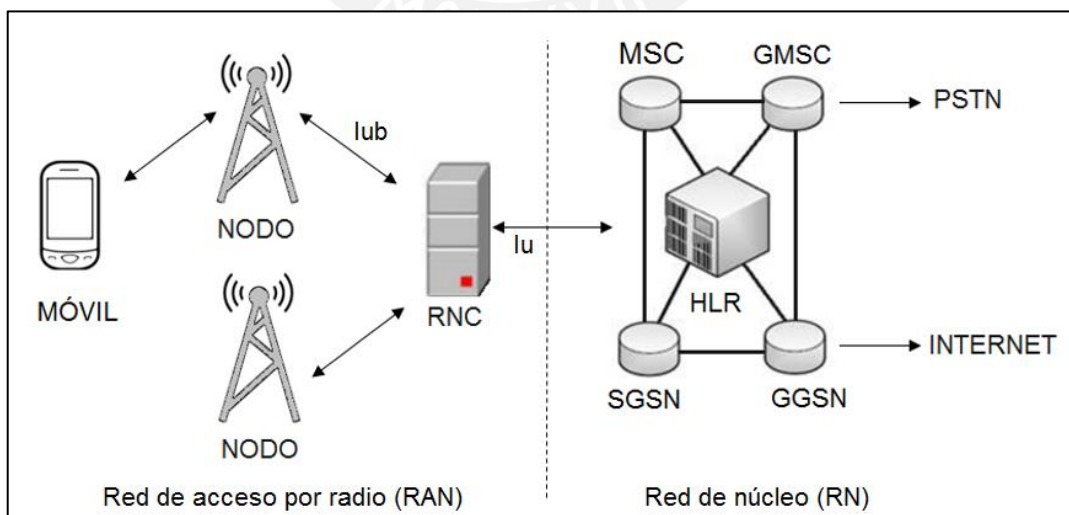


Figura 11. Arquitectura de la red UMTS.  
Fuente: Adaptado de [44].

### 2.2.6.3 CUARTA GENERACIÓN

También llamado LTE, se diseñó para brindar soporte a servicios de conmutación de paquetes, mejorar el tiempo de respuesta o latencia, disminuir la saturación o congestión de las redes y aumentar el ancho de canal para incrementar el número de usuarios. En esta generación se buscó integrar la banda ancha móvil y la fija; ya que la evolución está basada en tecnología IP y en una capa de servicios multimedia.

Por otro lado, las zonas de red de acceso de radio y la red de núcleo también evolucionaron en esta tecnología. A este cambio se le denominó Evolución del Sistema de Paquetes (EPS) [45]. Su principal función es proveer conectividad basada en IP para que de esta forma los procesos sean optimizados y estandarizados. Este sistema utiliza la multiplexación de división de frecuencia ortogonal (OFDM) para el enlace descendente alcanzando una velocidad de 100 Mbps, debido a que se puede enviar varias señales para un mismo ancho de banda sin que estas se traslapen. Por otro lado, se usa el acceso múltiple por división de frecuencias de una sola portadora (SC-FDMA) para el enlace ascendente alcanzando una velocidad de 50 Mbps con un ancho de banda fijo de 20 MHz [43]. La arquitectura de una red LTE o 4G se puede observar en la Figura 12 donde:

- eNODO: Es un nodo más complejo de la arquitectura de UMTS. Su función principal a diferencia que las otras generaciones es la de controlar la radio, lo que reduce la latencia y costos. Además, gestiona los recursos y la conexión del móvil con una torre u otra, es decir, se encarga del “handover” [43].
- MME: Entidad de manejo de la movilidad que se encarga del plano de control; por ejemplo, la autenticación y seguridad. Administra la ubicación del móvil y los servicios con los que cuenta el usuario.

- S-GW: Servicio de entrada que se encarga de almacenar la información cuando el móvil se ancle a un nuevo eNodo, además de almacenar las descargas de datos temporalmente [43].
- P-GW: Se encarga de la asignación de direcciones IP a los usuarios de una misma celda y de la mejora en la calidad de servicio (Qos) balanceando los paquetes IP para un mejor flujo de datos.

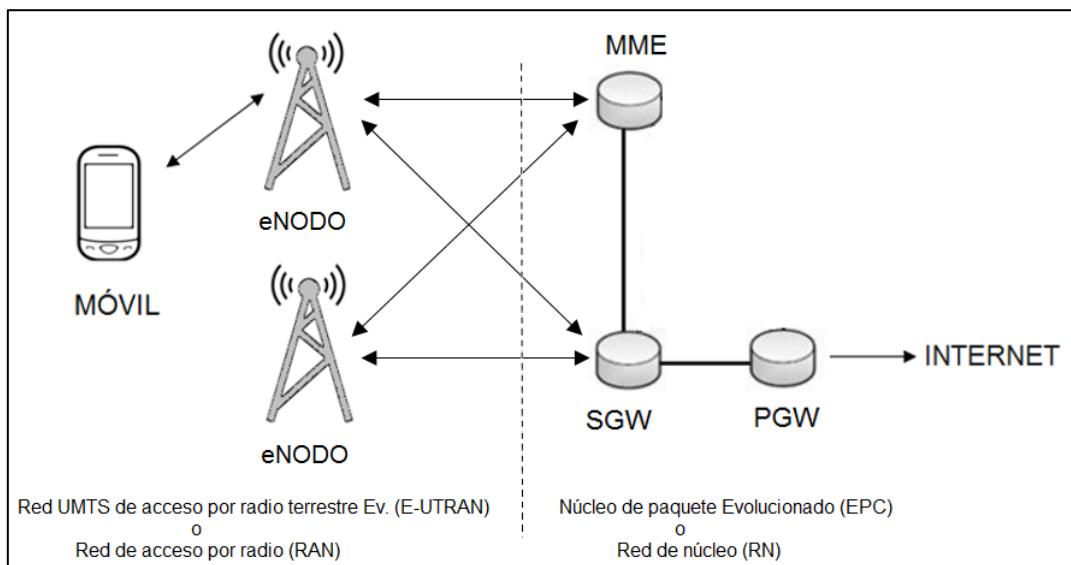


Figura 12. Arquitectura de la red LTE.  
Fuente: Adaptado de [44].

### 2.2.7 ESTUDIO DE SISTEMAS DE VIGILANCIA EN EL MERCADO

Para este proyecto se decidió usar un sistema CCTV. Sin embargo, estos equipos requieren que exista un punto de acceso para poder realizar la transmisión de video. Además, requieren de una batería externa que alimente el sistema. A continuación, se presentarán algunos equipos de video vigilancia, que cumplen con los requerimientos del sistema.

- Nexxt XPY4004-HD: Sistema de video vigilancia cuenta con 4 canales en alta definición. Ver figura 13 para ver un modelo del sistema. Algunas de sus características son las siguientes:

- Conector HDMI/VGA.
- Resistente al agua y al polvo (IP66).



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA MONITOREADO

- Conector RJ45 para conectarse a internet.
- Hasta 6 Terabyte de almacenamiento.



Figura 13. Kit AKD-0474HD marca Nexxt Solutions [46].

- Kit Hikvision: Este sistema cuenta con cámaras, un DVR de hasta ocho canales, un disco duro de 1 Terabyte y, además, todos sus accesorios. Ver figura 14 para ver un modelo del sistema. Algunas de las características son las siguientes:

- Conector HDMI/VGA con una resolución de 1920x1080 pixeles.
- Conector RJ45 para conectarse a internet.
- Cámaras con infrarrojo y hasta 20 metros de visión.



Figura 14. Kit 4 cámaras turbo HD 720 marca Hikvision [47].

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA MONITOREADO

- Kit Dahua: Este sistema cuenta con cámaras tipo bala HDCVI, un DVR de cuatro canales con todos sus accesorios. Ver figura 15 para ver un modelo del sistema Algunas de las características son las siguientes:

- Con aplicativo móvil.
- Conector HDMI y VGA con resolución de hasta 1920 x 1080 pixeles.
- Disco duro de hasta 6 Terabyte.
- Alimentación de 12 voltios con 2 amperios.
- Protección IP67.



Figura 15. Kit 4 cámaras HD 720 marca Dahua [48].

No todos los sistemas cuentan con la capacidad de conexión a internet; por tanto, se decide usar un equipo transceiver que nos permita utilizar un sistema inalámbrico. Para este caso como el sistema debe ser instalado en un vehículo se opta por el uso de un modem y router.

- Modem portátil: Este dispositivo es un USB que se le puede insertar un chip de solo internet o datos. Luego se procede a conectarse en la PC o equipo al cual se le quiera brindar internet, ver figura 16. Se le puede incorporar una memoria expandible de hasta 32 Gigabyte. Tener en consideración que existen varios modelos, algunos de ellos no cuentan con tecnología LTE.



Figura 16. Modem marca Huawei [49] .

- Router: Su función principal es la de enviar paquetes de datos de una máquina IP a dirección IP. Es ideal para compartir la conexión móvil en un viaje que disponga de cobertura 3G/4G, ver figura 17.



Figura 17. Router marca TP-Link [50] .

## **CAPÍTULO III: DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES**

En este capítulo se verá desde la selección de la arquitectura completa de la solución hasta la selección de cada elemento de los elementos, los cuales pueden ser tipo de cámara, DVR, disco duro, pantalla. Por último, se seleccionará la configuración del video (cuadros por segundo, resolución, velocidad de transmisión y tipo de compresión).

### **3.1 SELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA**

Se describe el conjunto de posibles soluciones que puedan cumplir con las funciones requeridas del sistema. Con este fin, se propondrá tres posibles arquitecturas: i) cámara inalámbrica con un SIM CARD que brinda salida a internet, ii) cámara IP con un modem que le brinda salida a internet, iii) hardware más complejo con cámaras analógicas que cuentan con modem y un DVR. Estas mostrarán los elementos que se pueden emplear y la debida explicación de ellas. Donde finalmente se muestra mediante el análisis que la propuesta N°3 es la más adecuada a los requerimientos del sistema.

#### **3.1.1 ARQUITECTURA PROPUESTA N°1**

La primera solución se basa en un sistema donde la cámara únicamente necesita contar con un "SIM CARD" que le brinde el acceso a la red 3G y 4G, y la transmisión de datos (1). Por lo general, la cámara cuenta con dos formas de almacenamiento donde la información se está grabando internamente con un microSD y externamente donde se pueda almacenar en la nube. Una vez que la cámara cuente con un chip se conectará a una estación base celular que disponga la mayor potencia, para poder transmitir (2). Finalmente, al usuario se le provee un perfil en un aplicativo que es brindado por el proveedor, donde se podrá monitorear en tiempo real y grabar lo que la cámara este enfocando (4). Para más información sobre este tipo de cámara puede ver el anexo A.

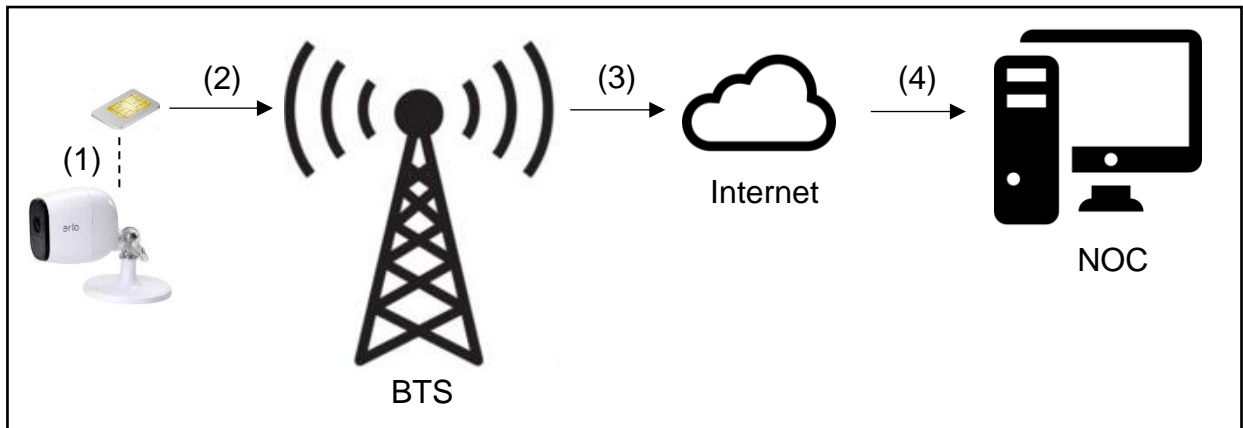


Figura 18. Concepto de arquitectura 1.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2 ARQUITECTURA PROPUESTA N°2

La segunda solución se basa en un sistema donde la cámara necesita una conexión a internet. La solución consiste en conectar el modem portátil a un puerto de USB del router y por medio de un cable de red conectar este con la cámara (1). Tener en consideración que existen dos clases de “sim cards”: chip de celular y chip de datos. Únicamente se podrá incorporar un chip de datos. Cuando la cámara cuente con conexión a internet, el modem enviará la información a una estación base celular 3G o 4G (2) o; por lo general, las cámaras tipo IP cuentan con un espacio para que se pueda almacenar la información en un microSD. Finalmente, cuando la información se encuentre en la nube (3) el usuario podrá ingresar a la información que se está grabando mediante una dirección IP que la misma cámara brinda con un usuario y contraseña (4). Para más información sobre este tipo de cámara puede ver el anexo B.

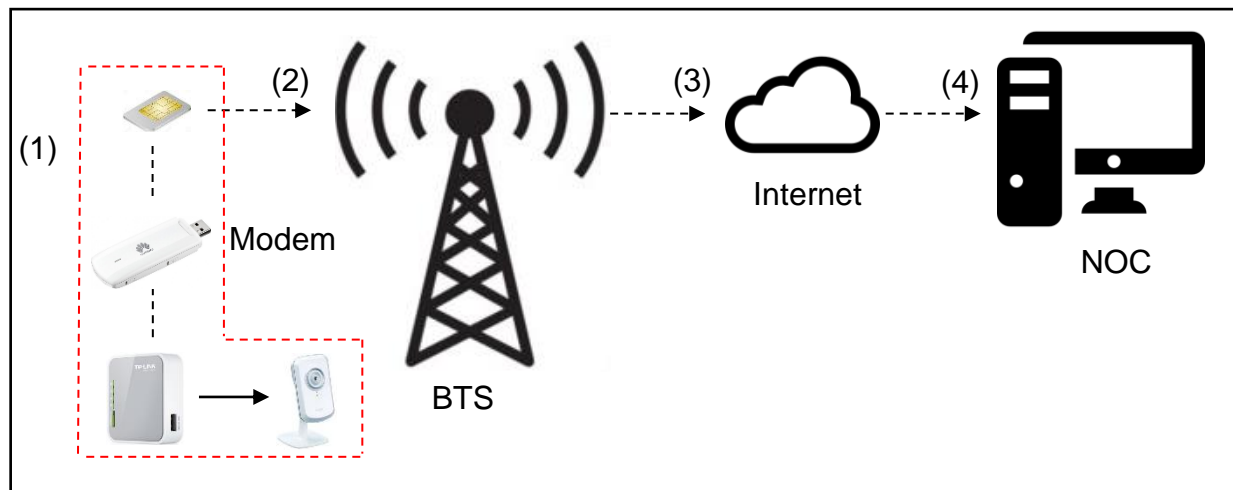


Figura 19. Concepto de arquitectura 2.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.3 ARQUITECTURA PROPUESTA N°3

La tercera solución se basa en un sistema donde no sea necesario que la cámara cuente con una conexión directa a internet, pero sí el DVR (Digital Video Recorder) con el objetivo de poder monitorear lo grabado. Es por ello sigue la misma lógica que la solución 2. El DVR cuenta con un puerto de red puede ir conectado con un router que interconecte el modem portátil con el DVR (1). Asimismo, las cámaras deben ir conectado con un cable BNC hacia el DVR. Con el fin de observar lo que se esté grabando en las cámaras se puede conectar por HDMI o VGA hacia un monitor que puede estar ubicado en la cabina del chofer para que él también esté al pendiente de lo que se está grabando. Finalmente, el modem portátil envía la información a una estación base celular 3G/4G (2) para que, posteriormente, por medio de una dirección IP y/o el aplicativo de la marca, el usuario pueda ingresar con un usuario y contraseña (4), el cual será brindado por el DVR para acceder de manera remota a lo que se está grabando.

