

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

Diseño y dimensionamiento de un sistema de telecomunicaciones optimizado para el nuevo hospital de la provincia Espinar en Cusco

Tesis para optar el título de Ingeniera de las Telecomunicaciones, que presenta la bachillera

ELSA INDIRA JIMÉNEZ JÁUREGUI

Asesor: Ing. Hugo Rosas Lozada

Lima, noviembre de 2018

Dedicatoria



Dedico esta tesis a mis padres Elsa y Luis,
a mi hermano Luis,
a Dante y Canela,
a quienes me tuvieron paciencia y cariño incondicional y
a quienes me dieron la oportunidad de realizar este proyecto.

It's done!

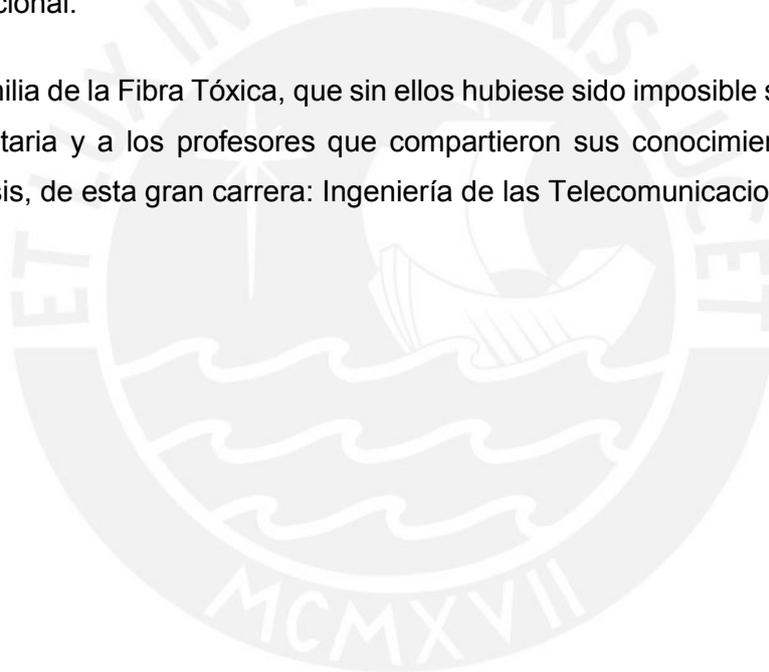
Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia porque sin ellos nada hubiese sido posible, gracias por todas las enseñanzas que me han dado a lo largo de mi vida, el apoyo incondicional y la paciencia que me han brindado siempre.

Un agradecimiento muy especial a mi asesor, el Ing. Hugo Rosas Lozada, por el tiempo, la buena disponibilidad, el apoyo incondicional y la oportunidad brindada para la realización de este proyecto.

También, agradecer a quien se preocupó todos los días por el avance de esta tesis, me acompañó en esta travesía, quien apoya mis decisiones y me da su cariño incondicional.

A la familia de la Fibra Tóxica, que sin ellos hubiese sido imposible sobrevivir la etapa universitaria y a los profesores que compartieron sus conocimientos para realizar esta tesis, de esta gran carrera: Ingeniería de las Telecomunicaciones.



Resumen

La presente tesis desarrolla el diseño y dimensionamiento de un sistema de telecomunicaciones optimizado para el sector salud en el nuevo centro médico de categoría II-1 de la provincia Espinar, departamento de Cusco.

El tema de investigación surge debido a la deficiencia o ausencia de los sistemas de telecomunicaciones al momento de planificar la construcción de un centro de salud. No obstante, en los últimos 5 años se ha empezado a aplicar un estándar en sistemas de telecomunicaciones para construcciones en general, por lo que se espera que este sistema sea optimizado para centros de salud como el Hospital de Espinar.

Se identificaron los principales problemas del centro de salud, entre los que se encuentra el limitado acceso de consultas telefónicas al hospital en todo momento por parte de la población, la posibilidad de quedar incomunicados ante emergencias que hagan colapsar una red de telecomunicaciones estándar, la inseguridad de las instalaciones y del personal dentro del hospital, la limitada comunicación del personal médico con otros centros de salud a nivel nacional, sin realizar videoconferencias y el incorrecto almacenamiento histórico de las imágenes médicas.

Para abordar estos problemas se utilizará un sistema de telefonía integrado con acceso de llamadas gratuitas y troncales de alta capacidad, un sistema de video vigilancia integrado que tendrá una central de control y monitoreo, al cual se podrá reportar eventos por medio de un sistema de misión crítica basada en el uso de radios VHF, un sistema de telepresencia para el uso de teleconsultas y telemedicina, y un sistema de gestión de imágenes médicas.

La estructura de la presente tesis es la siguiente:

El primer capítulo, ofrece una visión general del Hospital de Espinar, la problemática actual y los objetivos de la tesis.

El segundo capítulo, presenta los sistemas de telecomunicaciones a optimizar en el nuevo Hospital de Espinar y los fundamentos teóricos de cada uno ellos.

El tercer capítulo, propone el diseño de integración de los sistemas y el dimensionamiento del equipamiento en el hospital.

El cuarto capítulo, presenta el análisis económico de la solución integrada y su factibilidad.

En base a las necesidades expuestas, este diseño optimizado contribuirá con la conexión del hospital a las nuevas redes de telecomunicaciones como la Red Nacional de Fibra Óptica y Proyectos Regionales, unificando las redes de los establecimientos nacionales. Adicionalmente, esta tesis puede servir de referencia para sistemas de telecomunicaciones integrados a instalar en distintas instituciones médicas, adecuando el diseño y dimensionamiento al establecimiento de estudio.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la tesis realizada.



TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

Título : Diseño y dimensionamiento de un sistema de telecomunicaciones optimizado para el nuevo hospital de la provincia Espinar en Cusco

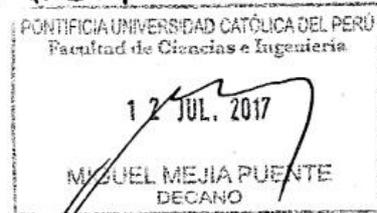
Área : Sistemas de telecomunicaciones # 321

Asesor : Hugo Rosas Lozada

Alumno : Elsa Jiménez Jáuregui

Código : 20100138

Fecha : 26/06/2017



Descripción y Objetivos

La presente tesis desarrolla el diseño de un sistema de telecomunicaciones optimizado para el sector salud y el dimensionamiento para el nuevo hospital de la provincia Espinar, departamento de Cusco.

El presente tema de tesis surge debido a la deficiencia o ausencia de los sistemas de telecomunicaciones al momento de planificar la construcción de centros de salud.

Se evaluaron los principales problemas del centro de salud, en los que se encuentra el limitado acceso de consulta telefónica al hospital en todo momento por parte de la población, la posibilidad de quedar incomunicados ante emergencias que hagan colapsar una red de telecomunicaciones estándar, la inseguridad de instalaciones y del personal dentro del hospital, limitada comunicación del personal médico con otros a nivel nacional sin hacer uso de videoconferencias y el incorrecto almacenamiento histórico de las imágenes médicas.

Para atacar estos problemas se utilizará un sistema de telefonía integrado con acceso de llamadas gratuitas y troncales de alta capacidad, un sistema de video vigilancia integrado que tendrá una central de control y monitoreo al cual se podrá reportar eventos por medio de un sistema de misión crítica basada en el uso de radios VHF, un sistema de telepresencia para el uso de teleconsultas y telemedicina, y un sistema de gestión de imágenes médicas.

En el futuro, la presente tesis puede servir de base para trabajos similares en distintas instituciones médicas y que puedan ser integradas a las redes nacionales.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Especialidad de Ingeniería de las Telecomunicaciones

Ing. GUMERCINDO BARTRA GARDINI

i



i

**TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE
TELECOMUNICACIONES**

Título : Diseño y dimensionamiento de un sistema de telecomunicaciones optimizado para el nuevo hospital de la provincia Espinar en Cusco

Índice

Resumen

Introducción

Capítulo 1: Aspectos generales del hospital Espinar y fundamentos teóricos

Capítulo 2: Sistemas optimizados de telecomunicaciones

Capítulo 3: Diseño y dimensionamiento

Capítulo 4: Análisis de costo - beneficio

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

Máximo: 100 páginas



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Especialidad de Ingeniería de las Telecomunicaciones



Ing. GUMERCINDO BARTRA GARDINI
Coordinador



Índice

| | |
|--|------|
| Índice de Figuras | vi |
| Índice de tablas | viii |
| Introducción | 1 |
| Capítulo 1 : Aspectos generales del Hospital de Espinar y marco teórico..... | 3 |
| 1.1 Situación actual del centro de salud en la provincia de Espinar..... | 3 |
| 1.2 Categorización de los centros de salud | 8 |
| 1.3 Categoría II-1 | 9 |
| 1.3.1 Características | 9 |
| 1.3.2 Unidades Productoras de Servicios de Salud (UPSS)..... | 10 |
| 1.3.3 Soluciones tecnológicas:..... | 11 |
| 1.3.4 Sistema de cableado estructurado | 11 |
| 1.3.5 Equipamiento informático básico..... | 11 |
| 1.3.6 Software y sistemas de información..... | 12 |
| 1.4 Nuevo establecimiento de salud en la provincia de Espinar..... | 12 |
| 1.5 Problemática en el Hospital de Espinar | 13 |
| 1.6 Mejoras al Hospital de Espinar | 13 |
| 1.7 Objetivos de la tesis..... | 14 |
| 1.7.1 El objetivo principal | 14 |
| 1.7.2 Objetivos específicos | 14 |
| 1.8 Sistemas de telecomunicaciones en sector salud..... | 15 |
| Capítulo 2 : Sistemas optimizados de telecomunicaciones en el Hospital de Espinar | 16 |
| 2.1 Sistema de telefonía | 16 |
| 2.1.1 IP PBX | 17 |
| 2.1.2 Gateway de voz | 17 |
| 2.1.3 Servidor de comunicaciones unificadas | 18 |
| 2.1.4 Teléfono IP..... | 18 |