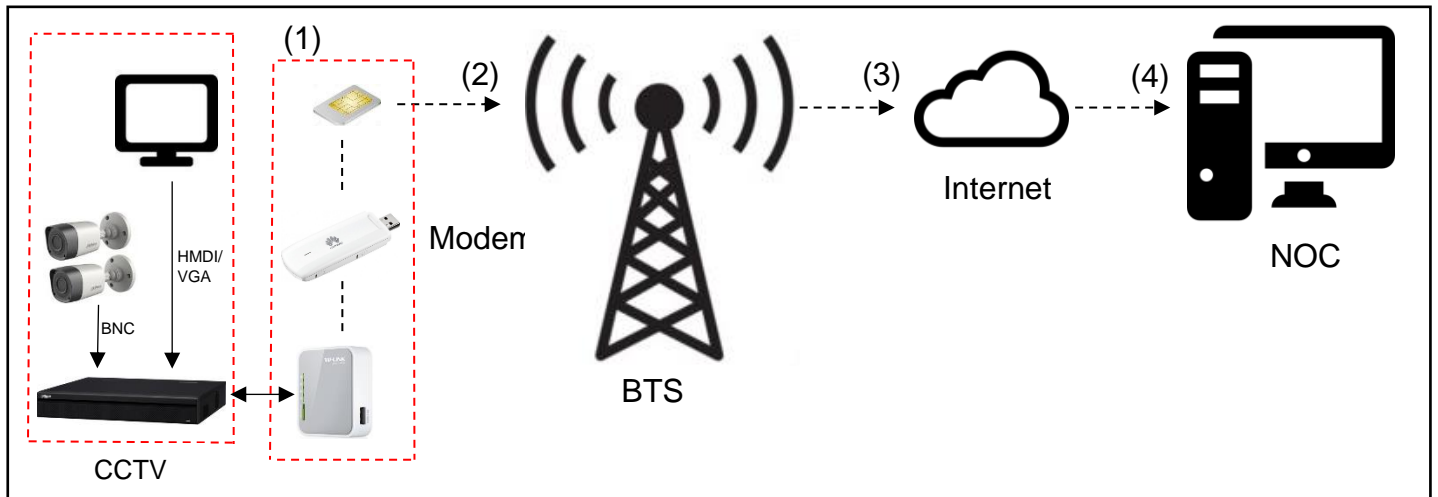


Figura 20. Concepto de arquitectura 3.

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.4 SELECCIÓN DE LA PROPUESTA ÓPTIMA

A continuación, una vez presentado las propuestas de arquitecturas de la solución y como especie de resumen se presentará un cuadro comparativo de las propuestas versus los criterios de hardware, costo aproximado y almacenamiento, estos últimos seleccionados como los más relevantes para la selección de la propuesta óptima.

Tabla 05. Cuadro comparativo entre las opciones de las propuestas.

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta N°	Hardware	Costo Aproximado	Almacenamiento	¿Propuesta optima?
1	1 pieza	S/375 Soles	MicroSD 128GB	
2	4 piezas	S/379 Soles	MicroSD 128GB	
3	6 piezas	S/745 Soles	Disco duro hasta 6 TB	X

En resumen, uno busca el monitoreo completo desde que el camión sale de la cochera, carga, descarga y regresa a la cochera. Se sabe que existen zonas en Perú donde no se despliega la red 4G o donde todavía no hay cobertura. Para estos casos se requiere disponer de una memoria interna, sin embargo, los viajes tienen una duración mínima de 2 días y como se vio en la sección 2.2.5, una memoria microSD a lo mucho tiene una capacidad de 128 GB, como se ve en la tabla 05. Por consiguiente, no podrá almacenar la información deseada. En cambio, la propuesta 3 dispone de discos duros de hasta 6 Terabytes. Debido a que cumplen con los requerimientos de la empresa y por las razones antes mencionadas se selecciona la arquitectura 3 para que pueda ser implementada.

### **3.2 SELECCIÓN DE LAS CONFIGURACIONES DEL VIDEO**

En esta sección se analizará primero las configuraciones del video para almacenar información en el disco duro interno del DVR como la resolución, cuadros por segundo, tipo de compresión y la velocidad de transmisión. Luego, se analizará las configuraciones del video para contar con una transmisión efectiva y sin inconvenientes con la red móvil.

Además, que a partir de este punto se hablará de una cámara que visualizará lo que pasa en la parte de atrás del camión, la cual estará conectada al canal 2 del DVR. Asimismo, existe una cámara que visualizará el interior de un furgón, la cual estará conectada al canal 4 del DVR.

#### **3.2.1 MEMORIA LOCAL**

Para disponer de una grabación que cumpla con los requerimientos de la empresa se definirá algunas configuraciones del video como la resolución, cuadros por segundo, tipo de compresión y la velocidad de transmisión. Teniendo en cuenta que la actividad de la escena es alta para la cámara del canal 2; ya que esta graba la parte trasera del camión donde pasan todos los carros en movimiento. Por otro lado, la actividad de escena para la cámara del canal 4 será media; ya que está graba en gran parte del día una imagen fija.



### 3.2.1.1 PRUEBAS DE TRANSMISIÓN LOCAL

Para poder observar la grabación se cuenta con un computador en la oficina que tiene un tamaño de 15 pulgadas, por lo cual se recomienda que su resolución sea de 1400 x 1050 pixeles (ver anexo C para más información). Como se trata de la mejor grabación dentro del disco duro del DVR para luego ser analizado se procederá a realizar varias pruebas con distintas configuraciones en el DVR; es decir, con diferentes velocidades de transmisión y cuadros por segundo en un lapso de un segundo (este último no será analizado, pero se podrá ver el análisis en el anexo D, donde se optó para que se cuente con 12 fps).

Opción 1: A continuación, tenemos una imagen de una grabación donde se observa que la resolución está configurada a 352\*240 pixeles y en la imagen se ve con mucha dificultad al camión de al lado que está pasando. Es decir, esta configuración no cumple con las expectativas de los requerimientos.



Figura 21. Foto con una resolución de 352\*240 pixeles con una velocidad de 320 Kbps.

Fuente: Elaboración propia

Opción 2: A continuación, tenemos una imagen de una grabación donde se observa que la resolución está configurada a 1280\*720 pixeles y en la imagen se puede apreciar con claridad ambos camiones hasta se puede leer sus placas. Es decir, esta configuración cumple con las expectativas de los requerimientos.



Figura 22. Foto con una resolución de 1280\*720 pixeles con una velocidad de 2048 Kbps.

Fuente: Elaboración propia

Entonces, en la figura 21 observamos una imagen a una resolución de 352\*240 pixeles, la cual se aprecia muy pixeleada y nos presentamos con una evidencia donde falta información. Por otro lado, en la figura 22 se tiene una imagen a 1280\*720 pixeles, la cual nos brinda mucha información debido a que es fácil reconocer la matrícula de los vehículos presentes en la imagen. Es por ello que nos inclinamos por esta configuración de 1280\*720 pixeles a 2048 Kbps y 12 cuadros por segundo.

A continuación, se realizará un cuadro comparativo de ventajas y desventajas de contar con más cuadros por segundo, resolución o velocidad de transmisión.

Tabla 06. Ventajas y desventajas a otras configuraciones del video.

Cambio	Ventajas	Desventajas
Resolución más baja	Se puede reducir el ancho de banda. Aumenta el tiempo para almacenar información	Se observa mayor pixeleado en la grabación como fue expuesto. Esto no deja ver con nitidez la grabación.
FPS más baja	Se puede reducir el ancho de banda, debido a que son menos fotos tomadas por segundo, por ende, menos información que almacenar.	Se podría perder cierta información si es que el evento sucede rápido y se cuenta con un número menor de cuadros por segundo.
Velocidad de transmisión más baja	Se puede poner un mínimo cuando no haya muchos pixeles cambiando. A esto se le llama VBR.	Se ve afectada la resolución o los cuadros por segundo.

### 3.2.1.2 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

Para realizar los siguientes cálculos se supondrá que la velocidad de transmisión para el canal 2 será de 2048 Kbps y de 1024 Kbps para la cámara del canal 4, dando un total de 3072 Kbps. En esta parte se analizará la capacidad disponible de almacenamiento en el disco duro. Si se cuenta con una capacidad de 1 Terabyte. Se presentará el cálculo del tiempo de almacenamiento del DVR y el espacio que ocupa por hora.

Si el DVR cuenta con un disco duro de 1 TeraByte.

$$1 \text{ TB} \times \frac{1024 \text{ GB}}{1 \text{ TB}} \times \frac{1024 \text{ MB}}{1 \text{ GB}} \times \frac{1024 \text{ KB}}{1 \text{ MB}} \times \frac{8 \text{ Kbits}}{1 \text{ KByte}} = 8589934592 \text{ Kbits}$$

$$\frac{8589934592 \text{ Kbits}}{3072 \frac{\text{Kbits}}{\text{Seg}}} \times \frac{1 \text{ Hora}}{3600 \text{ Seg}} \times \frac{1 \text{ Día}}{24 \text{ Horas}} = 32.36 \text{ días}$$

$$\frac{3072 \text{ Kbits}}{\text{Seg}} \times \frac{3600 \text{ Seg}}{1 \text{ Hora}} \times \frac{1 \text{ Mb}}{1024 \text{ Kb}} \times \frac{1 \text{ Gb}}{1024 \text{ Mb}} \times \frac{1 \text{ Byte}}{8 \text{ bits}} = 1.32 \frac{\text{GB}}{\text{Hora}}$$

En resumen, si el DVR estuviera prendido las 24 horas del día el disco duro contaría con un tiempo de almacenamiento estimado de 32 días, aproximadamente. Por otro lado, por cada hora que el equipo este grabando necesita de 1.32 Gigabyte.

### 3.2.2 TRANSMISIÓN EN VIVO

Para esta sección las imágenes requieren de un balance entre la resolución y la velocidad de transmisión, ya que la grabación dentro del disco duro del DVR sería la que cuente con la mayor calidad y como evidencia ante un siniestro. A continuación, se definirán las configuraciones del video como la resolución, cuadros por segundo, tipo de compresión y la velocidad de transmisión. La actividad de la escena es alta en el canal 2 y media en el canal 4. Además, existen dos softwares que son usados por la marca Dahua: “gDMSS Lite” en celulares y “SmartPSS” en computadoras.

#### 3.2.2.1 PRUEBAS DE TRANSMISIÓN EN VIVO

En esta parte se usará el software llamado “SmartPSS” (ver anexo E para más información del software), debido a que será el más usado por la empresa. Se realizará varias sesiones de fotos con diferentes valores de velocidades de transmisión y cuadros por segundo usando la compresión H.264 por su capacidad de reducir la información en más de un 50%. A continuación, se encontrará imágenes tomadas a diferentes velocidades de trasmisión.

Opción 1: A continuación, tenemos una imagen de una transmisión en vivo donde se observa que la resolución está configurada a 352\*240 píxeles a 12 cuadros por segundos y en la imagen se ve con mucha dificultad las llantas del camión, las casas del lado, el árbol. Es decir, esta configuración no cumple con las expectativas de los requerimientos. En la parte superior izquierda se puede ver la tasa de bits de ese cuadro.



Figura 23. Foto con una resolución de 352\*240 píxeles con una velocidad de 32Kbps.

Fuente: Elaboración propia.

Opción 2: A continuación, tenemos una imagen de una grabación donde se observa que la resolución está configurada a 352\*240 pixeles a 12 cuadros por segundos y en la imagen se puede apreciar con claridad las letras del muro, llantas del camión. Es decir, esta configuración cumple con las expectativas de los requerimientos. En la parte superior izquierda se puede ver la tasa de bits de ese cuadro.



Figura 24. Foto con una resolución de 352\*240 pixeles con una velocidad de 320Kbps

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, en la figura 23 observamos una imagen a una resolución de 352\*240 pixeles, la cual se aprecia muy pixeleada y nos presentamos con una evidencia donde falta información. Por otro lado, en la figura 24 se tiene una imagen a 352\*240 pixeles, la cual nos brinda mucha información debido a que es fácil reconocer la imagen de por sí. Es por ello que nos inclinamos por esta configuración de 352\*240 pixeles a 320Kbps y 12 cuadros por segundo.

Opción 3: A continuación, tenemos una imagen de una grabación donde se observa que la resolución está configurada a 352\*240 pixeles a 12 cuadros por segundos y en la imagen se puede apreciar la mercancía nítida. Es decir, esta configuración cumple con las expectativas de los requerimientos. En la parte superior izquierda se puede ver la tasa de bits de ese cuadro. Es por ello que nos inclinamos por esta configuración de 352\*240 pixeles a 120Kbps y 12 cuadros por segundo para la cámara del canal 4 (parte interior del furgón).



Figura 25. Foto con una resolución de 352\*240 pixeles con una velocidad de 120Kbps.

Fuente: Elaboración propia.

### **3.3 SELECCIÓN DE CÁMARA**

#### **3.3.1 REQUERIMIENTOS DE LA CÁMARA**

La cámara debe contar con las siguientes capacidades para cumplir los requerimientos del diseño:

- Debe contar con visión nocturna (infrarrojo) y con un alcance mínimo de 5 metros o una longitud focal igual o mayor a 3.6 milímetros.
- La alimentación de las cámaras estará limitada por el voltaje del vehículo, el cual consta de 2 baterías de 12 voltios cada una.
- Tener en consideración que la cámara debe estar en el exterior, por lo que debe tener un grado de protección IP66 o IP67.