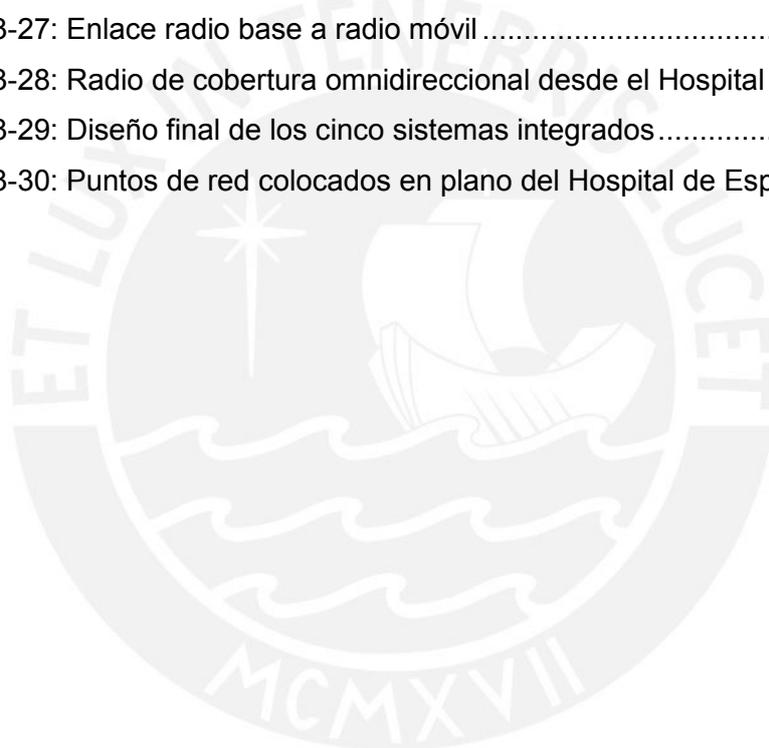
| | | |
|--------|--|----|
| 2.2 | Sistema de video vigilancia..... | 20 |
| 2.2.1 | Estación de trabajo | 20 |
| 2.2.2 | Software de gestión y análisis de video..... | 20 |
| 2.2.3 | Cámara IP..... | 21 |
| 2.3 | Sistema de telepresencia | 21 |
| 2.3.1 | Gateway..... | 22 |
| 2.3.2 | Servidor de telepresencia..... | 22 |
| 2.3.3 | Sistema de agendamiento..... | 22 |
| 2.3.4 | Terminal de videoconferencia | 22 |
| 2.4 | Sistema de comunicación por radio VHF | 23 |
| 2.4.1 | Radio Móvil Digital (DMR) | 24 |
| 2.4.2 | Técnicas de división de canal de radio frecuencia..... | 24 |
| 2.4.3 | Estación de repetición..... | 25 |
| 2.4.4 | Antena para repetidora | 25 |
| 2.4.5 | Torre Ventada | 26 |
| 2.4.6 | Antenas para radios móviles y GPS | 26 |
| 2.4.7 | Radio móvil con GPS | 26 |
| 2.4.8 | Radio portátil..... | 26 |
| 2.4.9 | Baterías | 26 |
| 2.5 | Sistema de Gestión de Imágenes médicas..... | 27 |
| 2.5.1 | DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) versión 3.0 | 27 |
| 2.5.2 | HL7 (Health Level Seven) | 28 |
| 2.5.3 | IHE (Integrating the Healthcare Enterprise)..... | 28 |
| 2.5.4 | XDS (Cross document sharing)..... | 28 |
| 2.5.5 | WADO (Web Access to DICOM Persistent Objects) | 28 |
| 2.5.6 | SOP (Service-Object Pair) | 28 |
| 2.5.7 | Servidor PACS..... | 29 |
| 2.5.8 | Interfaz RIS..... | 30 |
| 2.5.9 | Visualizador DICOM..... | 30 |
| 2.5.10 | Estación de trabajo..... | 30 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| Capítulo 3 | : Diseño y dimensionamiento del sistema integrado | 32 |
| 3.1 | Diseño y dimensionamiento del sistema de telefonía..... | 33 |
| 3.2 | Diseño y dimensionamiento del sistema de video vigilancia | 37 |
| 3.3 | Diseño y dimensionamiento del sistema telepresencia | 47 |
| 3.4 | Diseño y dimensionamiento del sistema de comunicación por radio VHF. | 49 |
| 3.5 | Diseño y dimensionamiento del sistema gestión de imágenes médicas ... | 55 |
| 3.6 | Integración de sistemas..... | 58 |
| Capítulo 4 | : Análisis económico del sistema integrado | 61 |
| 4.1 | Sistema de telefonía | 63 |
| 4.2 | Sistema de video vigilancia..... | 68 |
| 4.3 | Sistema de telepresencia | 72 |
| 4.4 | Sistema de comunicación por radio VHF:..... | 75 |
| 4.5 | Sistema de gestión de imágenes médicas..... | 77 |
| 4.6 | Costos finales de solución integral..... | 80 |
| Conclusiones | | 82 |
| Recomendaciones | | 83 |
| Bibliografía | | 84 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1-1: Imagen satelital de la ubicación del Hospital de Espinar..... | 4 |
| Figura 1-2: Inseguridad y aglomeración de archivos médicos dentro del módulo de admisión | 8 |
| Figura 1-3: Imagen satelital de la ubicación del terreno en que se encontrará el nuevo Hospital de Espinar..... | 13 |
| Figura 2-1: Esquema lógico del sistema de telefonía | 19 |
| Figura 2-2: Esquema lógico del sistema de video vigilancia | 21 |
| Figura 2-3: Esquema lógico del sistema de telepresencia | 23 |
| Figura 2-4: Dos conversaciones por dos frecuencias distintas..... | 24 |
| Figura 2-5: Dos conversaciones en una sola frecuencia a distintos tiempos..... | 25 |
| Figura 2-6: Esquema lógico del sistema de comunicación por radio VHF | 27 |
| Figura 2-7: Esquema lógico del sistema de gestión de imágenes | 31 |
| Figura 3-1: PSTN, internet y datos separados | 33 |
| Figura 3-2: Conexión a PSTN por un E1..... | 33 |
| Figura 3-3: Conexión a PSTN con SIP TRUNK | 34 |
| Figura 3-4: Transmisión de audio y video en red IP | 37 |
| Figura 3-5: Cobertura de la cámara | 38 |
| Figura 3-6: Vista desde arriba para cámara fija externa - ángulo horizontal..... | 39 |
| Figura 3-7: Vista de perfil para cámara fija externa - ángulo vertical y resolución de imagen a 20 metros..... | 39 |
| Figura 3-8: Vista desde arriba para cámara fija interna - ángulo horizontal..... | 40 |
| Figura 3-9: Vista de perfil para cámara fija interna - ángulo vertical y resolución de imagen a 5 metros..... | 40 |
| Figura 3-10: Vista de perfil para cámara PTZ externa y resolución de imagen a 50 metros | 41 |
| Figura 3-11: Vista de perfil para cámara PTZ interna y resolución de imagen a 7 metros | 42 |
| Figura 3-12: Ubicación de cámaras en UPSS Almacén | 43 |
| Figura 3-13: Configuración fija externa visualización y grabación | 44 |
| Figura 3-14: Configuración fija interna visualización y grabación | 45 |
| Figura 3-15: Configuración PTZ externa visualización y grabación..... | 45 |
| Figura 3-16: Configuración PTZ interna visualización y grabación | 45 |
| Figura 3-17: Informe de banda ancha para cámaras en Hospital de Espinar | 46 |
| Figura 3-18: Teleconsultorio ubicado en segundo nivel del Hospital de Espinar | 47 |

| | |
|--|----|
| Figura 3-19: Misma imagen con compresión MJPEG, MPEG-2, MPEG-4 y H.264, de izquierda a derecha | 48 |
| Figura 3-20: Diferencia de fps a una velocidad de 100px/s | 48 |
| Figura 3-21: Rango de cobertura para radio portátil en el distrito de Espinar de 3.53 km en lugar más alejado..... | 50 |
| Figura 3-22: Rango de cobertura para radio móvil en la provincia de Espinar, hacia uno de su límites con un largo de 24.85 km | 51 |
| Figura 3-23: Configuración de radio - base en el Hospital de Espinar..... | 52 |
| Figura 3-24: Configuración de radio - portátil | 52 |
| Figura 3-25: Configuración de radio - móvil para ambulancias..... | 53 |
| Figura 3-26: Enlace radio base a radio portátil..... | 53 |
| Figura 3-27: Enlace radio base a radio móvil | 54 |
| Figura 3-28: Radio de cobertura omnidireccional desde el Hospital de Espinar | 55 |
| Figura 3-29: Diseño final de los cinco sistemas integrados..... | 59 |
| Figura 3-30: Puntos de red colocados en plano del Hospital de Espinar..... | 60 |



Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1-1: Población estimada de la provincia de Espinar y distritos | 4 |
| Tabla 1-2: Diez principales causas y tasas de mortalidad general en la provincia de Espinar, año 2015 | 5 |
| Tabla 1-3: Diez principales causas y tasas de morbilidad general en la provincia de Espinar, año 2015 | 5 |
| Tabla 1-4: Personal en Hospital de Espinar, según grupo ocupacional..... | 7 |
| Tabla 1-5: Especialidades y número mínimo de especialistas para un establecimiento de salud categoría II-1 | 7 |
| Tabla 1-6: Niveles de atención, niveles de complejidad y categorías de establecimientos del sector salud..... | 9 |
| Tabla 2-1: Requerimientos de la PBX para LAN y WAN | 17 |
| Tabla 2-2: Requerimientos del gateway para LAN y WAN | 18 |
| Tabla 2-3: Requerimiento del servidor de comunicaciones unificadas | 18 |
| Tabla 2-4: Requerimientos del teléfono para LAN y WAN..... | 19 |
| Tabla 2-5: Requerimiento de la estación de trabajo para la red LAN | 20 |
| Tabla 2-6: Requerimiento de la cámara IP para la red LAN | 21 |
| Tabla 2-7: Requerimientos del gateway para LAN y WAN | 22 |
| Tabla 2-8: Requerimientos del servidor PACS para LAN..... | 29 |
| Tabla 2-9: Requerimientos de la estación de trabajo para la red LAN..... | 30 |
| Tabla 3-1: Teléfono Gama 1, 100Mbps..... | 36 |
| Tabla 3-2: Teléfono Gama 2, 1Gbps..... | 36 |
| Tabla 3-3: Compresión de audio y video para sistema de video vigilancia..... | 37 |
| Tabla 3-4: Parámetros de medida del área de cobertura | 38 |
| Tabla 3-5: Cámaras según tipo y nivel en Hospital de Espinar | 43 |
| Tabla 3-6: Ancho de banda en visualización – grabación y almacenamiento de imágenes por 30 días, según el tipo de cámara. | 46 |
| Tabla 3-7: Cartera de servicios para telepresencia en el Hospital de Espinar..... | 47 |
| Tabla 3-8: Cartera de servicios para imágenes médicas en el Hospital de Espinar..... | 56 |
| Tabla 3-9: Tamaño promedio de un estudio en KB, según modalidad | 56 |
| Tabla 3-10: Demanda de imágenes médicas para los primeros 5 años | 56 |
| Tabla 3-11: Número de estudios total y tamaño total de almacenamiento, en los 5 primeros años | 57 |
| Tabla 3-12: Matriz de requerimientos del sistema integrado en la red del Hospital de Espinar | 58 |

| | |
|--|----|
| Tabla 3-13: Dimensionamiento de puntos de red total en Hospital de Espinar..... | 60 |
| Tabla 4-1: Cronograma semestral de inversión según componentes durante el periodo de 2017 al 2019..... | 62 |
| Tabla 4-2: Costos de operación y mantenimiento del proyecto de inversión pública, con PIP y sin PIP desde el año 2020 al 2029..... | 62 |
| Tabla 4-3: Cotización de equipamiento CISCO para sistema de telefonía | 63 |
| Tabla 4-4: Cotización de servicios CISCO para sistema de telefonía..... | 64 |
| Tabla 4-5: Cotización de equipamiento AudioCodes para sistema de telefonía | 64 |
| Tabla 4-6: Cotización de servicios AudioCodes para sistema de telefonía..... | 65 |
| Tabla 4-7: Cotización de equipamiento HUAWEI para sistema de telefonía | 67 |
| Tabla 4-8: Cotización de servicios HUAWEI para sistema de telefonía..... | 67 |
| Tabla 4-9: Cotización de equipamiento CISCO para sistema de video vigilancia | 69 |
| Tabla 4-10: Cotización de servicios CISCO para sistema de video vigilancia | 69 |
| Tabla 4-11: Cotización de equipamiento ACTI para el sistema de video vigilancia . | 70 |
| Tabla 4-12: Cotización de equipamiento AXIS Communications para el sistema de video vigilancia | 71 |
| Tabla 4-13: Cotización de servicios AXIS Communications para el sistema de video vigilancia | 72 |
| Tabla 4-14: Cotización de equipamiento CISCO para el sistema de telepresencia. | 73 |
| Tabla 4-15: Cotización de servicios CISCO para el sistema de telepresencia | 73 |
| Tabla 4-16: Cotización de equipamiento Huawei para el sistema de telepresencia. | 74 |
| Tabla 4-17: Cotización de servicios Huawei para el sistema de telepresencia | 74 |
| Tabla 4-18: Cotización de equipos HYTERA para la comunicación por radio VHF . | 75 |
| Tabla 4-19: Cotización de servicios HYTERA para la comunicación por radio VHF | 75 |
| Tabla 4-20: Cotización de equipamiento y licencias de MOTOROLA para la comunicación por radio VHF | 76 |
| Tabla 4-21: Cotización de equipos KENWOOD para comunicación por radio VHF. | 76 |
| Tabla 4-22: Cotización de equipos MIT para gestión de imágenes médicas..... | 77 |
| Tabla 4-23: Cotización de servicios MIT para gestión de imágenes médicas..... | 78 |
| Tabla 4-24: Cotización de equipos CISCO para gestión de imágenes médicas | 78 |
| Tabla 4-25: Cotización de servicios CISCO para gestión de imágenes médicas | 79 |
| Tabla 4-26: Cotización de equipamiento X-RAY GROUP para gestión de imágenes médicas | 80 |
| Tabla 4-27: Cotización del sistema integrado | 81 |

Introducción

En el año 2010, en el Perú se promulgó la Ley N° 29904 “Ley de Promoción de Banda Ancha y Construcción de la Red Nacional de Fibra Óptica”, cuyo propósito es impulsar el desarrollo, utilización y masificación de la Banda Ancha en todo el territorio nacional. De esta manera, se crea la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica y a su vez se desarrollaron los Proyectos Regionales, que intentan masificar e incrementar el acceso y uso de la Banda Ancha para distintos sectores como el de salud, educación y seguridad a nivel nacional.

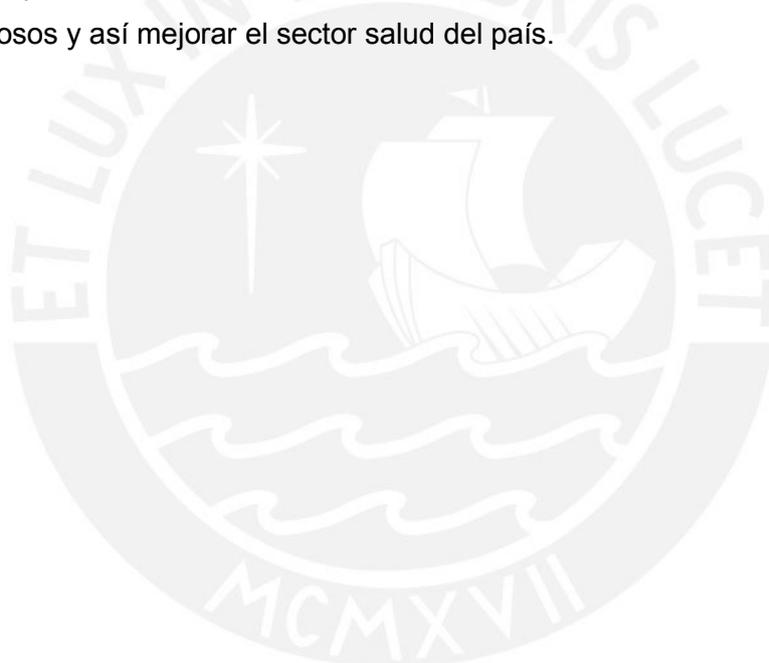
En consecuencia, se vuelve necesario el uso de herramientas que permitan acceder al beneficio de la banda ancha, como las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) las cuales, según ley, deben ser brindadas de forma gratuita a usuarios de entidades estatales. Por ello se están incluyendo las TIC como pilar de funcionamiento, incluso se están considerando cuartos para entrada de servicios y salas de telecomunicaciones en los planos ante una nueva construcción del estado, permitiendo que el establecimiento pueda integrarse a las redes nacionales por medio de un cableado estructurado como eje principal de una nueva edificación.

De las entidades estatales, el sector salud es el de mayor afluencia y no dispone de la mejor tecnología para su correcto funcionamiento. Por lo que instituciones como el Ministerio de Salud (MINSA), Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones (INICTEL), Seguro Social de Salud (EsSalud) y Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL); están trabajando en conjunto para que los nuevos establecimientos de salud cumplan con el “Plan Nacional de Telesalud” del Decreto Supremo N° 028-2005-MTC y la “Norma Técnica de Salud en Telesalud” de Resolución Ministerial 365-2008/MINSA. Siendo los servicios de telesalud (telemedicina, telediagnóstico, teleprevención, telegestión y telecapacitación) necesarios debido a la evidente carencia de comunicación entre personal de centros médicos a nivel nacional, en especial los que se encuentran fuera de la capital.

A nivel mundial el Perú está entre los países que menos invierten en salud y los pobladores tienen mayores gastos, según revela un estudio de “Contribuyentes por Respeto”. El sector salud a nivel nacional es deficiente, suele presentar problemas de seguridad física, pérdida recurrente de instrumental médico para el

funcionamiento del hospital y en muchos casos no existe un registro de entrada y salida del personal médico, pacientes y personas ajenas, facilitando la ocurrencia de posibles delitos; otro problema, es la falta de digitalización de imágenes médicas para evitar las pérdidas de estos y así tener la disponibilidad de los registros en cualquier institución médica a nivel nacional; y un problema más crítico es que ante movimientos telúricos se presenta la inmediata saturación de líneas telefónicas, tanto móviles como fijas, quedando los establecimientos de salud totalmente incomunicados.

Algunos de estos problemas son más notorios al interior del país que en la capital debido a los recursos disponibles. Sin embargo, con un óptimo diseño y dimensionamiento desde los cimientos para los nuevos establecimientos de salud, que se vayan a construir, se pueden tomar acciones inmediatas para evitar resultados desastrosos y así mejorar el sector salud del país.



Capítulo 1 : Aspectos generales del Hospital de Espinar y marco teórico

En el primer capítulo, se menciona la situación actual del Hospital de Espinar – Cusco, hospital específico en el que se desarrolla la presente tesis. También, se explican conceptos acerca del centro médico, servicios con los que cuenta el hospital y las soluciones tecnológicas de información y comunicación que se están implementando a estos centros de salud. Además, se identifica la problemática, objetivos de la tesis y como se vienen desarrollando los hospitales a nivel mundial y nacional.

1.1 Situación actual del centro de salud en la provincia de Espinar

El Hospital de Espinar se encuentra ubicado en el departamento de Cusco, en la provincia de Espinar y el distrito de Espinar, como se muestra en el Anexo 1. Se ubica en la calle Domingo Huarca Cruz S/N, con coordenadas geográficas de latitud $14^{\circ}47'32.28''\text{S}$, longitud $71^{\circ}24'48.15''\text{O}$ y altitud 3900 msnm [1].



Figura 1-1: Imagen satelital de la ubicación del Hospital de Espinar [1]

Se tiene una población estimada entre los años 2010 – 2016 de:

| PROVINCIA / Distrito | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ESPINAR | 69,068 | 68,219 | 68,390 | 68,660 | 68,913 | 69,146 | 69,547 |
| Espinar | 32,588 | 32,553 | 32,654 | 32,861 | 33,057 | 33,242 | 33,435 |
| Condorama | 1,331 | 1,345 | 1,359 | 1,372 | 1,387 | 1,400 | 1,408 |
| Coporaque | 17,448 | 17,386 | 17,509 | 17,626 | 17,738 | 17,846 | 17,950 |
| Ocoruro | 1,838 | 1,699 | 1,675 | 1,653 | 1,630 | 1,606 | 1,615 |
| Pallpata | 5,805 | 5,597 | 5,586 | 5,573 | 5,558 | 5,542 | 5,574 |
| Pichigua | 4,188 | 3,842 | 3,782 | 3,723 | 3,663 | 3,603 | 3,624 |
| Suyckutambo | 3,079 | 2,885 | 2,856 | 2,827 | 2,798 | 2,768 | 2,784 |
| Alto Pichigua | 2,791 | 2,912 | 2,969 | 3,025 | 3,082 | 3,139 | 3,157 |

Tabla 1-1: Población estimada de la provincia de Espinar y distritos [2]

Según lo mostrado en el cuadro, la población de Espinar tiene una tendencia de crecimiento poblacional de 1.4%. Esta información ayuda a tener en cuenta la población que va a ser atendida en el hospital para un futuro, ya que es el único hospital en la provincia de Espinar.

Adicionalmente, se ha realizado un análisis de salud sobre las principales causas de mortalidad y morbilidad en la provincia Espinar [3].

Para el análisis de la mortalidad se ha tomado en consideración las siguientes diez principales causas:

| Nro. | Causas de mortalidad | Total | % |
|------|---|--------------|---------------|
| 1 | Insuficiencia renal, incluye la aguda, crónica y las no especificadas | 126 | 11.57 |
| 2 | Infecciones respiratorias agudas bajas | 124 | 11.39 |
| 3 | Accidentes que obstruyen la respiración | 124 | 11.39 |
| 4 | Insuficiencia respiratoria | 60 | 5.51 |
| 5 | Trastornos respiratorios específicos del periodo perinatal | 74 | 6.80 |
| 6 | Lesiones de intención no determinada | 59 | 5.42 |
| 7 | Edema cerebral | 52 | 4.78 |
| 8 | Enfermedades isquémicas del corazón | 42 | 3.86 |
| 9 | Cirrosis y ciertas otras enfermedades crónicas del hígado | 29 | 2.66 |
| 10 | Neoplasia maligna de hígado y vías biliares | 27 | 2.48 |
| | Otros | 372 | 34.16 |
| | | 1,089 | 100.00 |

Tabla 1-2: Diez principales causas y tasas de mortalidad general en la provincia de Espinar, año 2015 [3]

Además, anualmente se tienen 151,129 consultas externas aproximadamente en la provincia de Espinar [3]. Por lo que, para el análisis de la morbilidad (cantidad de personas que enferman en un sitio y tiempo determinado) se ha tomado en consideración las siguientes diez principales causas:

| Nro. | Causas de morbilidad | Total | % |
|------|---|---------------|--------------|
| 1 | Enfermedades del sistema respiratorio | 13828 | 30.15 |
| 2 | Ciertas enfermedades infecciosas y parasitarias | 6821 | 14.87 |
| 3 | Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas | 5823 | 12.70 |
| 4 | Enfermedades del sistema digestivo | 5667 | 12.36 |
| 5 | Enfermedades del sistema genitourinario | 2681 | 5.85 |
| 6 | Traumatismos, envenenamientos y algunas otras consecuencias de causas externas | 2233 | 4.87 |
| 7 | Enfermedades de la sangre y de los órganos hematopoyéticos, y ciertos trastornos que afectan el mecanismo de la inmunidad | 2003 | 4.37 |
| 8 | Embarazo, parto y puerperio | 1946 | 4.24 |
| 9 | Enfermedades del sistema osteomuscular y del tejido conjuntivo | 1655 | 3.61 |
| 10 | Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte | 749 | 1.63 |
| | Otros | 2458 | 5.36 |
| | | 45,864 | 100.0 |

Tabla 1-3: Diez principales causas y tasas de morbilidad general en la provincia de Espinar, año 2015 [3]

Los casos más críticos presentados dentro del Hospital son las enfermedades del sistema respiratorio, lo que representa un alto riesgo para los pobladores debido a las condiciones geográficas y meteorológicas del lugar.

En la actualidad, el Hospital de Espinar cuenta con los siguientes servicios de salud para tratar todos los casos de mortalidad y morbilidad:

- Medicina interna
- Medicina general
- Pediatría
- Ginecología
- Cirugía general
- Anestesiología
- Gastroenterología
- Urología
- Neumología
- Cardiología
- Odontología
- Oftalmología
- Traumatología
- Nutrición
- Emergencia
- Hospitalización [4]

Dichos servicios funcionan por separado, sin tener una red que los integre [4].

El personal del Hospital de Espinar está conformado por 157 personas entre médicos y administrativos, distribuidos de la siguiente forma:

| Grupo Ocupacional | Total | % |
|---|------------|---------------|
| Médico Especialista en medicina familiar | 1 | 0.64% |
| Médico Especialista en neumología | 1 | 0.64% |
| Médico Especialista en pediatría | 1 | 0.64% |
| Médico Especialista en gineco-obstetricia | 1 | 0.64% |
| Médico Especialista en oftalmología | 1 | 0.64% |
| Psicólogo | 1 | 0.64% |
| Nutricionista | 1 | 0.64% |
| Tecnólogo médico - área radiología | 1 | 0.64% |
| Químico farmacéutico | 2 | 1.27% |
| Auxiliares y otros | 2 | 1.27% |
| Asistente social | 2 | 1.27% |
| Médico Especialista en cirugía | 3 | 1.91% |
| Cirujano dentista | 3 | 1.91% |
| Técnico en laboratorio | 3 | 1.91% |
| Biólogo | 5 | 3.18% |
| Técnico en farmacia | 5 | 3.18% |
| Técnico en nutrición | 5 | 3.18% |
| Obstetiz | 14 | 8.92% |
| Médico General | 21 | 13.38% |
| Enfermera | 23 | 14.65% |
| Técnico en enfermería | 25 | 15.92% |
| Subtotal 1 | 121 | 77.07% |

| | | |
|----------------------------|------------|----------------|
| Trabajador de servicios | 9 | 5.73% |
| Administrativo técnico | 12 | 7.64% |
| Administrativo profesional | 15 | 9.55% |
| Subtotal 2 | 36 | 22.93% |
| Total | 157 | 100.00% |

Tabla 1-4: Personal en Hospital de Espinar, según grupo ocupacional [5]

De toda la cantidad de médicos, sólo 8 médicos son especialistas y un hospital de categoría II-1 (categoría que se explicará en el capítulo 1.2) debe de contar con por lo menos 33 médicos especialistas, como muestra el siguiente cuadro:

| Especialidad | Consulta externa | Emergencia | TOTAL |
|---------------------|-------------------------|-------------------|--------------|
| Anestesiólogo | 0 | 5 | 5 |
| Cirujano general | 2 | 5 | 7 |
| Gineco-obstetra | 2 | 5 | 7 |
| Internista | 2 | 5 | 7 |
| Pediatra | 2 | 5 | 7 |

Tabla 1-5: Especialidades y número mínimo de especialistas para un establecimiento de salud categoría II-1 [5]

Esta diferencia denota la existencia de una cantidad limitada de médicos especialistas en el Hospital de Espinar y más la cantidad de pacientes que van a atenderse [5].

Por otro lado, un tema que se tiene presente en el Hospital de Espinar es el riesgo de caída, una de cada cinco caídas genera algún daño grave como fracturas de muñeca o caderas. Además, una caída es la causa más común de lesiones cerebrales. Los casos de caída son más frecuentes en los pacientes que han sido sedados o cuentan con algún medicamento que interfiere con sus habilidades motoras, existen negligencias por pacientes mal asistidos por no contar con monitoreo remoto de pacientes [6].

Se ha detectado que el Hospital de Espinar no cuenta con un área específica de almacenamiento intermedio y tratamiento de residuos, generando contaminación a todos los pacientes y personal del hospital. En el hospital hubo accidentes con objetos punzocortantes debido al desecho incorrecto de insumos, como el colocar una aguja en una caja de procedimiento quirúrgico. Además, la precariedad de las instalaciones eléctricas pone en riesgo la salud de los usuarios [7].

También, existen ambientes que no cumplen con la función para la que han sido diseñados inicialmente, como el módulo de admisión que está siendo utilizado para archivar historias médicas e imágenes médicas de forma insegura y aglomerada, como también módulos de admisión improvisados y consultorios externos sin funcionalidad [7].



Figura 1-2: Inseguridad y aglomeración de archivos médicos dentro del módulo de admisión [7]

1.2 Categorización de los centros de salud

La clasificación de categorías de los establecimientos de salud ha sido establecida por el MINSA, según la complejidad y características funcionales de cada establecimiento, para lo cual cuentan con Unidades Productoras de Servicios de Salud (UPSS) que determinan la capacidad de cada establecimiento según sus recursos humanos y tecnología en salud [8].

| Niveles de atención | Tipos de establecimientos de Salud | Categorías de establecimientos de salud |
|----------------------------------|--|---|
| Primer Nivel de Atención | Postas de salud | I – 1 |
| | Postas de salud con médico | I – 2 |
| | Centro de salud sin internamiento | I – 3 |
| | Centro de salud con internamiento | I – 4 |
| Segundo Nivel de Atención | Hospital Distrital de Atención General | II – 1 |
| | | II – 2 |
| | Hospital Distrital de Atención Especializada | II – E |

| | | |
|---------------------------------|---|---------|
| Tercer Nivel de Atención | Hospital Regional de Atención General | III – 1 |
| | Hospital Regional o departamental de Atención Especializada | III – E |
| | | III – 2 |

Tabla 1-6: Niveles de atención, niveles de complejidad y categorías de establecimientos del sector salud [8].