#### **3.3.2 CRITERIO DE SELECCIÓN DE LA CÁMARA**

Existen varios tipos de cámaras como se ha observado en el capítulo dos. Por un lado, se tomará en cuenta la resolución de este a fin de cumplir con las necesidades del cliente y que pueda usar las imágenes como posible evidencia si ocurriese un siniestro. Por otro lado, no se debe descuidar la corriente que consume; debido a que, como será un vehículo al cual se le hará la instalación, la batería es limitada. Tomando en cuenta las consideraciones anteriormente vistas se analizará entre tres opciones.

En primer lugar, la cámara tipo bala que fue diseñada para aplicaciones en exteriores presenta las siguientes características típicas:

- Alimentación 12VDC +/- 25%.
- Corriente de 500 mA.
- Longitud focal desde 4 mm, equivalente a 6 metros.
- Resolución de 1280 x 720 pixeles.
- Compresión de H.264/ MPEG-4.
- Salida coaxial.

En segundo lugar, está la cámara tipo domo que, aunque fueron diseñadas para interiores, existen otras que pueden usarse en el exterior. Las



características de esta cámara son las mismas que las de la cámara de tipo bala.

Por último, se tiene una cámara del tipo espía, la cual tiene un tamaño de aproximadamente 2 centímetros. La mayor ventaja de esta cámara es que el consumo de corriente es menor a 150mA. Sin embargo, no posee ningún compresor de las imágenes, por lo que éstas ocuparán un mayor espacio de memoria. Por otro lado, la resolución de esta cámara es de 656 x 492 pixeles y 420 líneas de televisión (TVL). A continuación, se presenta un cuadro comparativo de las tres opciones presentadas anteriormente.

Tabla 07. Cuadro comparativo entre las opciones de cámaras.

Fuente: Elaboración propia.

Alternativas de tipos de cámaras									
	Tipo	Modelo	Voltaje	Corriente	Resolución	Compresión	Obs.	Precio	¿Solución?
1	Bala	HAC-HFW1000RN	12Vdc ± 25%	500mA	1280×720 pixe	H.264 / MPEG-4	IP67	S/.100.00	X
2	Domo	HAC-HDW1100R	12Vdc ± 25%	500mA	1280×720 pixe	H.264 / MPEG-4	IP67	S/.120.00	
3	Espía	MMI-CAM2	12Vdc ± 10%	150mA	656 x 492 pixe-	-	IP67	S/.90.00	

Todas las cámaras cumplen con el requerimiento de tener iluminación infrarroja, excepto la cámara tipo espía. Como las otras dos opciones contemplan todos los requerimientos se selecciona la cámara tipo bala al ser la menos costosa. Para ver más características de la cámara seleccionada se puede ver el anexo F.

### 3.4 SELECCIÓN DE DVR

#### 3.4.1 REQUERIMIENTOS DEL DVR

El DVR debe contar con las siguientes capacidades para cumplir los requerimientos del diseño:

- El DVR debe tener por lo menos 3 entradas para poder conectar posiblemente tres cámaras. Una en la parte trasera del camión, otra dentro del furgón y, la última, que pueda monitorear el tanque de petróleo y la batería del camión.

- El DVR debe tener una conexión de red que le habilite poder enviar lo grabado a internet.
- La capacidad del disco duro del DVR debe contar para almacenar, por lo menos, el registro de dos viajes de un camión (un viaje por lo normal toma 4 días). Es decir, más de 8 días.
- La alimentación del sistema estará limitada por el voltaje de la batería del vehículo, el cual consta de 2 baterías de 12 voltios cada una.

### **3.4.2 CRITERIO DE SELECCIÓN DEL DVR**

Para el criterio de selección del DVR se tomará en cuenta el tipo de entradas y salidas que posee. Además, del consumo de energía que este tiene. Tomando en cuenta los requerimientos anteriormente mencionados se analizará entre sus marcas más reconocidas y disponibles en el mercado.

En primer lugar, el DVR de la marca Dahua que lanza una nueva tecnología HDCVI, la cual es transmisión de video en alta definición por medio de cable coaxial. Algunas características son las siguientes:

- Alimentación 12 Voltios DC.
- Corriente de 2 Amperios.
- 4 canales para cámaras.
- Entradas de HDMI y VGA para 1920 x 1080 pixeles.
- Entrada para audio.
- Disco duro de hasta 6 Terabyte.
- Video velocidad de transmisión de 96 Kbps a 4096 Kbps.

En segundo lugar, está el DVR de la marca Hikvision. Las características de este DVR son las siguientes:

- Alimentación 12VDC.
- Corriente de 1.3A.
- 4 canales para cámaras.
- Entradas de VGA para 1920 x 1080 pixeles.

- Entrada para audio.
- Disco duro de hasta 4 Terabyte.
- Video velocidad de trasmisión de 32 Kbps a 3072 Kbps.

A continuación, se presenta el cuadro comparativo con el resumen de las opciones presentadas.

Tabla 08. Cuadro comparativo entre las opciones de DVR.  
Fuente: Elaboración propia.

Alternativas de tipos de DVR							
Modelo	Voltaje	Corriente	Canales	Compresión	Entrada Video	Precio	¿Solución?
1 Dahua HCVR4104	12 V	2 A	4	H.264+/H.264	HDMI/VGA	S/.220.00	X
2 Hikvision DS-7108HWI-SL	12 V	1.3A	4	H.264	VGA	S/.189.00	

Debido a que ambos DVRs cumplen con el voltaje de 12 voltios, número de canales mínimos y una capacidad de almacenamiento de más de 8 días se selecciona el de la marca Dahua por contar con un mayor nivel de compresión. Para ver más información acerca del DVR se puede revisar el anexo G.

### 3.5 SELECCIÓN DEL MONITOR

#### 3.5.1 REQUERIMIENTOS DEL MONITOR

El monitor debe contar con las siguientes capacidades para cumplir los requerimientos del diseño:

- Entre las especificaciones del DVR seleccionado menciona que brinda una resolución de 1024 x 768 pixeles. Como existen 4 canales, la pantalla se dividirá en 512 (horizontal) x 384 (vertical) pixeles por cada cámara. La resolución del monitor no debe alejarse mucho de este número.
- La alimentación del sistema estará limitada por el voltaje de la batería del vehículo, el cual consta de 2 baterías de 12 voltios cada una. Un máximo de 24 voltios.

### 3.5.2 CRITERIO DE SELECCIÓN DEL MONITOR

Para el criterio de selección del monitor se tomará en cuenta el tamaño de pulgadas de este, el voltaje de alimentación y el tipo de entrada que tiene. Tomando en cuenta los requerimientos anteriormente mencionados se analizará entre sus marcas más reconocidas y disponibles en el mercado.

El monitor LCD TFT o pantalla de cristal de vidrio. Las características de este monitor son las siguientes:

- Alimentación 12 Voltios DC o 24 Voltios DC.
- Consumo de 2 Watts.
- Tamaño de 7 pulgadas.
- Entrada de RCA.

Finalmente, el monitor del tipo tapa sol o de techo. Las características de este monitor son las siguientes:

- Alimentación de 7 a 15.8 Voltios
- Consumo de 12Watts.
- Tamaño de 10.1 pulgadas.
- Entrada de HDMI y RCA.

A continuación, se presentará el cuadro comparativo con el resumen de las opciones presentadas anteriormente.

Tabla 09. Cuadro comparativo entre las opciones de monitores.  
Fuente: Elaboración propia.

Alternativas de tipos de monitor							
Modelo	Voltaje	Pulgadas	Consum	Entrada	Resolución	Precio	¿Solución?
1 Monitor LCD TFT	12 o 24 V	7	6 Watts	RCA	800 x 480 pixeles	S/.190.00	X
2 Monitor tapa sol	12 V	7	12 Watts	RCA /HDMI	1280 x 234 pixeles	S/.400.00	

Con respecto al monitor se selecciona el monitor LCD TFT por contar con un voltaje de alimentación dentro del rango permitido, menor potencia consumida y, por último, su costo. Para ver más información acerca del monitor se puede ir al anexo H.

### 3.6 SELECCIÓN DE LA ENERGIZACIÓN DEL SISTEMA CCTV

El consumo de la energía es un asunto importante, debido a que las baterías son dispositivos perecederos y con el tiempo no podrá cumplir su misión. Este debe ser cuidadosamente seleccionado para conseguir un rendimiento óptimo y evitar una excesiva carga a la batería, lo que podría causar el mal funcionamiento del sistema CCTV. En la tabla 10 se detalla las capacidades de corriente para cada elemento del sistema de CCTV.

Tabla 10. Cuadro de consumo de corriente.  
Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Voltaje	Corriente
DVR	12V	2A
Cámara exterior	12V	0.5A
Cámara interior	12V	0.5A
Monitor TFT	12V	0.5A
Router	5V	1A
<b>Total del sistema</b>	<b>12V</b>	<b>4.5A</b>

Los vehículos pesados cuentan con dos baterías de 12 voltios en serie. Observemos que el voltaje que necesita el sistema es de 12 voltios con un consumo de 4.5 amperios. Entonces, existen tres opciones: emplear una batería independiente para el sistema, usar una de las baterías del camión o las dos baterías de 12 voltios en serie del mismo camión.

#### 3.6.1 ARQUITECTURA PROPUESTA N°1

Si se realizará el análisis usando una fuente independiente; por ejemplo, una de la misma marca y modelo de 12 voltios con una capacidad nominal de 113 AH (más características de la batería ver el anexo I) se tendría lo siguiente:

Capacidad Nominal: 113 AH

Consumo de energía: 113 AH x 12 Voltios = 1356 Watts.Horas

Potencia del sistema: 12 Voltios x 4.5 Amperios = 54 Watts

Duración de la batería:  $\frac{1356 \text{ Watts x Hora}}{54 \text{ Watts}} = 25.11 \text{ Horas}$

Se lograría obtener cerca de 25.11 horas que aproximadamente equivalen a 1 día. En cambio, se sabe que las baterías de los vehículos pesados tienden a durar por lo menos dos años sin presentar problemas. Esto es debido a que cuenta con un alternador que aprovecha la energía mecánica para transformarlo en energía eléctrica. De esta manera no se debe preocupar del consumo de energía, mientras el motor esté prendido.

### **3.6.2 ARQUITECTURA PROPUESTA N°2**

La segunda opción es la de emplear una de las baterías del camión como se podrá apreciar en la figura 26. En este caso la corriente de la batería OA será igual a  $I_2 + I_3$ , por la ley de Kirchoff. Por ende, la batería OA se estaría descargando más rápida que la batería AB. Por otro lado, cuando el alternador este cargando ambas baterías existirá una diferencia entre las dos lo que podría resultar contraproducente para el camión. Como se trata de la misma batería tendría la misma duración.

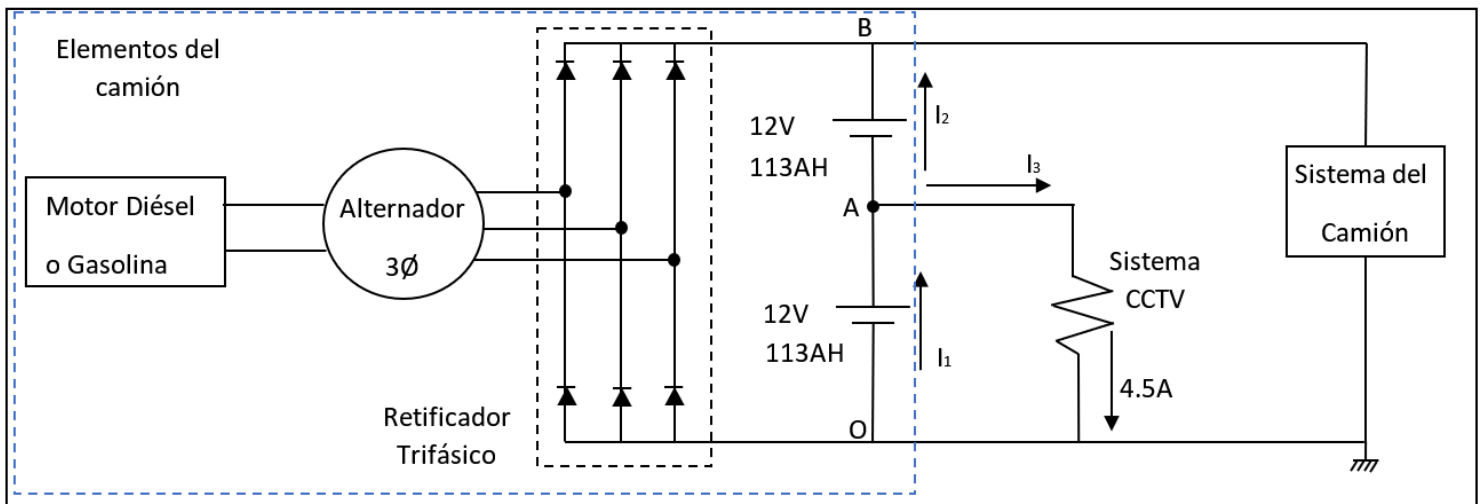


Figura 26. Emplear una de las baterías del camión.

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.3 ARQUITECTURA PROPUESTA N°3

La tercera opción es la de emplear las dos baterías del camión como se podrá apreciar en la figura 27 e incorporar un dispositivo reductor de 24 VDC a 12 VDC, debido a que el camión provee un voltaje de 24 voltios. Además, hay que considerar que como se está hablando de un circuito DC se trata de un sistema lineal. Entonces, si el motor está apagado y el sistema este encendido el análisis sería el siguiente:

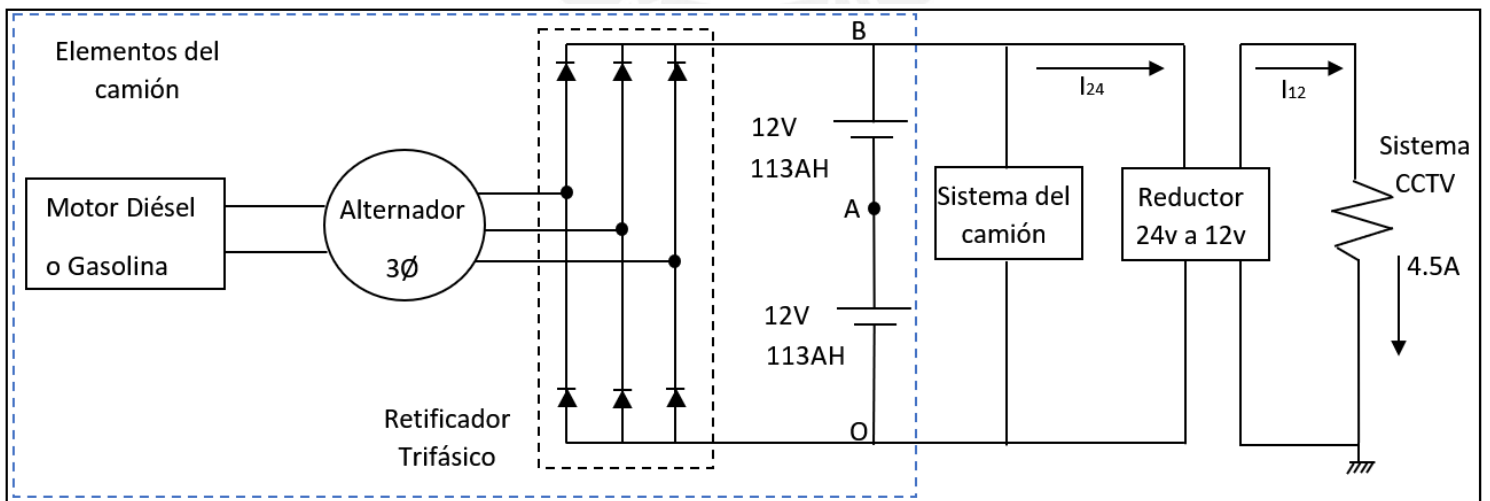


Figura 27. Emplear dos baterías del camión más un reductor DC de 24 voltios a 12 voltios.