El MINSA declaró que el nuevo Hospital de Espinar es de categoría II-1 [9], por ello se procede a analizar en detalle las características de dicha categoría para el propósito de esta tesis.

1.3 Categoría II-1

Establecimiento de salud del segundo nivel de atención, que satisface la necesidad de salud de la población de su ámbito jurisdiccional, por medio de una atención integral ambulatoria y hospitalaria en cuatro especialidades básicas que pueden ser medicina interna, ginecología, cirugía general, pediatría, anestesiología, acciones de promoción de la salud, prevención de riesgos y daños, recuperación y rehabilitación de problemas de salud [10].

1.3.1 Características

- Tiene un ámbito de acción para una población y territorio asignado.
- Los recursos humanos serán establecidos según la demanda y como mínimo tendrán los siguientes profesionales de salud y técnicos y/o auxiliares:
 - Médico Internista
 - Pediatra
 - Gineco-obstetra
 - Cirujano general
 - Anestesiólogo
 - Odontólogo
 - Psicólogo
 - Enfermera/o
 - Lic. en obstetricia
 - Asistente social
 - Nutricionista
 - Químico farmacéutico
 - Tecnólogo médico
 - Técnico de laboratorio
 - Técnico de enfermería
 - Auxiliar de enfermería
 - Técnico sanitario
 - Técnico o auxiliar de estadística
 - Personal servicios generales [10].

1.3.2 Unidades Productoras de Servicios de Salud (UPSS)

- Salud Comunitaria y Ambiental: promoción de la salud, prevención de riesgos y daños [10].
- Consulta Externa: atención integral ambulatoria de usuarios por actividades de promoción, prevención, protección, recuperación y rehabilitación [10].
- Emergencia
- Hospitalización
- Epidemiología: vigilancia epidemiológica hospitalaria y de enfermedades prevalentes de la zona [10].
- Centro Quirúrgico
- Centro Obstétrico
- Esterilización
- Farmacia
- Medicina de Rehabilitación: restablecimiento de los pacientes que presentan alguna deficiencia o discapacidad física, mental o sensorial temporal o permanente [10].
- Diagnóstico por Imágenes: ejecuta y procesa los estudios realizados por métodos de radiación y/o ultrasonido apoyando al diagnóstico de las especialidades respectivas [10].
- Patología Clínica (Laboratorio Clínico): toma, recibe, procesa, emite y valida resultados de los exámenes o ensayos previamente establecidos según su nivel de complejidad [10].
- Hemoterapia y banco de sangre
- Nutrición y Dietética
- Trabajo Social: encargada del estudio, diagnóstico e investigación de los factores socio económicos que favorecen o interfieren en la salud de las personas, la familia y la comunidad, así como del apoyo de actividades de Referencia y Contrarreferencia de los usuarios [10].

Adicionalmente, según la norma técnica de salud N°110-MINSA/DGIEM-V01 – infraestructura y equipamiento de EE.SS del segundo nivel de atención, debe incluir el diseño de soluciones de tecnología de información y comunicación (TIC), que serán las siguientes:

1.3.3 Soluciones tecnológicas:

Se deben considerar en este establecimiento de salud, los siguientes sistemas tecnológicos:

- Sistema de almacenamiento centralizado
- Sistema de comunicación por radio VHF/HF
- Sistema de detección y alarma de incendios
- Sistema de llamada de enfermera
- Sistema de mantenimiento y ahorro energético
- Sistema de procesamiento centralizado
- Sistema de relojes sincronizados
- Sistema de sonido ambiental y perifoneo
- Sistema de telefonía
- Sistema de televisión
- Sistema de telepresencia
- Sistema de video vigilancia [11]

1.3.4 Sistema de cableado estructurado

- Canalizaciones
- Espacios
- Cableado
- Administración
- Protección y continuidad eléctrica
- Espacios complementarios [11]

1.3.5 Equipamiento informático básico

- Conectividad Física: nivel principal, de distribución de centro de datos, distribución LAN y de borde
- Conectividad inalámbrica
- Seguridad (firewall)
- Procesamiento
- Almacenamiento
- Respaldo [11]

1.3.6 Software y sistemas de información

Debe contemplar el software y sistemas legales para el correcto funcionamiento de las soluciones planteadas, en especial el tema de Gestión en Salud [11].

1.4 Nuevo establecimiento de salud en la provincia de Espinar

El Plan Nacional de Telesalud, indica que se deben de incorporar las TIC en los centros de salud. Considerando que, el Hospital de Espinar cuenta con varios servicios de salud, la tecnología necesitará tener una instalación de una red de datos y cableado estructurado como eje central del hospital. Por lo tanto, se necesitará reconstruir todo el hospital y disponer en los nuevos planos un cuarto de telecomunicaciones con su respectivo cuarto de entrada de servicio [9].

Asimismo, teniendo en cuenta que el actual Hospital de Espinar tiene gran afluencia y es el único hospital de la provincia de Espinar como se muestra en el Anexo 2, no puede ser derruido y quedarse sin un establecimiento de salud. Por ello, el Ministerio de Salud (MINSA) ha comprado un terreno para la construcción del nuevo Hospital de Espinar con las consideraciones previamente indicadas [9].

El terreno seleccionado para la construcción del nuevo Hospital de Espinar se encuentra ubicado en la Av. Pichigua S/N de la Asociación Pro Vivienda Magisterial, en el distrito de Espinar, Provincia de Espinar, Región Cusco. El área del terreno propuesto para la ejecución del proyecto es de 12,150 m² y las coordenadas geográficas del terreno seleccionado son las siguientes: latitud 14°47'01.90"S, longitud 71°24'38.09"O y altitud 3900 msnm. Se ubica a 850 m del terreno actual del Hospital de Espinar, por lo que tendrá el mismo beneficio de acceso a la población, como se muestra en la Figura 1-3 [12].

El nuevo Hospital de Espinar contará con cuatro niveles, construidos acorde con los parámetros municipales del distrito [12].



Figura 1-3: Imagen satelital de la ubicación del terreno en que se encontrará el nuevo Hospital de Espinar [1]

1.5 Problemática en el Hospital de Espinar

Como se mencionó en la situación actual del Hospital de Espinar, se ha detectado la siguiente problemática:

- Cantidad limitada de médicos especialistas en el establecimiento de salud.
- Riesgo de salubridad e inseguridad física dentro del hospital para el personal médico, pacientes, equipos médicos; y lugares externos al hospital como los parqueos.
- Uso de métodos no adecuados en el almacenamiento de imágenes médicas.

1.6 Mejoras al Hospital de Espinar

La importancia de comunicación para el Hospital de Espinar en casos de emergencia es necesaria, ya que es el centro de salud de mayor categoría en la provincia de Espinar (como se muestra en el Anexo 2).

El 1 de diciembre de 2016 hubo un fuerte sismo en Lampa – Puno, provincia que se encuentra al lado de Espinar, donde los servicios de telecomunicaciones fallaron, dejando incomunicados a los pobladores del lugar [13, 14].

Por lo que se proponen contar con las siguientes mejoras:

- Un sistema de radio comunicación en caso de emergencias o situaciones críticas.
- El uso de troncales de voz: E1 PRI ISDN o SIP TRUNK y siempre tener líneas disponibles para la comunicación con la población.
- Una línea 0-800 para acceso gratuito de información y a citas médicas para la población.

1.7 Objetivos de la tesis

1.7.1 El objetivo principal

Diseñar y dimensionar un sistema integrado de telecomunicaciones que optimice el uso de los recursos limitados del Hospital de Espinar, con la finalidad de prestar un servicio eficiente e integrado a la Red Nacional.

1.7.2 Objetivos específicos

- Dar acceso al personal médico especializado a nivel nacional al Hospital de Espinar, por medio de la telepresencia con la finalidad de tener la participación remota de médicos especialistas.
- Ofrecer un sistema de almacenamiento digital eficiente de imágenes médicas (rayos X, ecografías y colposcopías) de rápido acceso para el personal médico y pacientes.
- Brindar al hospital un sistema de video vigilancia que permita ver las zonas críticas del hospital en tiempo real ante incidentes dentro del establecimiento y contar con un almacenamiento histórico de eventos.
- Brindar al hospital un sistema de comunicación de misión crítica, que permita comunicaciones de voz ante situaciones de emergencia donde los sistemas tradicionales de voz colapsan por saturación.
- Optimizar la plataforma de telefonía del hospital que permita el acceso telefónico de la población a los servicios de información, reserva de citas y posibles consultas médicas.

1.8 Sistemas de telecomunicaciones en sector salud

Actualmente, los centros médicos a nivel mundial están empezando a implementar sistemas de telecomunicaciones en sus estructuras, empleando una red de datos y cableado estructurado como medio principal de soporte para la red interna de las instituciones médicas.

El desarrollo de los objetivos de la presente tesis, se realiza por medio de sistemas de telecomunicaciones optimizados hacia el sector médico, que vienen siendo implementados en hospitales a nivel mundial como Le GIE GIML (Francia), Mallinckrodt Institute of Radiology (EEUU), Instituto de Alta Tecnología médica de Antioquia (Colombia) [15], hospital CoxHealth (EEUU), Hospital General de Massachusetts (EEUU) [16], etc.

En una entrevista realizada al Dr. Benjamín Castañeda, fundador de Medical Innovation and Technology, indicó que en el Perú se ha empezado a aplicar algunos sistemas tecnológicos en el sector salud, como el de gestión de imágenes médicas, en el Hospital Nacional Arzobispo Loayza y el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins. Por consiguiente, la idea de hospitales tecnológicos en zonas rurales a nivel nacional es altamente factible [17].

Capítulo 2 : Sistemas optimizados de telecomunicaciones en el Hospital de Espinar

En este capítulo se explica los fundamentos teóricos de los sistemas y requerimientos mínimos del equipamiento que se utilizan en los servicios de telecomunicaciones del Hospital de Espinar.

El Plan Nacional de Telesalud que se está desarrollando en el MINSA y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), indica que los hospitales de categoría II-1 necesariamente deben de contar con los servicios de internet, telefonía fija y televisión.

Por ello, los siguientes cinco sistemas que se desarrollarán en la presente tesis serán integrables y factibles a la red del Hospital de Espinar, la cual se considera que ya se encuentra realizada.

2.1 Sistema de telefonía

El sistema de telefonía estará compuesto por una central telefónica (IP PBX) para el manejo de voz, un Gateway de voz para la integración con el Sistema de

Telefonía Pública, un servidor de comunicaciones unificadas para la mensajería, movilidad y presencia, y teléfonos IP para los usuarios finales [18].

Esta solución tecnológica implementada en el Hospital de Espinar permitirá llamadas internas entre los anexos telefónicos, así como el uso de los sistemas de telefonía pública y estará preparada para integrarse a otras centrales IP de distintos organismos de salud.

2.1.1 IP PBX

Es una central telefónica que utiliza el protocolo IP para manejar las llamadas de voz, conferencias telefónicas y todos los servicios tradicionales de este tipo de equipos. Funciona en conjunto con el Gateway y el servidor de comunicaciones unificadas, para brindar una experiencia unificada al usuario final [18].

Elimina el cableado telefónico adicional de 2 hilos, ya que utiliza la red de datos para transportar la voz y la integración con las comunicaciones unificadas.

Para la interconexión entre la red LAN y la red WAN, se requiere:

| | Capa Física | Ancho de Banda |
|------------|---|--|
| LAN | Puerto: Fast Ethernet | Será alrededor de 4kbps solo en el inicio y fin de llamada |
| WAN | Sin conexión directa a la WAN, se comunica por medio del gateway. | No aplica |

Tabla 2-1: Requerimientos de la PBX para LAN y WAN [18, 19]

2.1.2 Gateway de voz

El gateway de voz es un equipo que sirve de interfaz entre la red interna de telefonía IP y la red externa de telefonía pública (PSTN), traduciendo la información utilizada entre las redes que van a interactuar en la comunicación.

Permite la conexión hacia la PSTN haciendo uso de troncales primarios, troncales SIP o líneas analógicas convencionales FXS (Foreign eXchange Subscriber), interfaz usada en teléfonos o FAX analógicos [19].

La interconexión de la red interna (LAN) con la red externa (WAN) requiere:

| Capa Física | | Ancho de Banda | Códec |
|-------------|--|--|-------|
| LAN | Puerto: Fast Ethernet Puerto: FXS para conexiones con tecnología antigua(analógicas) | 67 kbps por cada llamada que sale o ingresa de la PSTN | G.711 |
| WAN | Troncal: E1 PRI Troncal: SIP por puerto Fast Ethernet Puerto: FXO para líneas analógicas | 11,2 kbps por cada llamada que ingresa o sale de la PSTN | G.729 |

Tabla 2-2: Requerimientos del gateway para LAN y WAN [18, 19]

2.1.3 Servidor de comunicaciones unificadas

Servidor que agrega al servicio de voz tradicional los servicios de presencia, movilidad y video. En caso se realicen videollamadas entre softphones del hospital, se va a considerar los siguientes anchos de banda según la calidad de video: para definición estándar SD un ancho de banda de 128kbps por llamada y para un video de definición en HD un ancho de banda de 1Mbps por llamada [20].

Las comunicaciones unificadas brindan la oportunidad de contactar al personal del hospital tanto dentro como fuera del hospital por medio de llamadas de voz, mensajes de texto o video [21].

| Capa Física | |
|-------------|-----------------------------------|
| LAN | Puerto: Fast Ethernet |
| WAN | Sin conexión directa a la red WAN |

Tabla 2-3: Requerimiento del servidor de comunicaciones unificadas [18, 19]

2.1.4 Teléfono IP

Dispositivo terminal para el usuario final, que utiliza la red de datos para transmitir la voz, debe soportar los protocolos SIP y H.323.

Todo equipo debe contar con licencia, considerándose 2 tipos de licencias: las estándar y las de comunicaciones unificadas. El personal crítico, como doctores especialistas tendrán licencia del servidor de comunicaciones unificadas y los demás tendrán la licencia estándar [21].

La interconexión de la red LAN con la red WAN requiere:

| | Capa Física | Ancho de Banda | Códec - firmware |
|------------|---|--|------------------|
| LAN | Puerto: 10/100/1000BASE-T Estándar: IEEE 802.3af | 67 kbps por cada llamada que sale o ingresa de la PSTN | G.711 |
| WAN | No aplica | 11,2 kbps por cada llamada que entra o sale de la PSTN | G.729 |

Tabla 2-4: Requerimientos del teléfono para LAN y WAN [18, 19]

El teléfono IP tendrá un switch integrado de 2 puertos que permita conectar un computador en cascada y de esta manera optimizar el uso de los puertos de la red y del cableado estructurado. Además, los teléfonos IP alámbricos serán del tipo PoE [18].

También se debe contar con softphones que tengan la posibilidad de instalarse en celulares, computadoras y tablets, con la finalidad de dar movilidad a los usuarios críticos, como doctores principales permitiéndoles llevar su número de anexo con ellos [18].

Adicionalmente, se añadirá el servicio de llamadas gratuitas "0-800", para informes y reservas de citas para consulta externa. Dichas líneas permitirán a la población llamar gratuitamente al hospital para solicitar información.

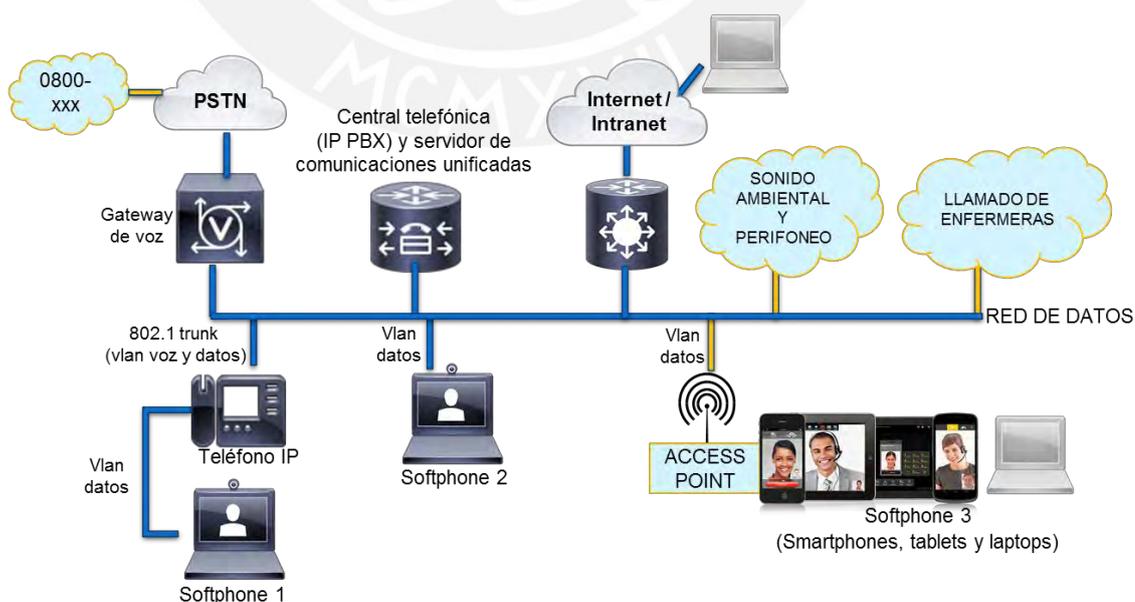


Figura 2-1: Esquema lógico del sistema de telefonía [fuente propia]

2.2 Sistema de video vigilancia

El sistema de video vigilancia está compuesto por una estación de trabajo, que es el computador con sus accesorios y los monitores necesarios para el manejo de la gestión, este equipamiento se encuentra localmente en la central de control y monitoreo del hospital; el software de gestión y análisis de video, que incluye la gestión centralizada, remota y la gestión del almacenamiento; y una red de cámaras de video IP, tanto en áreas externas como internas del establecimiento de salud [22].

2.2.1 Estación de trabajo

La estación de trabajo tendrá el procesador, la memoria, tarjeta gráfica, sistema operativo y almacenamiento necesario para incluir el software de gestión de video; también contará con la cantidad de monitores necesarias para la visualización y gestión de las cámaras del establecimiento; e incluirá los accesorios necesarios para su funcionamiento como el teclado, mouse, joystick y cables de poder. [23].

| Capa Física | |
|-------------|------------------------|
| LAN | Puerto: 100/1000BASE-T |

Tabla 2-5: Requerimiento de la estación de trabajo para la red LAN [22].

2.2.2 Software de gestión y análisis de video

El software configurará las cámaras mediante el sistema de gestión; permitiendo configurar los datos necesarios para acceder a cada una de las cámaras según marca, modelo, dirección IP, número de dispositivo, puerto, protocolo, usuario, contraseña, resolución, volumen, nombre y estado [22]; si la grabación será de manera continua o programada automáticamente por horas, activación por movimiento, detección de eventos específicos; y la capacidad de almacenamiento según las distintas resoluciones y durante el tiempo que estime necesario el Hospital de Espinar. Adicionalmente, el software debe realizar el análisis automático de las imágenes en función de los parámetros previamente definidos por el usuario, como tener una imagen con mayores cuadros por segundo si existen movimientos rápidos o aumentar el enfoque si hay movimiento lejano, lo que optimizará la capacidad de almacenamiento y el consumo del ancho de banda [23].

2.2.3 Cámara IP

La cámara capturará el video y el audio (en caso de incorporar entrada y salida de audio); pueden ser fijas o móviles, a color y para ambientes interiores y exteriores [23].

| Capa Física | |
|-------------|--|
| LAN | Puerto: Fast Ethernet 100/1000BASE-T Estándar: IEEE 802.3af o 802.3at |

Tabla 2-6: Requerimiento de la cámara IP para la red LAN [22].



Figura 2-2: Esquema lógico del sistema de video vigilancia [fuente propia]

2.3 Sistema de telepresencia

El sistema de telepresencia permitirá establecer una comunicación bidireccional, entre dos individuos que puedan escuchar y hablar en ambas direcciones; o multidireccional en caso la comunicación vaya en todos los sentidos entre más de dos individuos. Obteniendo una comunicación directa y fluida adicionando el video con alto nivel de definición (HD). Además, permitirá al Hospital de Espinar recibir asistencia remota especializada (teleconsulta y telemedicina) con audio y video de otros establecimientos a nivel nacional, para poder prestar y recibir apoyo en el estudio de casos especiales en tiempo real [24, 25].

Será conformado por un gateway, un servidor de procesamiento que permitirá al establecimiento comunicarse con varios destinos al mismo tiempo y un terminal de videoconferencia [24].

2.3.1 Gateway

El gateway servirá de interfaz entre la red interna y la red externa de datos, traduciendo la información utilizada entre ambas redes [19]. El ancho de banda de la telepresencia dependerá de su configuración según la resolución, compresión, cuadros por segundo y códec a utilizar [26].

Para la interconexión entre la red LAN y la red WAN, se requiere:

| | Capa Física | Ancho de Banda |
|-----|------------------------|--|
| LAN | Puerto: 100/1000BASE-T | 2 – 5 Mbps, según configuración de telepresencia |
| WAN | Puerto: Fast Ethernet | |

Tabla 2-7: Requerimientos del gateway para LAN y WAN [25, 26]

2.3.2 Servidor de telepresencia

Servidor centralizado que integrará las plataformas de telepresencia a nivel nacional, debe instalarse en el MINSA, PRONIS (Programa Nacional de Inversiones en Salud) o un Data Center que albergue todos los servidores a nivel nacionales.

2.3.3 Sistema de agendamiento

El sistema de telepresencia necesitará de agendamiento que evite la existencia de cruces en consultas médicas (teleconsultas) o cirugías que requieran utilizar de telepresencia (telemedicina), por lo que requerirá una plataforma web en la nube, en tiempo real, que garantice la seguridad del sistema y sea de acceso en cualquier momento para el usuario.

El sistema permitirá que el usuario registrado tenga acceso, visualice información del uso de equipamiento, información de servicios médicos, profesionales, fechas y horas disponibles para el agendamiento. Las citas podrán ser solicitadas por una interfaz web evitando los procesos de espera del paciente y la plataforma deberá permitir solicitar, modificar y cancelar dichas citas optimizando tiempos [27].

2.3.4 Terminal de videoconferencia

El terminal incluirá una cámara de video HD, monitores de alta definición, micrófonos y una computadora; todos estos equipos en su conjunto permitirán

al establecimiento comunicarse con varios destinos al mismo tiempo. Este terminal será adquirido como una solución integral y movable, así podrá ser trasladado a cualquier ambiente del hospital donde sea requerido [24].

El sistema de telepresencia deberá estar configurado con:

- DNS (Domain Name System)
- QoS (Quality of Service), para garantizar la calidad de la videoconferencia. Una videollamada en HD necesitará mínimo un ancho de banda de 2Mbps.
- Auto-gatekeeper: ya que el sistema de telepresencia será movable, debe tener un llamado al Gateway configurado, en el que se requiera la telepresencia.
- Protocolo NTP, para la sincronización de los equipos [24].

Además, el servidor debe crear sesiones al momento, empleando los recursos disponibles, si una MCU (unidad de control multipunto) falla, la sesión es activada en otra unidad. El inicio de sesiones de telepresencia, se realizará con el uso de autenticación por contraseñas [24].



Figura 2-3: Esquema lógico del sistema de telepresencia [fuente propia]

2.4 Sistema de comunicación por radio VHF

Este sistema será implementado en el Hospital de Espinar como solución de comunicación alterna al producirse alguna emergencia, permitiendo la comunicación entre una central y el personal que se encuentra en trabajo de campo en un área geográfica definida y dentro del radio de cobertura del sistema. Para la tesis, se utiliza la banda de VHF (Very High Frequency) porque brinda mayor cobertura en zonas rurales, ya que no hay tantos edificios u

obstáculos que dificulten el envío de señal. La cobertura del sistema es limitada por la potencia de transmisión y la altura de la antena. Su uso es principalmente para la comunicación con ambulancias y/o con otras unidades de salud en la región [28].

2.4.1 Radio Móvil Digital (DMR)

Radio Móvil Digital (DMR) es un estándar que mejora la calidad de la voz, información de la ubicación, eficiencia del canal y seguridad por medio de la autenticación y encriptación. Actualmente, es el más usado en el mercado y se encuentran repuestos y servicios técnicos fácilmente [29].

2.4.2 Técnicas de división de canal de radio frecuencia

Un canal de radio frecuencia ocupa una cantidad de espectro radioeléctrico, para dar el uso más eficiente se utilizan dos técnicas:

- FDMA (frequency division multiple access):
Utiliza la división por frecuencias, por lo que para dos canales se usará dos frecuencias distintas. Entonces, una conversación ocupa un canal de manera exclusiva y sólo hay un usuario a la vez por canal de radio [29].

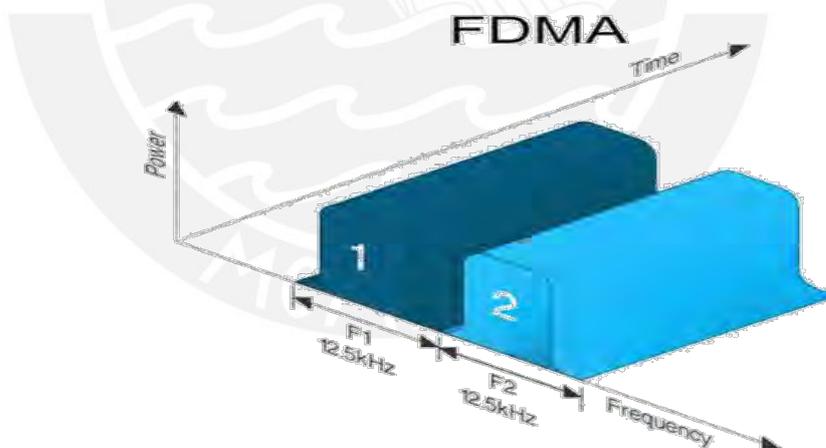


Figura 2-4: Dos conversaciones por dos frecuencias distintas [29]

- TDMA (time division multiple access):
Utiliza la división por tiempo, permitiendo que dos usuarios ocupen la misma frecuencia variando el tiempo con lapsos pequeños de 50 ms aparentando que el canal es de uso exclusivo, y así tener dos conversaciones por la misma frecuencia [29].