Fuente: Elaboración propia

Potencia del sistema: 12 voltios x I<sub>12</sub>

Potencia en el nodo B: 24 voltios x I<sub>24</sub>

Potencia: 12 x I<sub>12</sub> = 24 x I<sub>24</sub>

Donde,  $I_{24} = \frac{1}{2} \times I_{12} \rightarrow I_{24} = 2.25 \text{ A}$

En resumen, como las baterías se encuentran en serie y por la ley de corriente de Kirchoff el consumo de energía de las dos baterías es de 113 AH.

Capacidad Nominal: 113 AH

Corriente del sistema: I<sub>24</sub> = 2.25 A

Duración de la batería:  $\frac{113 \text{ Amperios} \times \text{Horas}}{2.25 \text{ Amperios}} = 50.22 \text{ Horas}$

Se estima lograr obtener cerca de 50.22 horas que aproximadamente equivalen a 2 días. En resumen, mientras el alternador del camión esté funcionando correctamente no existirá inconveniente en usar el sistema todo el día. Sin embargo, si únicamente provee la energía la batería el tiempo estimado es de 2 días aproximadamente.

### **3.7 SELECCIÓN DE OPERADORA**

#### **3.7.1 REQUERIMIENTOS DE LA OPERADORA**

La operadora seleccionada debe contar con las siguientes capacidades para cumplir los requerimientos del diseño:

- Las zonas de cobertura del operador es un factor importante. La empresa Expreso D3 realiza servicios por toda la costa y es por ello que esta debe comprender esta región.
- La velocidad de navegación de internet móvil debe permitir que se pueda enviar la grabación en vivo sin que este influya en los parámetros del video. Únicamente debe ser considerado la velocidad de subida, debido a que el modem debe enviar la información almacenada a una



estación base celular, para que posteriormente pueda ser descargado en la oficina de la empresa.

### 3.7.2 CRITERIO DE SELECCIÓN

En primer lugar, se presenta la cobertura de la tecnología 3G y 4G de la empresa Entel Perú S.A., donde se podría navegar o disponer de señal usando los equipos Entel. Además, en la tabla 11 se presenta la velocidad máxima y mínima garantizada para poder navegar en el internet. Estas velocidades dependen de la distancia del usuario con la estación base del transceptor (ETS), con la codificación que existe entre el equipo y la red, y la congestión de línea en el ETS.

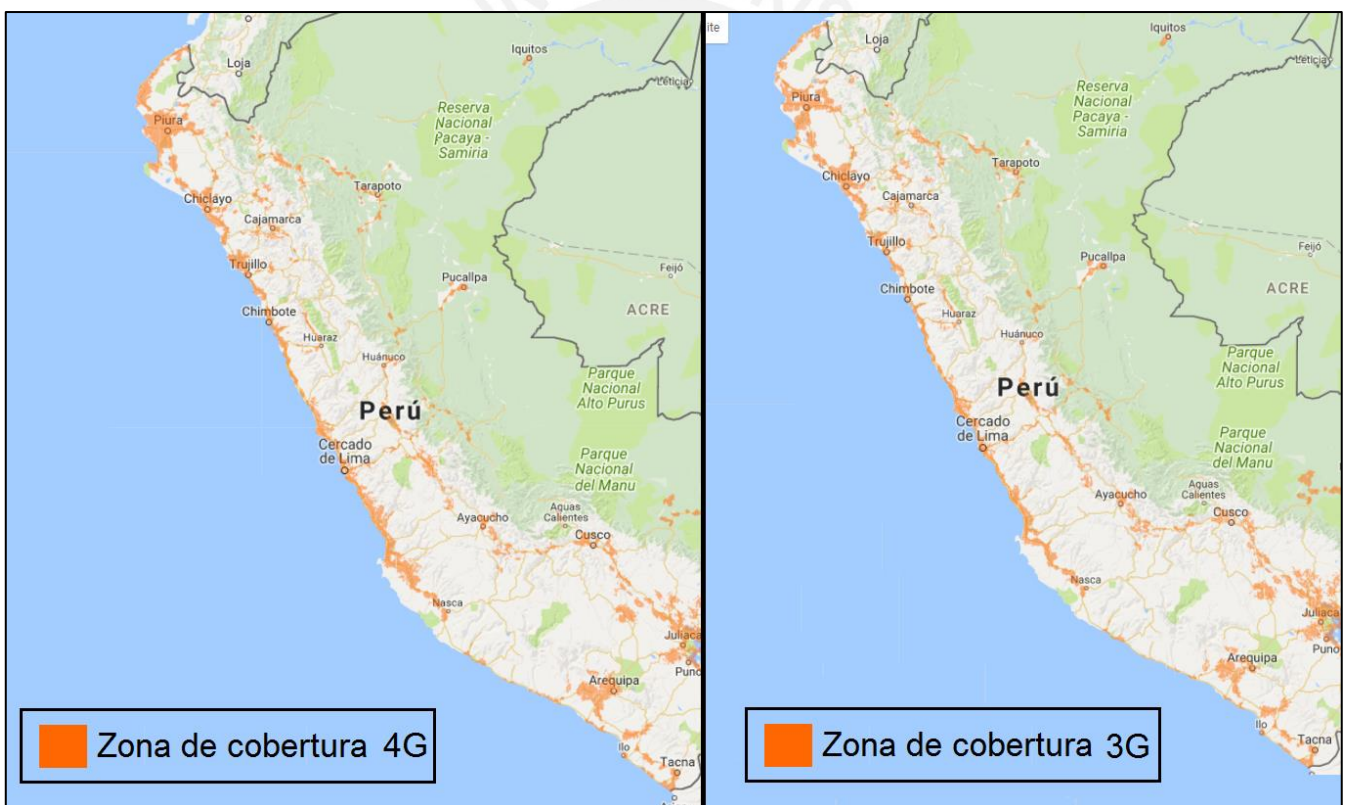


Figura 28. Zonas de cobertura de 3G y 4G de la empresa Entel Perú SA [51].

Tabla 11. Cuadro de velocidad garantizada para navegar en internet [52].

Tecnología	Velocidades	Mínima garantizada (40% de máxima)	Velocidad máxima
4G o LTE	Descarga	2 Mbps	5 Mbps
	Subida	0.4 Mbps	1 Mbps
3G	Descarga	0.4 Mbps	1 Mbps
	Subida	0.04 Mbps	0.2 Mbps

En segundo lugar, se presenta la cobertura de la tecnología 3G y 4G de la empresa Telefónica del Perú S.A. Además, en la tabla 12 se presenta la velocidad máxima y mínima garantizada para poder navegar en el internet.

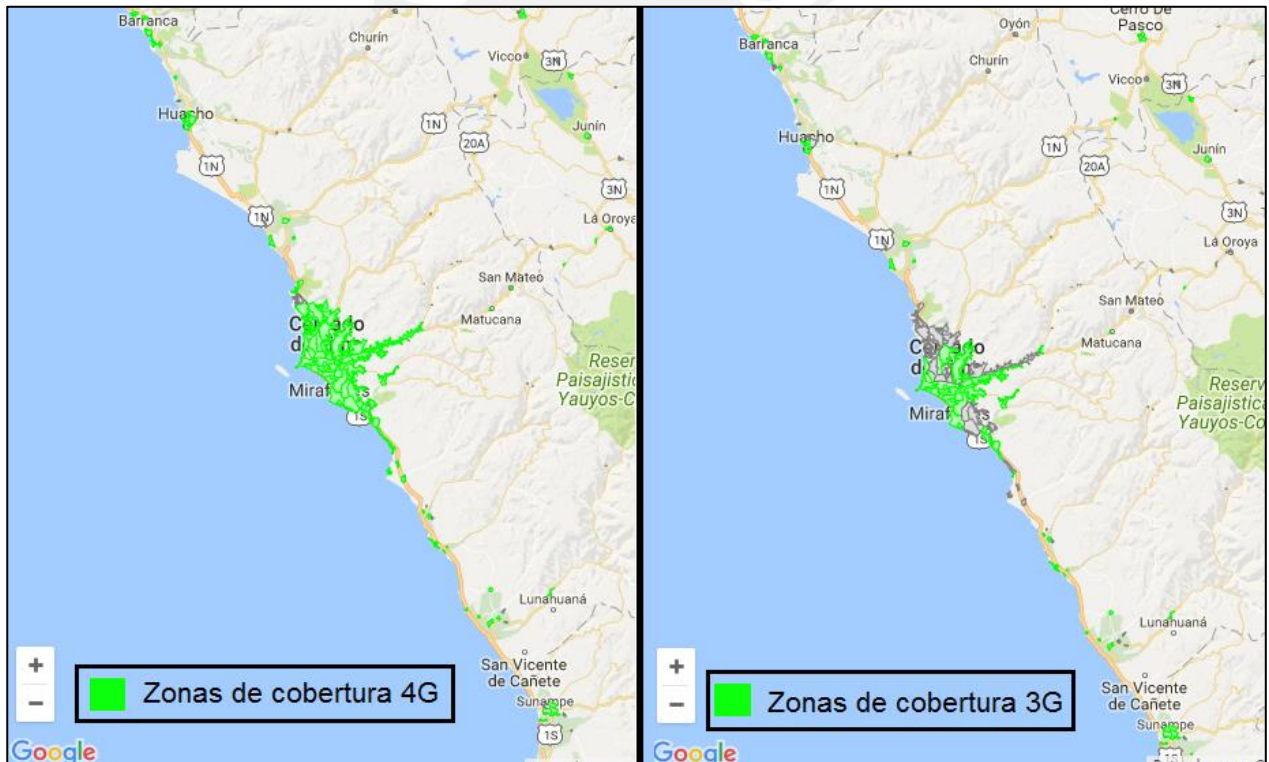


Figura 29. Zonas de cobertura de 3G y 4G de la empresa Telefónica del Perú SA [53].

Tabla 12. Cuadro de velocidad garantizada para navegar en internet [54].

Tecnología	Velocidades	Mínima garantizada (40% de máxima)	Velocidad máxima
4G o LTE	Descarga	2 Mbps	5 Mbps
	Subida	0.4 Mbps	1 Mbps
3G	Descarga	0.4 Mbps	1 Mbps
	Subida	0.04 Mbps	0.1 Mbps

Finalmente, se presenta la cobertura de la tecnología 3G y 4G de la empresa América Móvil Perú SAC. Además, en la tabla 13 se presenta la velocidad máxima y mínima garantizada para poder navegar en el internet.

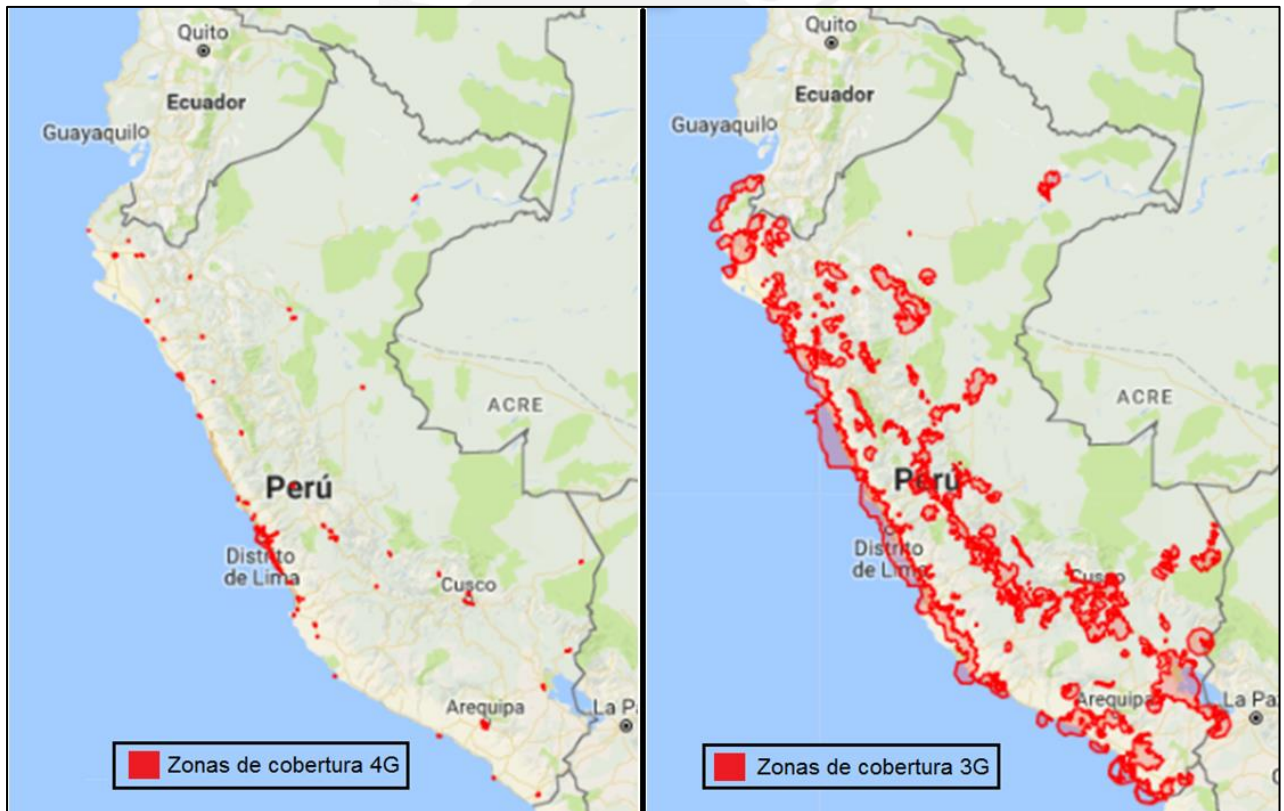


Figura 30. Zonas de cobertura de 3G y 4G de la empresa América móvil Perú SAC [55].

Tabla 13. Cuadro de velocidad garantizada para internet.