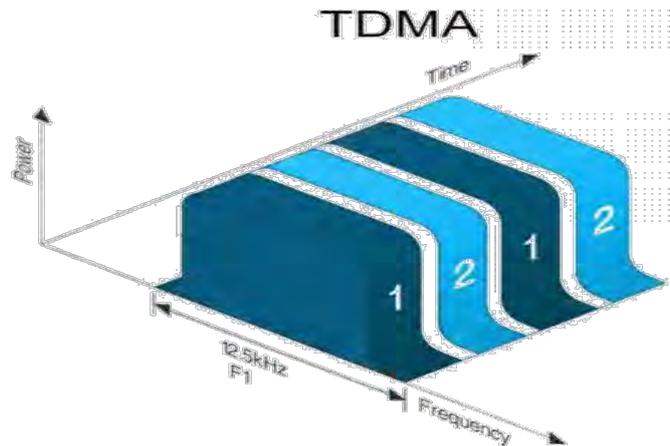


Figura 2-5: Dos conversaciones en una sola frecuencia a distintos tiempos [29]

En primer lugar, el Hospital de Espinar deberá pedir al MTC que le otorgue canales para el sistema de radio. Un canal con ancho de banda de 12.5 KHz para transmisión y otro de 12.5 KHz para recepción, separados por 5 MHz ya que el duplexor requiere esa separación mínima para su funcionamiento, y garantiza que las señales de transmisión y recepción no tengan interferencias [30].

El PNAF, indica que las frecuencias deben ser 138 - 143.6 MHz para incluir radiolocalización. Además, en estas frecuencias se encuentran los servicios como radios de bomberos y ambulancias [31].

Todos los equipos deben estar configurados en las frecuencias de transmisión y recepción asignadas por el MTC.

A continuación, los componentes del sistema de radiocomunicación:

2.4.3 Estación de repetición

Estación ubicada en la central de control y monitoreo del establecimiento de salud, tiene mayor efectividad con una antena de alta ganancia y con mucha mayor altura [32]

2.4.4 Antena para repetidora

El sistema de radiocomunicación ya contará con una antena omnidireccional VHF de más de 5dB de ganancia, que incluya el cableado coaxial, base, luz de balizaje y sistema de aterramiento [32].

2.4.5 Torre Ventada

La torre deberá estar colocada sobre el último nivel del hospital, entre 18 a 30 metros para poder cubrir todo Espinar [30].

2.4.6 Antenas para radios móviles y GPS

Antenas móviles en VHF de más de 2dB de ganancia, que incluyen base y cable coaxial. Estas antenas permitirán la transmisión y la recepción de señales en una o varias bandas del espectro de radiofrecuencia. Además, la antena debe estar conectada por medio de un latiguillo hacia la barra protectora que va conectado al sistema puesta a tierra y también debe estar conectada hacia un pararrayos, para su protección [30].

2.4.7 Radio móvil con GPS

Estarán ubicadas en las ambulancias, sectores de emergencia y seguridad. Tienen GPS integrado, micrófono, parlante y accesorios de instalación.

2.4.8 Radio portátil

Son compatibles con el estándar de las repetidoras de radio, con protocolo digital, identificación de llamadas, llamada selectiva y de alerta, ubicación por GPS entre otros. Además, deben incluir baterías y cargador de escritorio [32].

Los radios no pueden recibir y transmitir información al mismo tiempo. Asimismo, los radios portátiles deberán de ser configuradas para poder realizar enlaces directos entre sí [32].

2.4.9 Baterías

Deberán garantizar una fuente de energía alterna de suministro al sistema en caso de ausencia de energía eléctrica. Que el equipamiento funcione autónomamente o en caso necesario pueda recargarse con una batería DC, como la de las ambulancias.

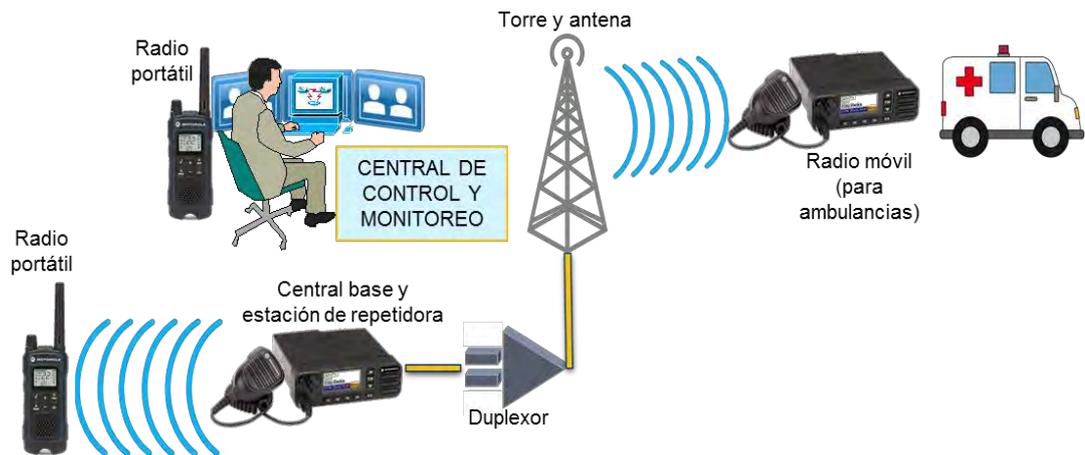


Figura 2-6: Esquema lógico del sistema de comunicación por radio VHF
[fuente propia]

2.5 Sistema de Gestión de Imágenes médicas

El sistema de gestión de imágenes médicas permitirá que las imágenes médicas producidas por las UPSS sean guardadas de manera digital, que el médico realice diagnósticos y revise las imágenes sin necesidad que el paciente porte sus placas, y que el visor de imágenes realice medidas, enfoques y cambios de brillo para apoyar al diagnóstico del paciente.

El sistema debe cumplir con las siguientes normas y estándares internacionales respecto a sistemas médicos - informáticos:

2.5.1 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) versión 3.0

Es un estándar para el almacenamiento, impresión y transmisión de imágenes médicas. Incluye un protocolo (TCP/IP) que permite la comunicación de imágenes médicas con información asociada hacia otros sistemas. Puesto que tiene un lenguaje común en distintos sistemas médicos, las imágenes vienen acompañadas de mediciones, cálculos e información descriptiva relevante para diagnósticos y utiliza archivos con extensión .dcm

El formato del archivo de DICOM contiene dos partes: cabecera y data set de DICOM. La cabecera contiene sintaxis de transferencia UID (identificador único) que especifica la codificación y compresión del data set. Mientras que, el data set contiene la imagen o las imágenes médicas [33].

2.5.2 HL7 (Health Level Seven)

“Salud de Nivel Siete” se refiere al séptimo nivel del modelo OSI: el nivel de aplicación, que interactúa directamente con el usuario. Es una organización que desarrolla estándares para la interoperabilidad entre los sistemas de información en el área de salud, permitiendo la interacción y el intercambio de datos entre aplicaciones heterogéneas, independientemente de su plataforma tecnológica o de su lenguaje de desarrollo. Estos estándares ofrecen un marco que permite a los diferentes sistemas de información, comunicarse a través de mensajes estandarizados que viajan por una única interfaz [34].

2.5.3 IHE (Integrating the Healthcare Enterprise)

Es una iniciativa de profesionales de la sanidad y empresas que quieren mejorar la comunicación entre los sistemas de información y la atención al paciente. IHE recomienda el uso de estándares ya existentes para la integración de sistemas y así proporciona una interoperabilidad efectiva y un flujo de trabajo eficiente. Incluso, si un equipo o software cumple con las especificaciones se indica que tiene conformidad con IHE [35].

2.5.4 XDS (Cross document sharing)

Es el perfil para el intercambio de documentos clínicos en un entorno con políticas comunes de seguridad, confidencialidad e infraestructura común de comunicaciones. Adicionalmente, los documentos contarán con metadatos almacenados sobre el paciente, el documento de origen, identificación del documento y su clasificación [36].

2.5.5 WADO (Web Access to DICOM Persistent Objects)

Es un estándar basado en web que simplifica el acceso a cualquier repositorio DICOM que este en una página HTML o documento XML, a través de HTTP/HTTPS, utilizando un identificador único [37].

2.5.6 SOP (Service-Object Pair)

Son las clases de objetos en DICOM, contiene las reglas y semántica que pueden restringir el uso de los servicios. Por ejemplo, los CR (Computed Radiography Image Storage), MG (Digital Mammography Image Storage), US

(Ultrasound Image Storage), SC (Multiframe True Color Secondary Capture Image Storage), listas de horarios, colas de impresión, etc. [38]

El sistema de gestión de imágenes médicas deberá contar con las normas y estándares previamente explicados, será conformado por un servidor PAC/RIS (Picture Archiving and communication system / radiology information system) y una estación de trabajo que incluya un visualizador DICOM.

2.5.7 Servidor PACS

El servidor es un sistema de almacenamiento, transmisión y descarga de imágenes médicas digitalizadas en estándar DICOM. Está compuesto por equipamiento físico y software que archivan las imágenes médicas de los pacientes, para su posterior descarga hacia las estaciones de trabajo [15].

El servidor PACS deberá contar con:

- Basado en web, para el acceso remoto al servidor.
- Interfaz web de administración que permite búsquedas, filtraciones, fusión de pacientes y estudios, exportación, etc.
- Visualización de imágenes médicas digitalizadas (DICOM) con cualquier navegador web moderno en PC, MAC, smartphone, Tablet, etc.
- Debe permitir las modalidades: CR (Rayos X), US (Ecografía) y SC (Colposcopia), que son los estudios que demanda el Hospital de Espinar.
- Gestión de trabajo de las modalidades y de los usuarios.
- Incluye la gestión de Key Object, para marcar una o más instancias SOP.
- Permite manejar archivos de enseñanza, para realizar comparación de imágenes entre un estudio de paciente sano y otro de paciente enfermo.
- Creación de CD / DVD con visor DICOM.
- Licencias: ilimitadas para conexión de modalidades, visor e interfaz web.
- Normas y estándares de interoperabilidad: DICOM 3.0, SOP, HL7, IHE, XDS, WADO [15].

Para la interconexión con la red LAN requiere:

| | Capa Física | Ancho de Banda |
|------------|---------------------------|---|
| LAN | Puerto: 100/1000BASE-T | Depende de modalidad y tiempo del examen. |

Tabla 2-8: Requerimientos del servidor PACS para LAN [15]

2.5.8 Interfaz RIS

Es el gestor de la información e imágenes del PACS por medio del estándar DICOM, su arquitectura está basada en web para tener acceso desde cualquier equipo y en cualquier momento [15].

El RIS deberá contar con:

- Sistema de agendamiento con múltiples opciones.
- Manejo del flujo de las distintas modalidades.
- Configuración del manejo de colas.
- Accesos con usuarios y contraseña.
- Administración de pacientes y usuarios.
- Generación de reportes y distribución de resultados.
- Integración con cualquier sistema hospitalario (HIS) [15].

2.5.9 Visualizador DICOM

OsiriX es un software de procesamiento de imágenes médicas dedicado a imágenes DICOM. Puede recibir imágenes desde cualquier PACS o modalidad de imagen. Ha sido diseñado para la navegación y visualización de la multimodalidad y multidimensionalidad en las imágenes: 2D, 3D, 4D (3D con dimensión temporal) y 5D (4D con funcionalidad) [15].

2.5.10 Estación de trabajo

La estación de trabajo deberá tener instalado el visualizador DICOM, para la visualización y diagnóstico de las imágenes médicas digitales.

Para la interconexión con la red LAN requiere:

| | Capa Física | Ancho de Banda |
|-----|--------------------------------------|--|
| LAN | Puerto: Fast Ethernet 100/1000BASE-T | Depende de la modalidad a realizar y el tiempo en que se quiere el estudio. No está diseñado para tiempo real. |

Tabla 2-9: Requerimientos de la estación de trabajo para la red LAN [15]

Todas las imágenes médicas deberán de contar con políticas de seguridad que permitan proteger la información recopilada, por lo cual el acceso a los módulos debe ser realizado por niveles de seguridad establecidos por el centro de salud.

Adicionalmente, las imágenes médicas digitalizadas podrán ser visualizadas en forma remota por otros establecimientos de salud a fin de poder realizar diagnósticos a distancia cuando no exista el especialista requerido [15].



Figura 2-7: Esquema lógico del sistema de gestión de imágenes [fuente propia]

Capítulo 3 : Diseño y dimensionamiento del sistema integrado

El tercer capítulo presenta los requerimientos mínimos que necesitan los cinco sistemas de telecomunicaciones expuestos en el capítulo 2 para ser integrados a la red de datos final del Hospital de Espinar, el dimensionamiento de los cinco sistemas, el diseño final del sistema de telecomunicaciones integrado, el ancho de banda y los puntos de red totales que necesita dicho sistema.