Tecnología	Velocidades	Mínima garantizada (40% de máxima)	Velocidad máxima
4G LTE	Descarga	1.2 Mbps	3 Mbps
	Subida	0.23 Mbps	0.58 Mbps
3G	Descarga	0.40 Mbps	1 Mbps
	Subida	0.078 Mbps	0.195 Mbps

En resumen, la operadora que tiene mayor cobertura 3G es América Móvil Perú SAC (Claro), seguida de Telefónica del Perú SA (Movistar) y; por último, Entel Perú SA. Mientras que la mayor cobertura en 4G es de Entel Perú SA, seguida de Movistar y, por último, Claro. Con respecto a la velocidad de subida en la tecnología 3G o WCDMA la mayor se presenta en Entel Perú SA, seguida de Movistar y, luego, Claro. En la tecnología 4G la mayor se presenta en Entel Perú SA y Movistar por igual, y, por último, Claro. Entonces, por lo antes mencionado, se selecciona la operadora Entel Perú SA, porque cuenta con una mejor cobertura en 4G, mayor velocidad de subida en WCDMA y LTE.

Tabla 14. Resumen de las características de las operadoras.  
Fuente: Elaboración propia [56].

Operadores	Cobertura 3G (Centros Poblados)	Cobertura 4G (Centros Poblados)	Velocidad Subida 3G	Velocidad Subida 4G	¿Solución?
Entel Peru SA	6892	3400	40Kbps	400Kbps	X
Telefónica del Perú SA	8080	3741	40Kbps	400Kbps	
América Móvil del Perú SA	16651	6480	78Kbps	230Kbps	

### 3.8 CÁLCULOS DE VELOCIDAD MÍNIMA Y COMPRESIÓN DEL VIDEO

Según lo desarrollado en el punto 3.7.2.1 se podría concluir que para este tema de investigación la velocidad de transmisiones establecidas para las cámaras es de 320 Kbps y de 120 Kbps, dando un total de 440 Kbps. La operadora que se empleará será de la empresa Entel Perú S.A. que brinda una velocidad mínima de subida de 0.4 Mbps (4G) y 0.04 Mbps (3G) En esta parte se analizará la cantidad máxima de cámaras que podría contar el sistema con la tecnología WCDMA y LTE según la velocidad. Por otro lado, se verá la relación que existe entre una imagen con y sin compresión H.264.

#### Sin compresión:

Para fines de los cálculos se usará una resolución de CIF (352x240 pixeles) y se hallará cuántos bits por segundo se necesita para enviar la información sin compresión:

Cantidad de pixeles:  $352 \times 240 = 675840$  pixeles

$$675840 \text{ pixeles} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ pixel}} \times \frac{1 \text{ Kbits}}{1024 \text{ bits}} = 660 \text{ Kbits}$$

$$660 \text{ Kbits} \times \frac{12 \text{ Imágenes}}{\text{Seg}} = 7920 \text{ Kbps} \times \frac{1 \text{ Mb}}{1024 \text{ Kb}} = 7.73 \text{ Mbps}$$

Se observa que sin compresión se necesita de 7.73 Mbps. Sin embargo, en la tabla 10 se aprecia que la velocidad de subida máxima es de 1 Mbps con la tecnología LTE. Por lo tanto, el video tendría problemas de congelamiento de la imagen, mala calidad en la imagen, retardo, de información. A continuación, la diferencia usando la compresión H.264.

#### Usando la compresión H.264:

$$660 \text{ Kbits} \times \frac{12 \text{ Imágenes}}{\text{Seg}} = 7920 \text{ Kbps} \times \frac{1 \text{ Mb}}{1024 \text{ Kb}} = 5.16 \text{ Mbps}$$

### CAPÍTULO III: DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Para 12 cuadros por segundos se tiene que el valor mínimo de transmisión y máximo son de 20 Kbps y 384 Kbps dentro del DVR (evidencia en el Anexo J para 10 fps y 12 fps), respectivamente.

$$\frac{20 \text{ Kbps}}{7920 \text{ Kbps}} \times 100\% = 0.25\% \rightarrow 0.25\% \text{ del total, como valor mínimo.}$$

$$\frac{384 \text{ Kbps}}{7920 \text{ Kbps}} \times 100\% = 4.85\% \rightarrow 4.85\% \text{ del total, como valor máximo.}$$

Por lo que se observa que si aplicamos la compresión H.264 se obtiene un rango de valores que se puede comprimir de 0.25% hasta 4.85% del total. También, en el anexo K se podrá ver una tabla que contiene valores recomendados que se encuentran dentro del rango de velocidad de transmisión para la resolución y cuadros por segundos diferentes.

En resumen, se observa que el rango de velocidad requerida por el sistema para realizar una transmisión en vivo bajo los requerimientos anteriormente planteados, además considerando que se encuentra con un tipo de tasa de bit VBR (Variable Bit Rate) es de 20 Kbps a 384 Kbps para las cámaras. Entonces, si la velocidad mínima que asegura la operadora en 4G es de 409.6 Kbps se podría estimar que esta configuración es factible para la tecnología de LTE.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE PRUEBAS REALIZADAS

En este capítulo IV se analizarán de manera experimental los valores de velocidad de transmisión del modem y de la oficina, con el fin de determinar si es que la red móvil soporta las configuraciones del video. Además, se realizará un análisis de costos del diseño e implementación del sistema y se brindarán las conclusiones y recomendaciones que se obtienen del desarrollo de esta tesis.

### 4.1 DIAGRAMA DE INSTALACIÓN

Se presenta el diagrama de instalación en el camión. Primero, se identificó que todo el sistema trabaja a 12 voltios, pero el vehículo cuenta con un voltaje de 24 voltios. Es por ello que se ha instalado un reductor de 24 a 12 voltios que internamente posee una protección contra corto circuitos, inversión de polaridad y sobrecarga; sin embargo, se usa un fusible de 10 amperios para que la protección sea más efectiva y de esta manera proteger al sistema CCTV si ocurre alguna falla. A continuación, se presentará dos gráficas donde se podrá apreciar la ubicación (figura 31) y el diagrama de conexión de todos los elementos del sistema (figura 32).

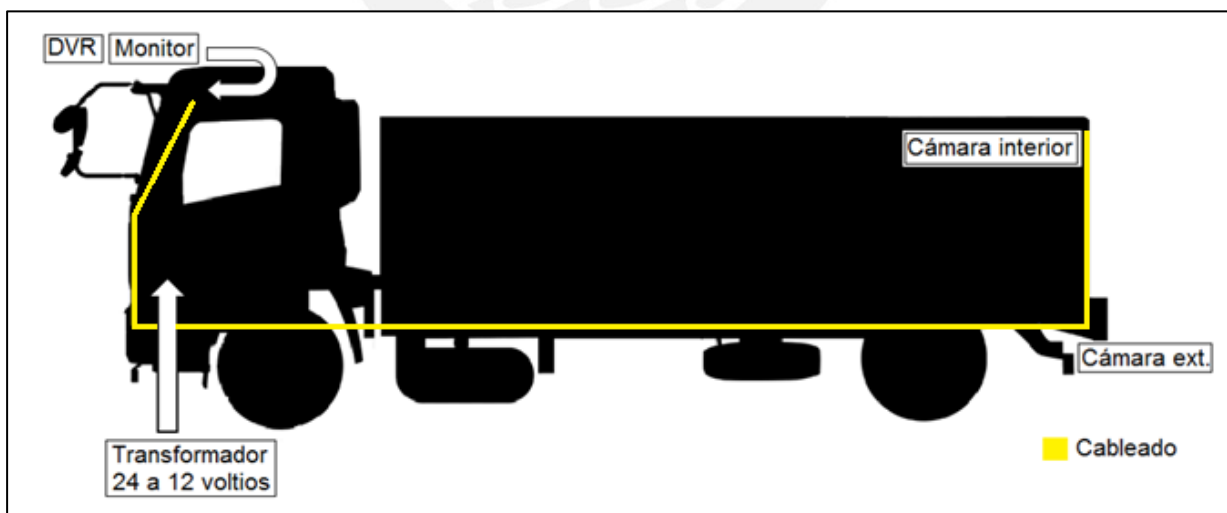


Figura 31. Ubicación de todo el sistema.  
Fuente: Adaptado de [57].

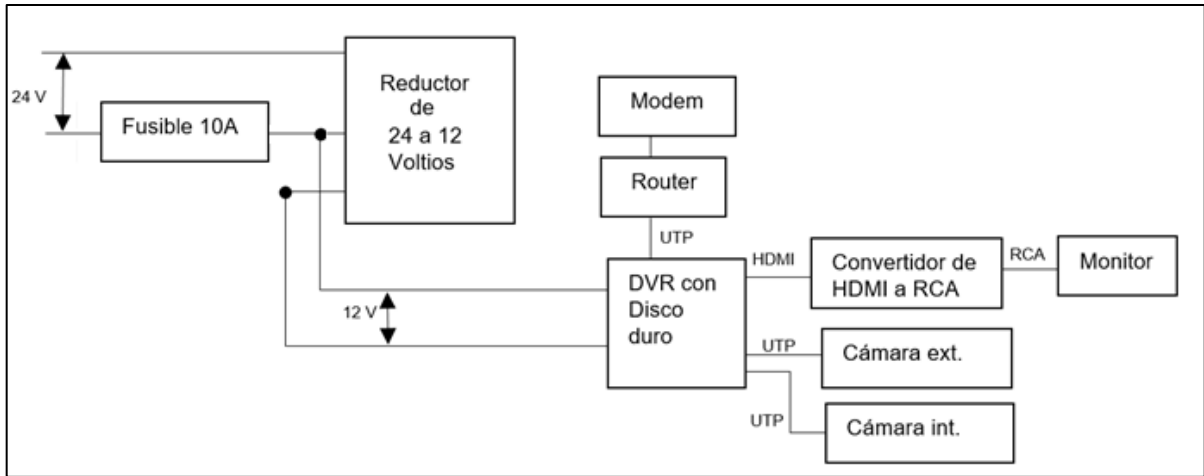


Figura 32. Diagrama de conexión del sistema.  
Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 INSTALACIÓN

En esta sección se mostrarán un conjunto de imágenes que muestran la ubicación del monitor, cámara y DVR.

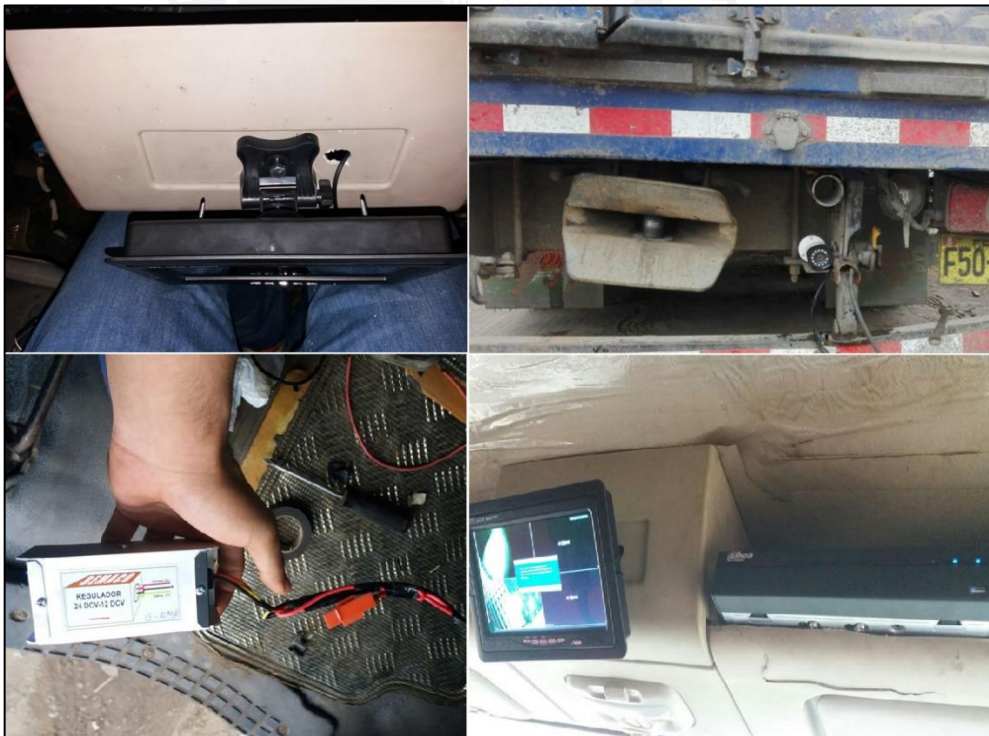


Figura 33. Proceso de instalación del equipo.  
Fuente: Elaboración propia



## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE PRUEBAS REALIZADAS

La instalación se realizó en dos días debido a que para la instalación del reductor DC se necesitaba de un electricista que conozca las conexiones del camión y de un soldador, porque el metal de la parte trasera del camión era de doble capa, siendo esta muy dura para perforar con un taladro. Por lo demás el DVR se instaló en la parte de arriba de la cabina junto a la cámara como se puede ver en la imagen y se hizo un cableado por la parte de abajo del camión para pasar los cables del DVR a las dos cámaras de la parte trasera.

### **4.3 PRUEBAS REALIZADAS**

#### **4.3.1 VELOCIDAD DE SUBIDA DEL MODEM**

Teóricamente se tenía que la empresa seleccionada disponía con la tecnología LTE de una velocidad máxima de subida de 1 Mbps y un mínimo de 0.4 Mbps, mientras que en la tecnología WCDMA la velocidad máxima era de 0.2 Mbps y un mínimo de 40.96 Kbps. Con ayuda del software de "Speedtest" que ayuda a estimar la velocidad de transmisión de la conexión del modem se realizó varias pruebas a lo largo del día 13 y 14 de junio. Estas pruebas fueron realizadas en la cochera de la empresa conectando el modem a una computadora como se puede ver en la figura 34 obteniendo una velocidad de subida promedio de 21.88 Mbps para una red 4G.

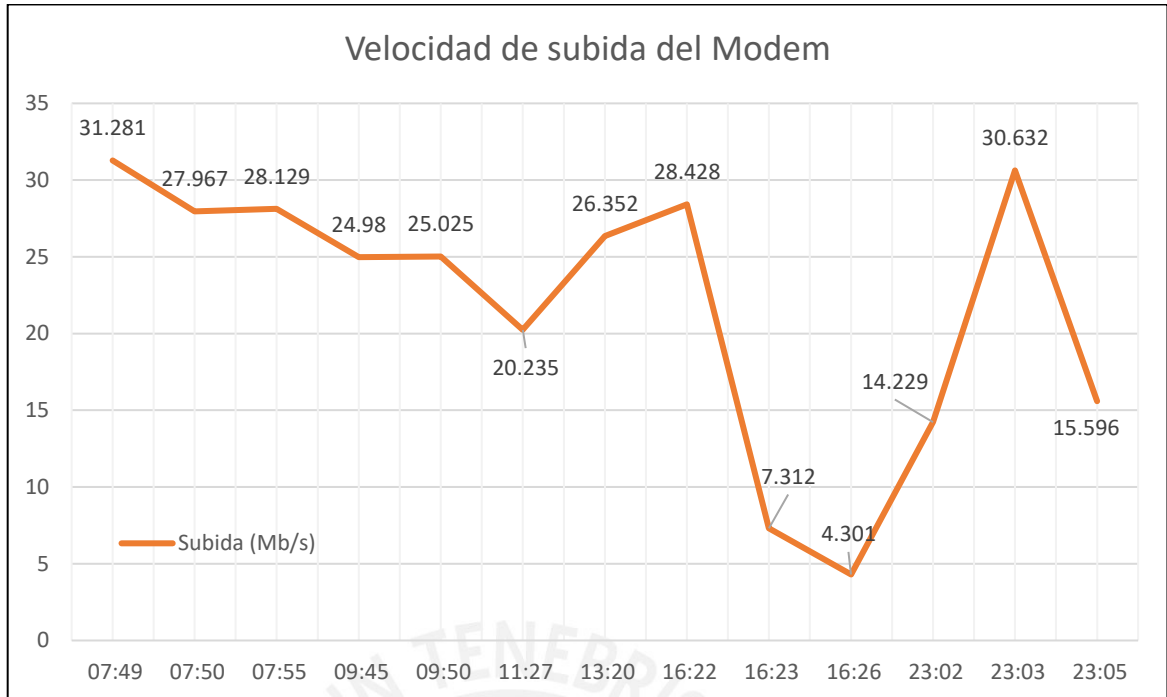


Figura 34. Velocidad de subida vs tiempo del modem  
Fuente: Elaboración propia

En resumen, teóricamente se obtuvo que la red únicamente pudiera soportar el uso de un solo sistema para la red 4G. Sin embargo, según este ensayo la velocidad promedio es de 21.88 Mbps y no de 0.4 Mbps. Entonces, existen 2 escenarios en la cual es válido el estudio el estrés de un Enode. Este se presenta cuando toda la flota de camiones se encuentre en un solo lugar, como lo son los casos cuando se encuentran en la cochera y en el almacén donde se debe cargar la mercadería. El punto más común es el almacén que se encuentra en Campoy, San Juan de Lurigancho ya que por lo menos están 3 horas en el sitio. Las coordenadas son las siguientes: -12.0221115, -76.9660319 y el site que le brinda servicio es LM\_Ocho\_Campoy. Representado en la figura posterior.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE PRUEBAS REALIZADAS

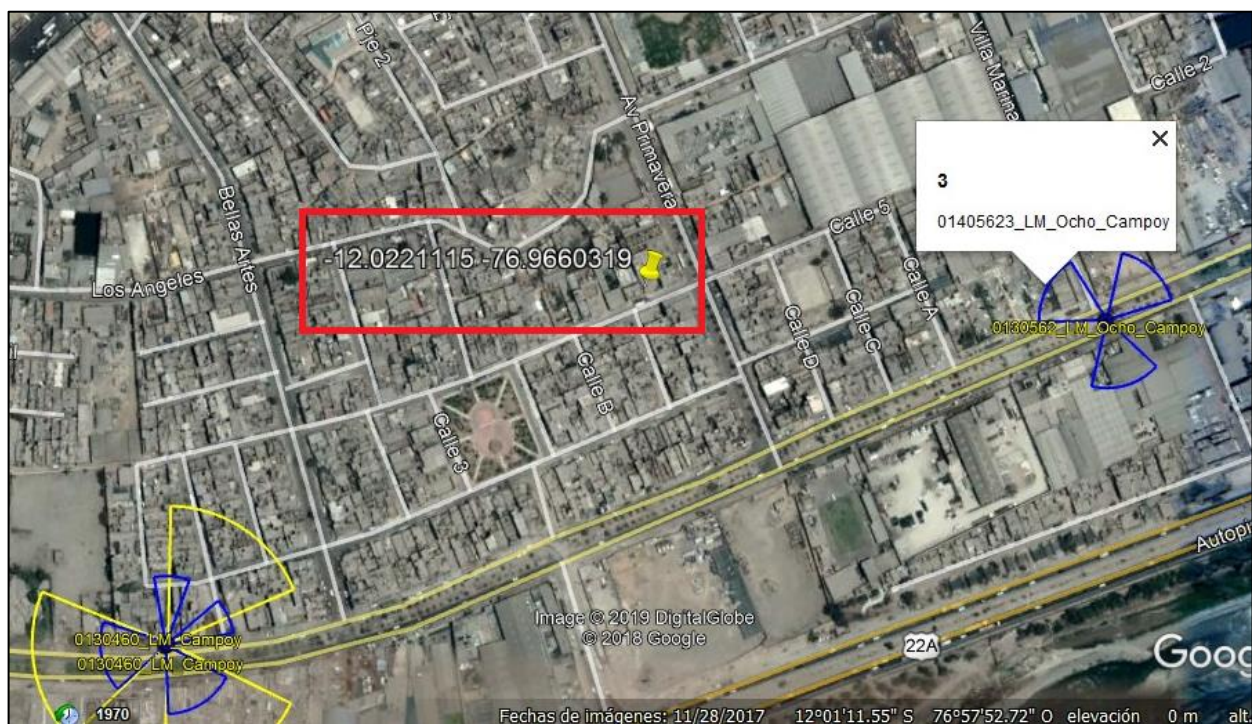


Figura 35. Google Earth de las coordenadas del sitio y su site portador.  
Fuente: Elaboración por Pedro Huapaya, Entel Peru.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE PRUEBAS REALIZADAS

**01405623\_LM\_Ocho\_Campoy**

NE Name: 0130562\_LM\_Ocho\_Campoy

CID	PCI	BW	RS	PB	PA	TxRx	Azi	Beam	H(m)	Poli
3	2	20M	152	1	-3 dB	2T4R	300	64.0	23.0	ND

KPIs	W51	W52	W1	W2
Traffic User (Max)	0.00	99.33	103.00	106.00
Traffic User (Ave)	0.00	76.31	77.13	80.32
Active User DL (Max)	0.00	24.00	25.00	24.00
Active User DL (Ave)	0.00	5.43	5.59	6.02
TH DL Cell	0.00	3.77	3.92	4.05
TH DL User Movil	0.00	4.00	3.99	4.14
TH DL User 4G QCI 9	0.00	2.53	2.27	2.05
% Uso PRB DL	0.00	70.21	72.99	72.52
% Uso DRB DL QCI9	0.00	6.66	1.71	2.49
Average CQI	0.0	8.2	7.7	7.9
UL Interference	0	-111	-111	-112
Coverage(m)	0.00	756.93	855.33	769.41

Figura 36 .Características del site LM\_Ocho\_Campoy  
Fuente: Elaboración por Pedro Huapaya, Entel Peru.

Por otro lado, se observa que la cantidad de usuarios máximo 106 a la semana número 2 del año 2019. Además, un PRB del 72.52%, lo cual nos indica que existen canales libres. Por último, rescatamos que el máximo del DL permitido en la celda sector 3 es de 24 Mbps. Bajo esta nueva información sobre la red LTE no se debería tener inconveniente en poder transmitir los videos por streaming.

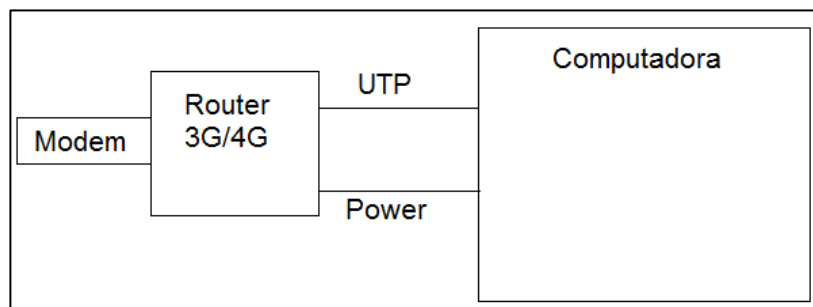


Figura 37. Diagrama de conexión para la prueba  
Fuente: Elaboración propia

### 4.3.2 VELOCIDAD DE TRANSMISION DE LA OFICINA

En esta sección se observará la velocidad de transmisión de la oficina tanto si se tiene una conexión con cable de red o mediante Wi-Fi. Se realizaron varias pruebas a lo largo del día y se determinó que en una conexión directa la velocidad de transmisión es 29.86 Mbps, mientras que si se usa Wi-Fi la velocidad de transmisión es de 20.03 Mbps. De manera adicional, telefónica se mencionó que la velocidad de transmisión es de 30 Mbps en las oficinas.

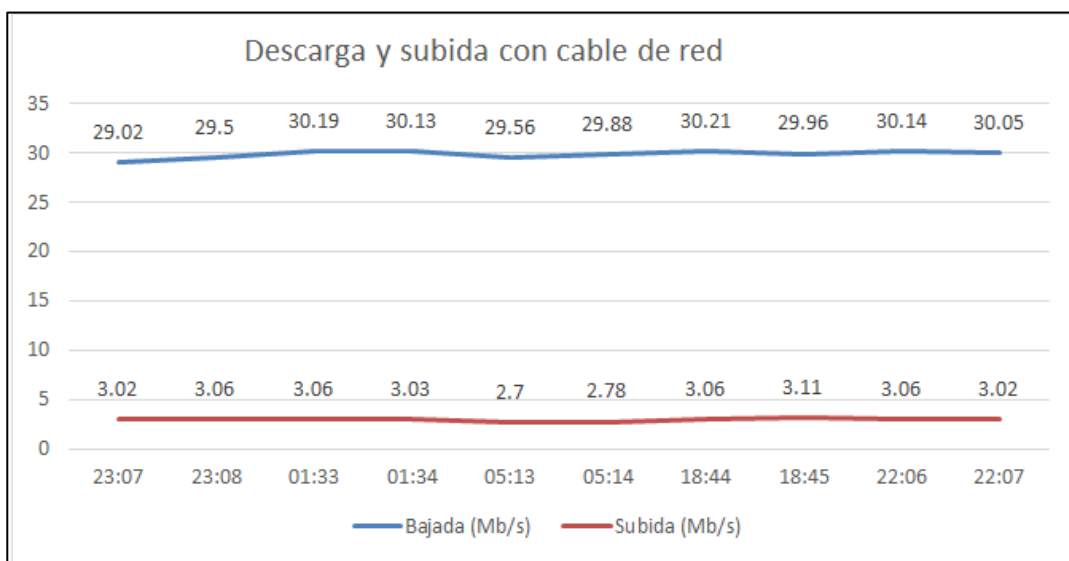


Figura 38. Velocidad de subida vs tiempo con cable red.  
Fuente: Elaboración propia

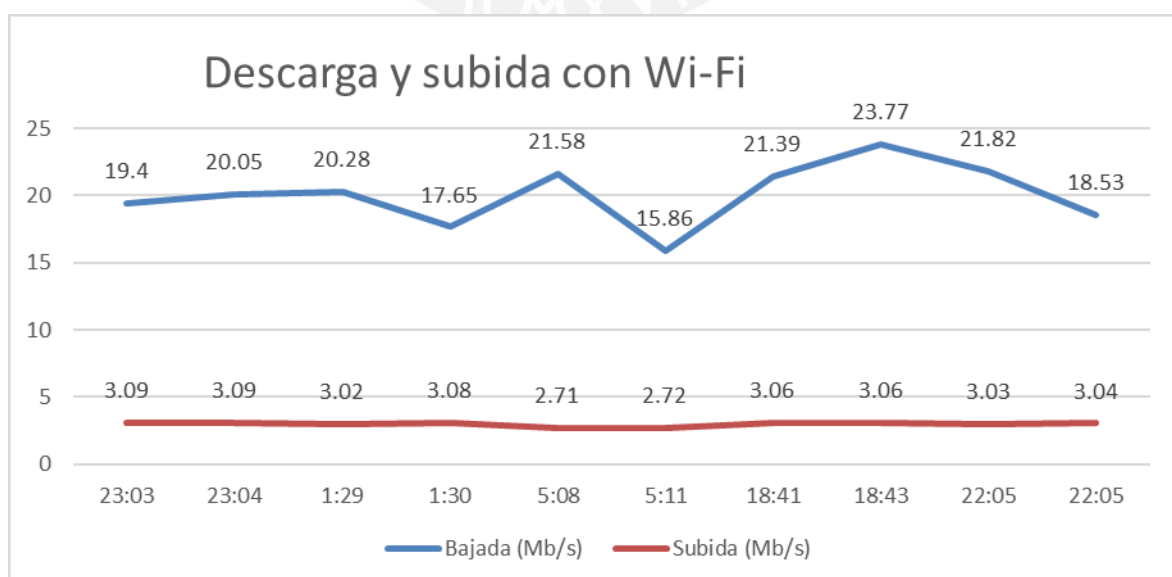


Figura 39. Velocidad de subida vs tiempo con Wi-Fi.  
Fuente: Elaboración propia

Entonces se recuerda que en la sección 3.2.2.1 la velocidad de transmisión total promedio es de 440 Kbps. Si se cuenta con una velocidad de transmisión de 30 Mbps cuando la conexión es con cable de red no habría inconveniente en monitorear varios camiones, sin embargo, lo que limite la cantidad de camiones será la red móvil.

### 4.3.3 CONFIGURACIONES DE LAS CÁMARAS

Existen dos softwares que son usados por la marca Dahua: “gDMSS Lite” en celulares y “SmartPSS” en computadoras.