El Proyecto Regional de Banda Ancha para la región de Cusco, indica que para un centro de salud categoría II-1 se le otorga un ancho de banda de 20 Mbps de Internet [39], los cuales serán distribuidos para el dimensionamiento del sistema.

Para la tesis, se recomienda que la interconexión entre la red de datos del Hospital de Espinar tenga por separado la PSTN (red telefónica pública conmutada), el Internet y los Datos; así se puede garantizar la seguridad de los datos transmitidos, la QoS del servicio a transportar y la diferenciación del ancho de banda transmitido por cada una de las interconexiones.

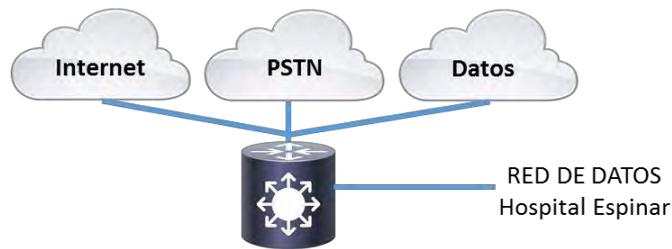


Figura 3-1: PSTN, internet y datos separados [fuente propia]

A nivel WAN se limitará el tráfico de navegación por Internet, para reservar ancho de banda necesario para telefonía y telepresencia. Mientras que, a nivel de LAN se dividirá el ancho de banda por medio de Vlans y QoS.

3.1 Diseño y dimensionamiento del sistema de telefonía

Para la telefonía del hospital se debe contratar a un operador de telefonía pública una troncal E1 ISDN PRI (30 canales de voz) o una troncal SIP (Session Initiation Protocol). Dicha troncal debe ser conectada al Gateway considerado en esta solución, el cual realiza el manejo adecuado de la voz para ser distribuida dentro de la red LAN en conjunto a la central telefónica.

- E1 ISDN PRI: cuenta con 30 canales para llamadas simultáneas, cada una de 64kbps. Se conecta al Gateway mediante un cable UTP con conectores RJ45. En caso el modem tenga conectores BNC desbalanceados, será necesario utilizar un BALUN para convertir la señal a balanceada.

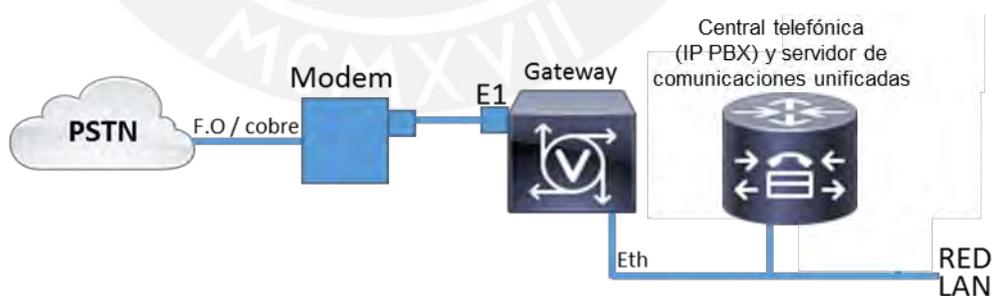


Figura 3-2: Conexión a PSTN por un E1 [fuente propia]

- SIP Trunk: es la evolución de la troncal E1 PRI para telefonía. Este protocolo que puede manejar un mayor número de llamadas en simultáneo, restringido por los recursos de procesamiento y memoria de los Gateway, usualmente maneja entre 60 y 90 llamadas en simultáneo. En la presente tesis se considera el uso del códec G.729 a nivel WAN y el códec G.711 a nivel LAN,

el cual brinda mejor calidad de voz a cambio de utilizar mayor ancho de banda (64kbps), lo cual no es un problema en la red LAN. Se debe conectar la central telefónica y el Gateway a puertos 100/1000 bps de la red LAN.

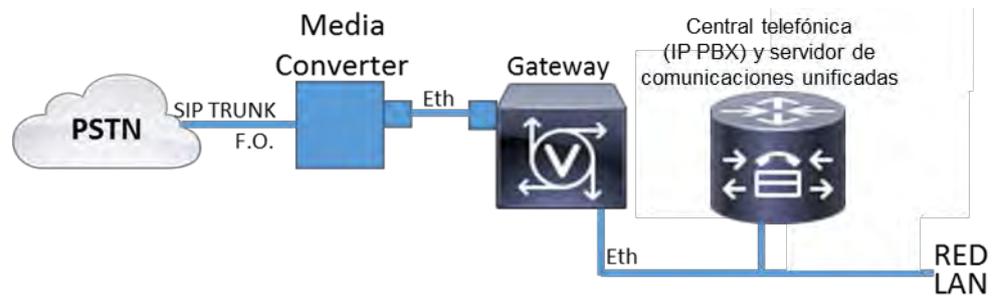


Figura 3-3: Conexión a PSTN con SIP TRUNK [fuente propia]

Se debe solicitar al operador 100 números DID asociados al número de cabecera, para utilizarlos como números directos y direccionarlos a los anexos importantes del hospital, como citas e informes. Si el operador asigna el número de cabecera 560-5000, los 100 DID van desde el 560-5000 hasta el 560-5099. De esta forma el hospital puede usar el número 560-5050 como número de emergencias, el cual es fácil de recordar para la población.

Adicionalmente, se considera una numeración 0800 para informes y citas del hospital. Este servicio, debe ser solicitado al operador de telefonía y sirve para que la población pueda realizar llamadas gratuitas al hospital. Por ejemplo, tomando el caso anterior, se le asignará al hospital el número 0800-28282 el cual redirigirá la llamada al número 560-5050 del hospital, donde el usuario pueda llamar a emergencias de manera gratuita, siendo el costo de esta llamada asumido por el hospital.

En la tesis, se consideran dos tipos de códecs para las llamadas por voz: el G.729 para conexión con la PSTN porque tiene un ancho de banda reducido y el G.711 a nivel de LAN, porque tiene una mayor calidad para la voz.

Cálculo de ancho banda consumido por las llamadas de voz, hacia la PSTN:

1. Cálculo de las tramas de voz

Resultado del códec utilizado + encabezados de capa 4 + encabezado de capa 3 + encabezado de capa 2.

Para la tesis, se utilizará el códec G.729 hacia la PSTN porque su ancho de banda es reducido, dando una longitud de 20 bytes de carga útil, a eso debemos sumarle la compresión de encabezados de capa 3 y capa 4 RTP (cRTP), que son 2 bytes adicionales, y luego el encabezado de capa de enlace, que si se trata de una trama PPP agrega 6 bytes [40].

Obteniendo un: Tamaño de trama = 20B + 2B + 6B = 28B

Se convierte de bytes a bits (1B = 8b):

Bits/trama: 28 Bytes x 8 bits/Byte = 224 bits/trama

2. Cálculo de BW (ancho de banda) para una llamada

Los códecs actualmente utilizados para la digitalización de voz (G.711, G.729, G.728a) generan 50 tramas por segundo.

Para calcular el BW para cada llamada, se debe multiplicar el tamaño de cada trama por las tramas enviadas por segundo: BW/llamada = tamaño de la trama x tramas por segundo

Entonces:

BW/llamada = 224 bits/trama x 50 tramas/seg. = 11200 bps/llamada

3. Cálculo de BW en la implementación

El BW requerido para la implementación es la cantidad de BW/llamada por el número de llamadas en simultáneo que se tendrían, para este caso se asumirá que se tiene 30 llamadas en simultáneo como máximo.

BW total = 11,2 Kbps x 30 = 336Kbps, que se aproximará a 0,5Mbps

Cálculo de ancho de banda consumido por las llamadas de voz, en la red LAN:

1. Cálculo de las tramas de voz

Para la tesis, se utilizará el códec G.711 en la LAN porque brinda mejor calidad de voz, tiene una longitud de 160 bytes de carga útil, se le suma la compresión de encabezados de capa 3 y capa 4 RTP (cRTP), que son 2 bytes adicionales, y luego el encabezado de capa de enlace, que si se trata de una trama PPP agrega 6 bytes [40].

Obteniendo: Tamaño de trama = 160B + 2B + 6B = 168B

Se convierte de bytes a bits (1B = 8b):

Bits/trama: 168 Bytes x 8 bits/Byte = 1344 bits/trama

2. Cálculo de BW (ancho de banda) para una llamada

Los códecs G.711, G.729, G.728a generan 50 tramas por segundo.

Entonces:

$$BW/llamada = 1344 \text{ bits/trama} \times 50 \text{ tramas/seg.} = 67200 \text{ bps/llamada}$$

3. Cálculo de BW en la implementación

Al igual que el caso anterior, colocaremos 30 llamadas en simultáneo como máximo para el BW requerido:

$$BW \text{ total} = 67,2 \text{ Kbps} \times 30 = 2016\text{Kbps}, \text{ que se aproximará a } 2\text{Mbps}$$

Se consideran anexos IP fijos con prestaciones estándar, como transferencias de llamadas, conferencias de voz, pantalla LCD, con acceso a directorio telefónico y demás características estándar de un teléfono de gama intermedia. Estos teléfonos podrán ser de 2 tipos, según la necesidad del usuario:

| Teléfono Gama 1 | |
|--------------------------------|------------------------------|
| Protocolo: | SIP o H.323 |
| Interfaz Ethernet: | 10/100Mbps |
| Alimentación principal: | PoE integrado (802.3af) |
| Pantalla: | LCD |
| Códecs soportados | G.711a/u, G.722, G.729, iLBC |

Tabla 3-1: Teléfono Gama 1, 100Mbps [41]

Teléfono que puede ser conectado con cableado de categoría 3/5/5e/6 para proveer a 10 Mbps al computador que esté conectado o con categoría 5/5e/6 para llegar a 100Mbps. En caso se quiera llegar a 1Gbps, se utilizará la misma categoría de cableado que en 100Mbps

| Teléfono Gama 2 | |
|--------------------------------|------------------------------|
| Protocolo: | SIP o H.323 |
| Interfaz Ethernet: | 1000Mbps |
| Alimentación principal: | PoE integrado (802.3af) |
| Pantalla: | LCD |
| Códecs soportados | G.711a/u, G.722, G.729, iLBC |

Tabla 3-2: Teléfono Gama 2, 1Gbps [41]

Los switches que alimentarán los teléfonos IP deben tener puertos con protocolo 10/100BaseT o Gigabit Ethernet y el estándar 802.3af.

Como los doctores necesitan estar comunicados en todo momento, se les brindará licencias de softphones para sus smartphones, en las que las llamadas usan códec iLBC y no variará el tamaño de ancho de banda previamente calculado, ya que el tamaño de compresión es similar al G.729.

Para el dimensionamiento de los teléfonos, se debe considerar la cantidad total de teléfonos IP en el hospital. Por ejemplo, en UPSS Consulta Externa, todos los consultorios y tópicos deben tener anexos para los médicos o técnicos que se encuentren atendiendo; en UPSS Hospitalización, anexo en la estación de enfermeras; en todas las jefaturas de los UPSS; y demás lugares como se puede apreciar en el Anexo 3, que muestra un listado detallado de los teléfonos según las áreas del hospital, dando un total de 187 teléfonos IP en los 4 niveles del hospital.

3.2 Diseño y dimensionamiento del sistema de video vigilancia

En un sistema de video vigilancia, las cámaras IP enviarán el audio y video haciendo uso de la red LAN, como muestra la siguiente figura:

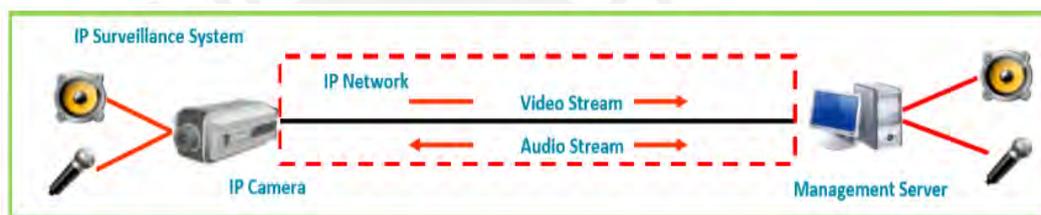


Figura 3-4: Transmisión de audio y video en red IP [42]

Todas las cámaras serán controladas y monitoreadas desde una central de vigilancia y seguridad. Para la transmisión de audio y video desde la cámara hacia la central, se necesita compresión de datos por medio de codecs:

| Compresión de audio | Compresión de video |
|---|---|
| Advanced Audio Coding (AAC): codificación estandarizada para audio digital, de alta calidad y bajo tamaño de archivo | Motion JPEG: serie de imágenes JPEG de 16 cuadros o más por segundo para formar un video. A mayor compresión, menor será la calidad del archivo resultante. |
| Pulse-Código diferencial adaptativa Modulación (ADPCM): convierte información analógica a digital, poniéndolo a binarios. | MPEG-4: estándar que compara cada cuadro con el anterior y sólo codifica el píxel diferente. Ofrece alta calidad a bajo ancho de banda. |
| | H.264: MPEG-4 part 10/AVC, sin afectar la calidad, puede reducir a más de un 80% comparado con motion JPEG y 50% respecto a MPEG-4. |

Tabla 3-3: Compresión de audio y video para sistema de video vigilancia [42]

En la presente tesis se hace uso del códec AAC para audio y H.264 para video.