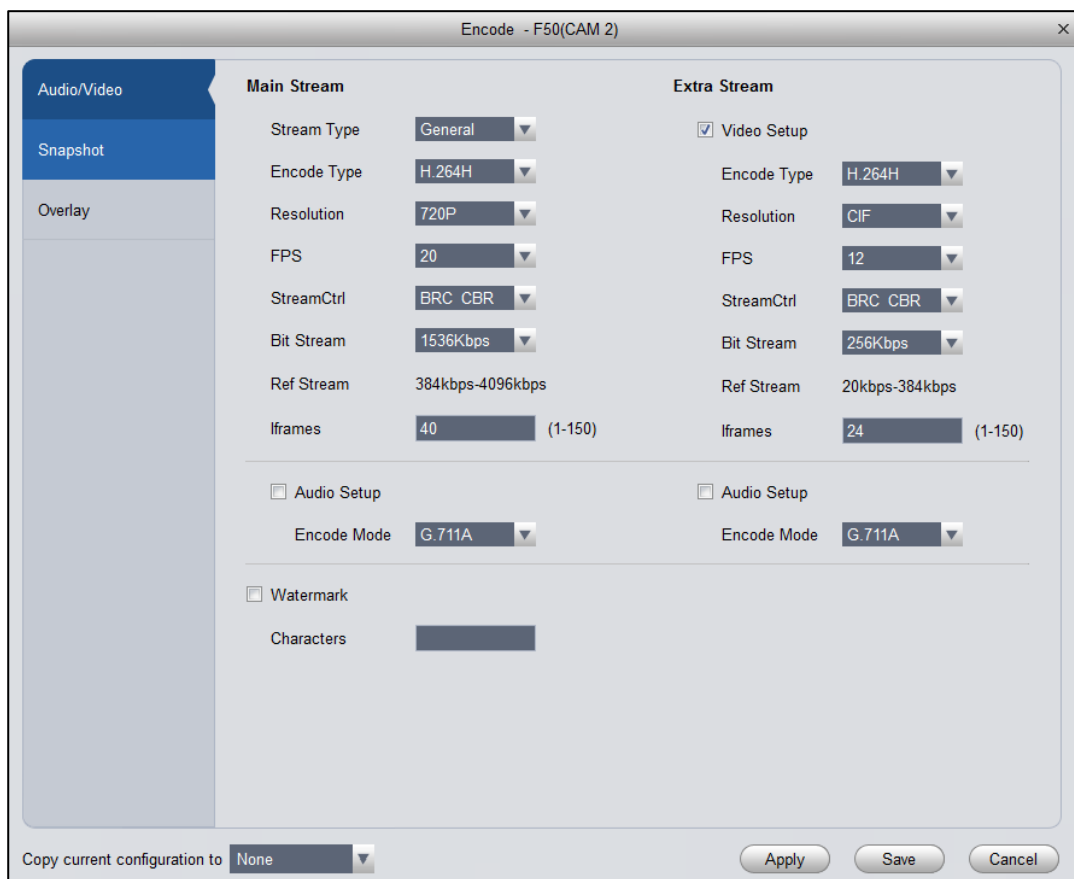


Figura 40. Panel de configuración remota de las cámaras.  
Fuente: Elaboración propia

Para fines de este documento se desarrolló todas las pruebas en el SmartPSS. Lo que se puede ver en la figura 40 es el panel de configuración remota para las cámaras que se divide en dos partes el

“main stream” y “extra stream”. Normalmente el main stream se configura con una mejor resolución con el fin obtener una mejor calidad del video. Mientras que el extra stream es configurado con el fin de no usar mucho consumo de datos. A mayor calidad en la imagen, este requerirá mayor transmisión de bits y, consecuentemente, consumirá más datos. En la figura 41 se puede apreciar el panel principal del software donde se puede ver en vivo la transmisión y la oportunidad de poder grabar el video.



Figura 41. Panel principal de visualización de las cámaras.  
Fuente: Elaboración propia

#### **4.4 CAPACIDAD MÁXIMA DE CONFIGURACIÓN DE VIDEO SEGÚN LA RED MÓVIL**

Se tiene que en la empresa seleccionada dispone de un máximo de 1 Mbps para navegar en internet y un mínimo de 0.4 Mbps en la tecnología 4G, mientras que en la tecnología 3G un máximo de 0.2 Mbps y un mínimo de 40.96 Kbps, teóricamente.

##### Para 4G:

Se tiene que la velocidad de subida mínima garantizada para el cliente es de 0.4 Mbps en el mejor de los casos (teóricamente), una resolución CIF

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE PRUEBAS REALIZADAS

(352 x 240), 30 cuadros por segundos que es el máximo valor y usando la mayor velocidad de transmisión.

$$0.4 \text{ Mbps} \times \frac{1024 \text{ Kbits}}{1 \text{ Mbits}} = 409.6 \text{ Kbps}$$

$$352 \times 240 = 675840 \text{ pixeles}$$

$$675840 \text{ pixeles} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ pixel}} \times \frac{1 \text{ Kbits}}{1024 \text{ bits}} = 660 \text{ Kbits}$$

$$\# \text{Cámaras} \times 660 \text{ Kb} \times \frac{30 \text{ Imágenes}}{\text{Seg}} \times \frac{4.85}{100} = 960.3 \text{ Kbps} \rightarrow \text{No soporta}$$

$$660 \text{ Kbits} \times \frac{\# \text{ Imágenes}}{\text{Seg}} \times \frac{4.85}{100} = 409.6 \text{ Kbps} \rightarrow \# \text{ Imágenes} = 12.79$$

Teóricamente la red 4G no soporta la transmisión de video cuando se usa una resolución CIF a 30 cuadros por segundos. Se estima que para la red LTE de la operadora de Entel, la transmisión es factible cuando se cuente con un máximo de 12 cuadros por segundo usando la resolución CIF.

### Para 3G:

Se tiene una velocidad de subida mínima garantizada para el cliente es de 40.96 Kbps en el mejor de los casos (teóricamente), una resolución CIF (352 x 240), 30 cuadros por segundos que es el máximo valor y usando la mayor velocidad de transmisión.

$$352 \times 240 = 675840 \text{ pixeles}$$

$$675840 \text{ pixeles} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ pixel}} \times \frac{1 \text{ Kbits}}{1024 \text{ bits}} = 660 \text{ Kbits}$$

$$660 \text{ Kbits} \times \frac{\# \text{ Imágenes}}{\text{Seg}} \times \frac{4.85}{100} = 40.96 \text{ Kbps} \rightarrow \# \text{ Imágenes} = 1.27$$

Se estima que para la red WCDMA de la operadora de Entel, la transmisión es factible únicamente cuando se cuente con un cuadro por segundo usando la resolución CIF.



## 4.5 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE HARDWARE

La estimación de los costos del sistema completo se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 15. Cuadro de costos de equipos y hardware  
Fuente: Elaboración propia.

Costos de equipos y hardware	
Kit Dahua	S/.565.00
Monitor TFT	S/.190.00
Cable HDMI	S/.25.00
Cable video	S/.8.90
Reductor 24 a 12 Voltios	S/.50.00
Cable 14'	S/.16.00
Fusible 10 Amperios	S/.3.50
Conector hembra macho	S/.5.50
Adaptador de HDMI a RCA	S/.90.00
Cable Corrugado	S/.43.80
Cable UTP 30 metros	S/.30.00
Modem	S/.70.00
Router	S/.110.00
Chip de solo datos	S/.1.00
<b>Subtotal</b>	<b>S/. 1,208.70</b>

La estimación de los costos de la parte mecánica se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 16. Cuadro de costos de instalación  
Fuente: Elaboración propia

Costos de instalación	
Instalación de monitor	S/.40.00
Cableado del sistema al camión	S/.40.00
Fijación de cámaras	S/.90.00
Fijación del DVR	S/.40.00
Mano de obra	S/.500.00
Monitoreo del trabajo a realizar	S/.800.00
<b>Subtotal</b>	<b>S/.1510.00</b>

Se concluye que la inversión de este proyecto es de S/ 2,718.70 Nuevos soles y el costo de servicio para transmitir el video se verá en el siguiente subcapítulo.

#### 4.6 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE SERVICIO MÓVIL

Como se ha mencionado anteriormente la transmisión del video está ligada a un plan que se debe contratar a fin de poder contar con servicio de internet en el dongle. Como el sistema propuesto para la empresa es de 320Kbps y 120Kbps nos da un total de 440Kbps. Supongamos que para monitorear al camión se cuente con 10 horas al día, por lo cual, tendríamos el siguiente cálculo.

$$\text{Velocidad de Trasmisión (Byte)} = 440 \text{ Kbps} * \frac{1 \text{ Byte}}{8 \text{ bits}} = \frac{55 \text{ KByte}}{\text{Seg}}$$

$$\text{GB requerido: } \frac{3600 \text{ Seg}}{1 \text{ Hora}} * \frac{10 \text{ Horas}}{1 \text{ Día}} * \frac{30 \text{ Días}}{1 \text{ Mes}} = \frac{1080000 \text{ Seg}}{\text{Mes}}$$

$$\frac{1080000 \text{ Seg}}{\text{Mes}} * \frac{55 \text{ KB}}{\text{Seg}} * \frac{1 \text{ MB}}{1024 \text{ KB}} * \frac{1 \text{ GB}}{1024 \text{ MB}} = \frac{56.65 \text{ GB}}{\text{Mes}}$$

En resumen, se requiere de 57 GB mensuales para que transmitir en video lo que se está grabando. El plan más alto que se puede conseguir es de S/. 99.00 que brinda un total de 14GB [58] más 9 bolsas de prepago que te brindan 5GB (estos planes son del 22 de febrero del 2019) por un costo de S/49.00 Soles. Por consiguiente, el monto en soles que necesitaría la empresa para satisfacer las necesidades sería de S/.540.00 Nuevos Soles mensuales.

## 4.7 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Este documento de tesis o el diseño propuesto no intenta reemplazar al seguro de mercadería, ya que existen casos de robos con armas de fuego donde se podría alertar más rápido a las autoridades o, por lo contrario, que el asaltante ordene apagar todo y el personal del vehículo deba acatar para no poner en riesgo su vida. También, puede pasar que no se cuente con un personal que esté monitoreando la mercadería y no esté atento a cualquier detalle que esté pasando con el vehículo o personal. En otras palabras, el robo no es controlado al 100%, es por ello que se sugiere que pueda funcionar como un complemento para brindarle un valor agregado al servicio de carga para la empresa de transporte o las empresas de seguros que ayudaría a disminuir el índice de siniestralidad.

Primero, como se menciona en el capítulo uno existe un total de 106 mil empresas de transporte en el Perú para el año 2017. Sin embargo, en una era actual de transformación digital, hoy en día se debe incentivar la innovación dentro de las empresas. Es por lo que esta tesis ofrece la oportunidad de brindar un valor agregado al servicio de traslado de mercancía, con el fin de que el cliente pueda ver su carga en cualquier momento que el desea y si es que el camión se encuentra en movimiento hacia su destino.

Segundo, las aseguradoras también podrían aprovechar este diseño. Es decir, por ejemplo, una empresa de transporte, que cuenta con un seguro de mercadería, si desafortunadamente le llegasen a robar en plena carretera y en movimiento como es común. En este ejemplo se puede analizar las dos entidades involucradas: la aseguradora y la empresa asegurada. Por un lado, en el caso de la empresa aseguradora tendría pagar el monto declarado como perdido y/o robado, más gastos de investigación del caso, si se contase con información para que investiguen, entre otros. Por otro lado, en el caso de la empresa asegurada; es decir la de transporte, tendría que pagar el deducible y aumentaría su historial de

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE PRUEBAS REALIZADAS

robos; por ende, lo más seguro es que la aseguradora realice un nuevo análisis para calcular su nueva prima a pagar mensualmente y; por consiguiente, el deducible también variaría para el siguiente periodo.

A continuación, se presenta el porcentaje del índice de siniestralidad generales, donde se observa que el índice entre el 2017 y 2018 se mantiene y es de 38.79% aproximadamente, también en el anexo L se podrá observar los 15 tipos de seguros que existen para el sector de transportes, de los cuales 12 se encargan de asegurar la mercadería del transportista por daños físicos o pérdidas materiales.

Tabla 1718. Índice de Siniestralidad Retenida Ramos Generales (%)  
Fuente: Elaboración Equilibrium [59]

	Mar.17	Mar.18
<b>Incendio</b>	- 727.54	50.36
<b>Transporte</b>	38.35	39.24
<b>Cauciones</b>	24.88	21.36
<b>Vehículos</b>	60.61	64.32
<b>Maquinaria</b>	16.66	3.74
<b>Equipo Electrónico</b>	41.46	8.13
<b>Robo y Asalto</b>	21.40	19.83
<b>Responsabilidad Civil</b>	28.66	10.51
<b>Marítimo</b>	8.98	57.45
<b>Misceláneos</b>	31.95	11.86

Por consiguiente, yo considero que ambas partes tanto para la empresa de transportes como para la empresa aseguradora (más para la última) le sería muy útil el uso de este diseño debido a que el material que se encuentra grabado sería de mucha ayuda al momento de querer entrar a un proceso de investigación para recuperar parte del capital. También, si es que hay personal monitoreando la mercadería, el actuar rápido puede ayudar a evitar más de estos siniestros lo que influiría directamente en disminuir el índice de siniestralidad. Si este último disminuye entonces hay más rentabilidad para las empresas aseguradoras.

## CONCLUSIONES

- En esta tesis se ha demostrado que, bajo las configuraciones desarrolladas en el presente tema de investigación, la velocidad requerida para la transmisión de video de dos cámaras (una cámara para el interior y otra para el exterior del furgón) es de 440 Kbps. El operador ofrece una velocidad mínima en 3G de 2 Mbps. Por lo tanto, el sistema es factible.
- Se logró comprobar experimentalmente que la red LTE del operador seleccionado brinda una velocidad promedio de subida de 21.88 Mbps. Por lo tanto, se puede establecer que con esta velocidad se podrían conectar sin problemas, considerando la configuración de 320 Kbps, correspondiente a 12 cuadros por segundo para una cámara y la configuración de 120 Kbps a 12 cuadros por segundo para la cámara del canal 4.
- Se realizó el análisis cuando la flota de camiones se encuentra situados dentro de un mismo punto (almacén de carga o cochera), donde se pudo apreciar que la cantidad promedio de canales libres que podría existir en una celda es de 30. Con lo cual para una empresa de transportes que sobre pase estos números de camiones (cada camión ocupa un canal), podría verse afectado en la transmisión del video y a los usuarios del mismo bloque.
- De las configuraciones descritas en el presente tema de investigación, se concluye que la arquitectura óptima para la empresa Expreso D3 es la compuesta por la cámara de video, el DVR y el modem que conecta a la red 3G/4G.
- Contar con este diseño como complemento podría ayudar a innovar a la empresa de transporte o puede ayudar a disminuir el índice de siniestralidad en el transporte de mercadería, y que este decrezca ayudaría a generar más rentabilidad para este tipo de seguros.

## RECOMENDACIONES

- Analizar de manera cuidadosa donde ubicar los elementos del CCTV en el camión de una manera fija, ya sea las cámaras o el DVR debido a que este sufre bastantes perturbaciones que pueden dañar el cableado y/o la instalación.
- Se recomienda no configurar la cámara a más 0.4 Mbps debido a que puede tener conflictos con la red móvil 4G y 40.96 Kbps.
- Si se desea continuar con este tema de tesis se puede avanzar realizando programación dentro del router. Realizar un condicional sobre la configuración de la transmisión en vivo, si la lectura de las características de la red móvil son excelentes o pobres. Es decir, existen ubicaciones en todo el Perú donde se cuenta con mayor o menor DL o UL para los puntos que cuente con valores excelentes se puede aumentar la resolución y velocidad de transmisión del video; caso contrario, cuando se cuente con valores bajos se puede disminuir la resolución y velocidad de transmisión para que no haya muchos congelamientos de imágenes.
- Si se desea contar con un mayor ancho de banda se puede hacer uso de un dispositivo llamado “bonding” que es una caja donde se conectan cuatro modem de operadoras diferentes y todas las velocidades se combinan.
- Si el consumo de ancho de banda es demasiado se puede realizar la transmisión en vivo de una cámara por una y de esta manera se garantiza obtener una mejor calidad en la transmisión.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015,» Febrro 2018. [En línea]. Available: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/01-informe-tecnico-n-01-demografia-empresarial-iv-trim2017\\_feb2018.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/01-informe-tecnico-n-01-demografia-empresarial-iv-trim2017_feb2018.pdf). [Último acceso: 09 Abril 2018].
- [2] Ministerio de Transportes y Comucaciones, «Empresas Autorizadas del Transporte de Carga General Nacional, según Departamento: 2007-2016,» Setiembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/transportes.html>. [Último acceso: 09 04 2018].
- [3] Ministerio de Transporte y Comunicación, «Asaltos en Carreteras Registrados por La Policía de Carreteras, según Modalidad y Vehículos: 2007-2016,» Setiembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/transportes.html>. [Último acceso: 09 Abril 2018].
- [4] D. F. N. Guevara, Interviewee, *Cuadro de Robos de Mercaderías*. [Entrevista]. 20 Enero 2017.
- [5] GPS TECHNOLOGIES CHILE S.A., «Videolocaliza Cotización,» GPSTEC, Santiago- Chile, 2016.
- [6] M. Rouse y L. Pedersen, «What is Tech Target,» WhatIs.com, Abril 2012. [En línea]. Available: <http://whatis.techtarget.com/definition/CCTV-closed-circuit-television>. [Último acceso: 27 Abril 2017].
- [7] R. Junghanss, «Diseño de un sistema de CCTV,» Julio 2008. [En línea]. Available: [http://www.rnds.com.ar/antiores.asp?id\\_rev=64](http://www.rnds.com.ar/antiores.asp?id_rev=64). [Último acceso: 27 Abril 2017].
- [8] Testo Argentina SA, Academia Online, [En línea]. Available: <http://www.academiatesto.com.ar/cms/historia-de-la-camara-termografica>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [9] Dahua Technology, «Dahua Technology Productos,» 2010. [En línea]. Available: <http://www1.dahuasecurity.com/es/products/dvr6404lf-s-201.html>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [10] I. Mártel, «Público,» Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://blogs.publico.es/ignacio-martil/2016/05/27/la-invisible-y-muy-real-radiacion-infrarroja/>. [Último acceso: 28 Abril 2017].
- [11] Vivotek, «IP8362datasheet,» [En línea]. Available: [http://download.vivotek.com/downloadfile/downloads/datasheets/ip8362datasheet\\_es.pdf](http://download.vivotek.com/downloadfile/downloads/datasheets/ip8362datasheet_es.pdf). [Último acceso: 15 Junio 2017].
- [12] Informática Moderna, «Informática Moderna,» 16 Octubre 2016.

- [En línea]. Available: [http://www.informaticamoderna.com/Camara\\_IP.htm](http://www.informaticamoderna.com/Camara_IP.htm). [Último acceso: 28 Abril 2017].
- [13] F. G. Ruiz, DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DOMÓTICO Y VIDEO, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2013.
- [14] H. J. O. Bernal, ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA VIDEO STREAMING EN REDES DUAL STACK IPV4/IPV6, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2010.
- [15] J. M. Lora Moreno, «ESTÁNDARES DE COMPRESION DE VIDEO,» de *IMPLEMENTACIÓN DE DECODIFICACIÓN JPEG PARA CLIENTE RECEPTOR DE IMÁGENES EN J2ME*, Sevilla, Trabajos y proyectos fin de estudios de la E.T.S.I., 2006, p. Capítulo 6.
- [16] C. P. Vega, «Univerdidad de Cantabria,» 20 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Compresion%20de%20video.pdf>. [Último acceso: 13 Abril 2017].
- [17] H. Schulzrinne y M. Handley, Escritores, *ANALOG AND DIGITAL VIDEO*. [Performance]. Columbia University-COMS6181, 2015.
- [18] Axis Communications, «Identificacion y Reconocimiento,» Axis Communications, 2017a. [En línea]. Available: <https://www.axis.com/ec/es/learning/web-articles/identification-and-recognition/resolution>. [Último acceso: 28 Junio 2017].
- [19] M. A. C. Gil y A. C. Santos, «Universidad Nacional de Educación a Distancia,» Octubre 2013. [En línea]. Available: [https://ocw.innova.uned.es/mm2/tm/contenidos/pdf/tema4/tmm\\_tema4\\_video\\_digital.pdf](https://ocw.innova.uned.es/mm2/tm/contenidos/pdf/tema4/tmm_tema4_video_digital.pdf). [Último acceso: 09 Mayo 2017].
- [20] E. M. Aguilar Fernández, «E-Reading. Trabajos y proyectos fin de estudios de la ETSI,» 13 Junio 2008. [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11618/fichero/MEMORIA%252F06+-+Cap%C3%ADtulo+3+-+Conceptos+b%C3%A1sicos+de+MPEG.pdf>. [Último acceso: 10 Febrero 2019].
- [21] Axis Communications, «Estándar de compresión de vídeo H.264.,» [En línea]. Available: [https://www.axis.com/files/whitepaper/wp\\_h264\\_31805\\_es\\_0804\\_lo.pdf](https://www.axis.com/files/whitepaper/wp_h264_31805_es_0804_lo.pdf). [Último acceso: 16 Mayo 2017].
- [22] J. A. C. ESPINOZA, CALIDAD DE SERVICIO EN EL DESPLIEGUE DE UN SERVICIO DE VIDEO STREAMING, Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2014.
- [23] F. Kozamernik, «EBU Technical Department,» Octubre 2002. [En línea]. Available: [https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev\\_292-kozamernik.pdf](https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_292-kozamernik.pdf). [Último acceso: 17 Mayo 2017].



- [24] M. F. Vivas, «ANÁLISIS DE LOS PROTOCOLOS DE TIEMPO REAL EN ETHERNET RTP, RTCP Y RTSP.,» 2006. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/manuelfloresv/analisis-de-los-protocolos-de-tiempo-real-rtp-rtcp-y-rtsp>. [Último acceso: 19 Mayo 2017].
- [25] I. C. E. M. C., «Fundamentos de Redes,» [En línea]. Available: [http://www.redtauros.com/Clases/Fundamentos\\_Reddes/07\\_Protocolo\\_Internet\\_UDP.pdf](http://www.redtauros.com/Clases/Fundamentos_Reddes/07_Protocolo_Internet_UDP.pdf). [Último acceso: 19 Mayo 2017].
- [26] Videovigilancia, todo para la vigilancia, «RialTrade,» 14 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://www.videovigilancia.eu.com/blog/videovigilancia/eleccion-del-cable-adecuado-para-tvcc>. [Último acceso: 28 Abril 2017].
- [27] B. E. R. Gallegos, «SlideShare,» 08 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/blancarodriguez756412/caractersticas-de-los-medios-de-transmision-de-datos>. [Último acceso: 13 Mayo 2017].
- [28] Mundo Teleco, «Cable coaxial,» 17 Enero 2015. [En línea]. Available: <http://mundotelecomunicaciones1.blogspot.pe/2015/01/cable-coaxial.html>. [Último acceso: 31 Mayo 2017].
- [29] I. P.F.Perez, «Universidad Tecnológica Nacional,» 18 01 2005. [En línea]. Available: [http://www1.frm.utn.edu.ar/medidase2/varios/parametros\\_redes1.pdf](http://www1.frm.utn.edu.ar/medidase2/varios/parametros_redes1.pdf). [Último acceso: 13 Mayo 2017].
- [30] «Tipos de conexiones de red,» ProyectoFinal9352, [En línea]. Available: <https://sites.google.com/a/galileo.edu/proyectofinal9352/tipos-de-conexiones-de-red/cable-utp>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [31] «Equip Conector RJ45 Cat6 100 Unidades,» PC Componentes, [En línea]. Available: <https://www.pccomponentes.com/equip-conector-rj45-cat6-100-unidades>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [32] C3 Comunicaciones, «Alcance de Fibra Óptica,» 9 Diciembre 2009. [En línea]. Available: <http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Alcance%20fo.pdf>. [Último acceso: 28 Junio 2017].
- [33] L. S. LOOR, «USO DE FIBRA ÓPTICA EN LAS EMPRESAS Y TOPOLOGÍA DE REDES QUE USAN,» 29 Julio 2014. [En línea]. Available: <http://consultadelicethsaltos.blogspot.pe/>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [34] J. A. D. Ramos, «Curso de Redes Local Medios de Transmisión-UNAD,» Septiembre 2012. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/julidk/medios-de-transmision-14417863>. [Último acceso: 24 Mayo 2017].
- [35] M. d. C. R. Ternero, «Transmisión de datos,» 2004. [En línea].

- Available:  
<http://www.dte.us.es/personal/mcromero/docs/arc1/tema3-arc1.pdf>. [Último acceso: 24 Mayo 2017].
- [36] I. Olmos, «Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,» Diciembre 2014. [En línea]. Available: [http://www.cs.buap.mx/~iolmos/redes/6\\_Medios\\_Guidados\\_NoGuiados.pdf](http://www.cs.buap.mx/~iolmos/redes/6_Medios_Guidados_NoGuiados.pdf). [Último acceso: 25 Mayo 2017].
- [37] Star Ligh, «Cálculo capacidad del Disco duro,» [En línea]. Available: <http://www.starligh.com/manuales/cctv/Calculo%20Capacidad%20del%20Disco.pdf>. [Último acceso: 29 Junio 2017].
- [38] Blog Tecnosinergia, «Aprende a calcular la capacidad del Disco Duro en grabadores AHD y HD-TVI,» [En línea]. Available: <https://tecnosinergiamx.com/2015/08/31/aprende-a-calcular-la-capacidad-del-disco-duro-en-grabadores-ahd-y-hd-tvi/>. [Último acceso: 29 Junio 2017].
- [39] Huinca Coop, «Todo sobre Velocidad de Conexiones 2G, 3G y 4G,» [En línea]. Available: <http://www.huincacoop.com.ar/pdfs/Todo%20sobre%20Velocidad%20de%20Conexiones.pdf>. [Último acceso: 28 Mayo 2017].
- [40] Z. Ines, «Slide Player,» 2015. [En línea]. Available: <http://slideplayer.es/slide/3489449/>. [Último acceso: 18 Mayo 2017].
- [41] Movilfacil, «Telefonía móvil al alcance de todos,» 11 Marzo 2011. [En línea]. Available: <https://movilfacil.wordpress.com/2011/03/11/18/>. [Último acceso: 28 Mayo 2017].
- [42] I. R. Valbuena, «Seguridad en redes 4G Wimax o LTE ¿Cuál es la más segura?,» 23 Junio 2013. [En línea]. Available: <http://seguridaddigitalvenezuela.blogspot.pe/2013/06/seguridad-en-redes-4g-wimax-o-lte-cual.html>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [43] U. Díaz Antonio, . J. Medina Zendejas y D. Torres Huerta, «TV móvil mediante la tecnología MBMS en redes celulares 3G/IP,» 29 Mayo 2012. [En línea]. Available: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/904/A7.pdf?sequence=7>. [Último acceso: 29 Mayo 2017].
- [44] D. Y. Nieto, ALGORITMOS DE SINCRONIZACIÓN EN LTE, Madrid: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, 2015.
- [45] C. R. M. Cecibel, Análisis de la propuesta de evolucion de redes 3G y su convergencia a la tecnología 4G para redes de telefonía movil, Cuenca: Universida Politecnica Salesiana Sede Cuenca, 2012.
- [46] Flytec Computers, «Nexxt Xpy4004-HD CCTV Kit HD Video

- Surveillance System 4 Channel with 4 Indoor and Outdoor 720p Cameras,» [En línea]. Available: <https://flyteccomputers.com/product/21800/Nexxt-Xpy4004-HD-CCTV-Kit-HD-Video-Surveillance-System-4CH-with-4-Out-720p-Cams>. [Último acceso: 26 Junio 2017].
- [47] Industrias Maestro, «Kit 4 Cámaras Turbo HD 720 – Hikvisión,» [En línea]. Available: <http://www.industriasmaestro.com/tienda/kit-4-camaras-turbo-hd-720-hikvision/>. [Último acceso: 26 Junio 2017].
- [48] Mercado libre, «Kit Cctv Dahua 4 Camaras Megapixel 720p Hd,» [En línea]. Available: [http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-576517546-kit-cctv-dahua-4-camaras-megapixel-720p-hd-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-576517546-kit-cctv-dahua-4-camaras-megapixel-720p-hd-_JM). [Último acceso: 26 Junio 2017].
- [49] Blauden, «Huawei E3131, modem USB 3.75G HSPA+,» [En línea]. Available: <http://www.blauden.com/huawei-e3131-modem-usb-3-75g-hspa>. [Último acceso: 26 Junio 2017].
- [50] TP-Link, «Router inalámbrico N 3G/4G portátil,» [En línea]. Available: [http://www.tp-link.es/products/details/cat-4691\\_TL-MR3020.html](http://www.tp-link.es/products/details/cat-4691_TL-MR3020.html). [Último acceso: 26 Junio 2017].
- [51] Entel Peru SA, «Cobertura,» [En línea]. Available: <http://www.entel.pe/personas/ayuda-y-soporte/cobertura/>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [52] Opsitel, «FICHA INFORMATIVA DE LA TARIFA N° TETM20170000132,» 06 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://serviciosonline.osiptel.gob.pe/ConsultaSIRT/Buscar/FrmVerTarifa.aspx>. [Último acceso: 23 Junio 2017].
- [53] Telefonica del Peru SA, «Cobertura Móvil,» [En línea]. Available: <http://www.movistar.com.pe/movil/cobertura-inalambrica>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [54] Opsitel, «FICHA INFORMATIVA DE LA TARIFA N° TETM201500692,» 01 Enero 2016. [En línea]. Available: <http://serviciosonline.osiptel.gob.pe/ConsultaSIRT/Buscar/FrmVerTarifa.aspx?pTarifa=72741>. [Último acceso: 23 Junio 2017].
- [55] América Móvil Peru SAC, «Consulta nuestra cobertura,» [En línea]. Available: <http://cobertura.claro.com.pe/>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [56] Gestión del Perú, «Osiptel: ¿Qué empresa lidera el ranking de cobertura 4G y 3G?,» Empresa Editora El Comercio, 29 03 2018. [En línea]. Available: <https://gestion.pe/economia/osiptel-empresa-lidera-ranking-cobertura-4g-y-3g-230471>. [Último acceso: 05 03 2019].
- [57] D. R. Design. [En línea]. Available: <https://pixabay.com/es/silueta-camion-transporte-cami%C3%B3n-2067153/>. [Último acceso: 29 Junio 2017].
- [58] Entel Peru SA, «Planes Internet Móvil | 080009000,» Empresa

#### CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE PRUEBAS REALIZADAS

Nacional de Telecomunicaciones S.A., 11 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <http://www.entel.pe/internet-postpago/planes/>. [Último acceso: 27 Febrero 2019].

- [59] Equilibrium Clasificadora de Riesgo SA, «Equilibrium,» 31 Marzo 2018. [En línea]. Available: <http://www.equilibrium.com.pe/segurosperumar18.pdf>. [Último acceso: 01 Abril 2019].