Para el sistema de video vigilancia del Hospital de Espinar se han seleccionado 4 tipos de cámaras: fija externa, fija interna, PTZ (Pan / Tilt / Zoom) externa y PTZ interna, que han sido elegidas por sus ángulos de visión y resolución, haciendo uso del simulador libre de Axis Communications.

Para las simulaciones realizadas, los parámetros que se utilizarán en las medidas de las cámaras son los siguientes:

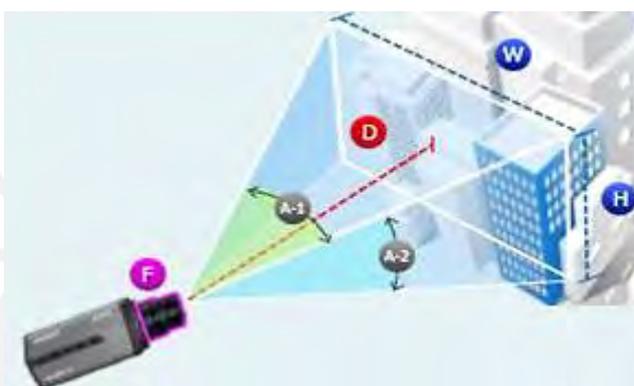


Figura 3-5: Cobertura de la cámara [43]

| (D) | (W) | (H) | (A1) | (A2) |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|----------------------------|
| Distancia entre el objeto y la cámara | Ancho del área de cobertura de visión | Altura del área de cobertura de visión | Ángulo de barrido horizontal | Ángulo de barrido vertical |

Tabla 3-4: Parámetros de medida del área de cobertura [fuente propia]

Para todas las simulaciones realizadas en la tesis, se elige una altura (H) de 3 metros, que es la altura estándar del techo del hospital. Cabe resaltar que el presente análisis es válido hasta una altura mínima de 2,7 metros. Con la finalidad de conseguir la resolución necesaria para detectar rostros y objetos a detalle, se recomienda tener las siguientes configuraciones para los 4 tipos de cámaras:

1. Fija externa

Estas cámaras se instalarán en el perímetro del hospital y en los pasillos largos. El Hospital de Espinar tiene lados de 100 m de largo por ello es necesario utilizar 2 cámaras que cubran 50 metros cada una.

De la simulación realizada, las imágenes capturadas por la cámara se ven con nitidez hasta los 20 primeros metros, luego de ese metraje las imágenes se van distorsionando.

Se obtiene que un objeto a una distancia (D) de 20 metros, tiene un ancho de cobertura (W) de 22 metros, por lo que la cámara tendrá un ángulo horizontal (A1) de 28.8° .

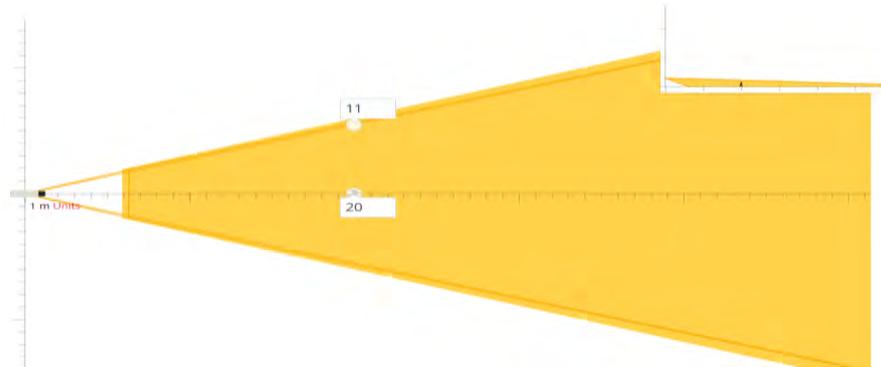


Figura 3-6: Vista desde arriba para cámara fija externa - ángulo horizontal [44]

Para la misma distancia (D=20m) se tiene una altura (H) de 2.25 metros, con un ángulo en vertical (A2) de 26.2° .

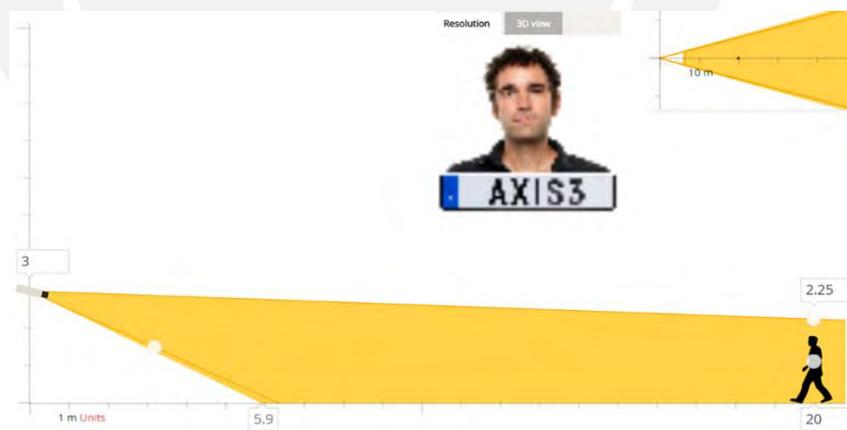


Figura 3-7: Vista de perfil para cámara fija externa - ángulo vertical y resolución de imagen a 20 metros [44]

2. Fija interna

Estas cámaras irán en lugares que la cámara no necesita movimiento, como las entradas principales del hospital, cuarto de archivos, almacenes y pasillos cortos, el campo de vista debe cubrir 10m.

Para la simulación realizada, se puso el objeto a una distancia (D) de 5 metros y se obtuvo un ancho de cobertura (W) de 16 metros y un ángulo horizontal (A1) de 58,3°.



Figura 3-8: Vista desde arriba para cámara fija interna - ángulo horizontal [44]

Para la misma distancia (D=5m) se tiene una altura (H) de 2.5 metros, con un ángulo en vertical (A2) de 51.8°.

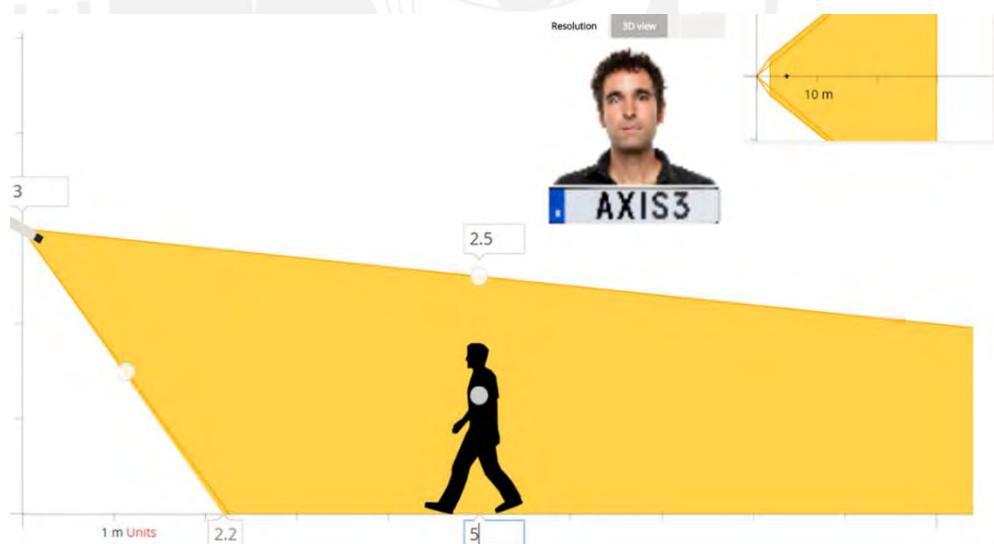


Figura 3-9: Vista de perfil para cámara fija interna - ángulo vertical y resolución de imagen a 5 metros [44]

3. PTZ externa

Estas cámaras irán en lugares más concurridos del exterior, en los que se necesita ver a más detalle el movimiento que sucede en el área, como

estacionamientos, carga y descarga de suministros. Puede cubrir hasta 50m sin ningún problema y con una gran calidad de imagen.

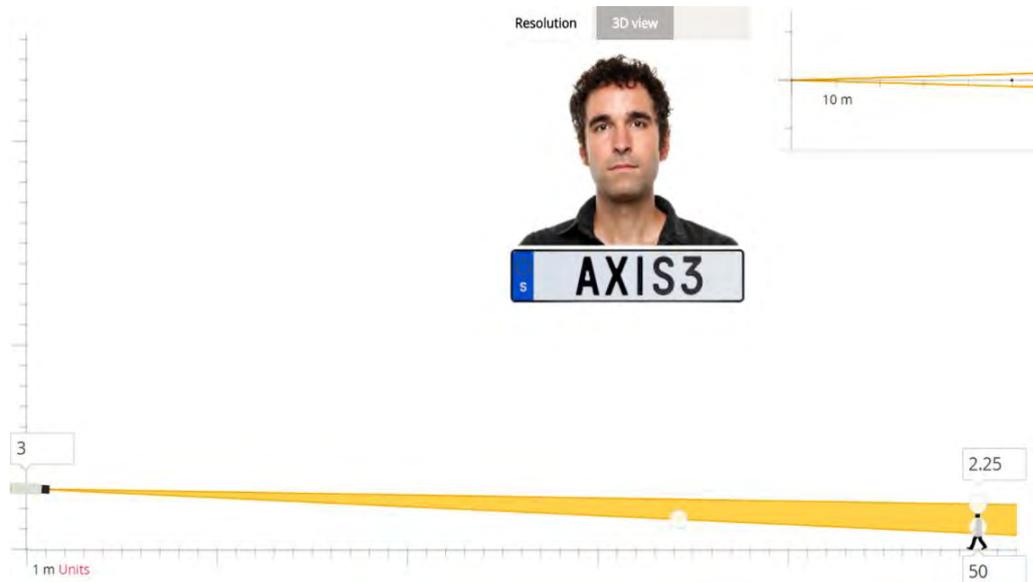


Figura 3-10: Vista de perfil para cámara PTZ externa y resolución de imagen a 50 metros [44]

Para la simulación realizada, se puso el objeto a 50 metros para ver la resolución de la imagen en los casos más críticos, ya que estas cámaras paran en constante movimiento, no se tendrá un ángulo fijo. Como resultado, se apreció que tiene un gran rango de visión y buena resolución.

4. PTZ interna

Estas cámaras irán en lugares pequeños que tienen movimiento, como en la sala de telecomunicaciones que el personal irá a diferentes racks, cruces de pasillos internos, banco de sangre, etc.

En la simulación se colocó un objeto a 7 metros de la cámara, obteniendo una buena resolución, ya que esta cámara varía su vista, no se establece un ángulo fijo.

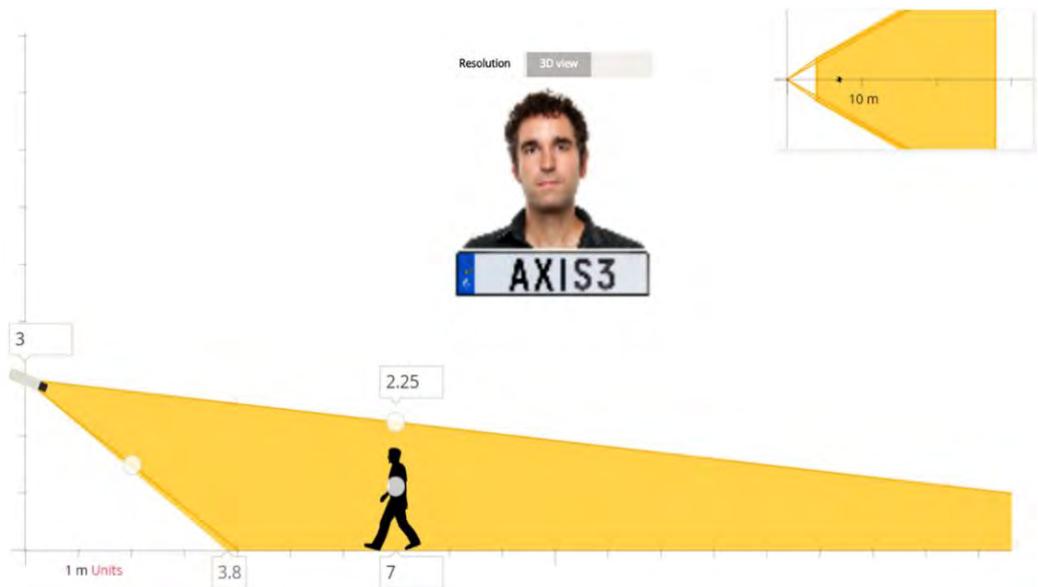


Figura 3-11: Vista de perfil para cámara PTZ interna y resolución de imagen a 7 metros [44]

Para el diseño se ha considerado que las cámaras de vigilancia van a visualizar y grabar de manera continua en todos los ambientes donde han sido instaladas. Para la visualización de imágenes se usa una resolución de 720p, códec H.264, velocidad 10 cuadros por segundo, con una compresión de 30 de pérdida. Mientras que, para la grabación tiene resolución VGA, códec H.264, velocidad de 6 cuadros por segundo y una compresión de 50 de pérdida; ya que la grabación debe tener menos resolución para ocupar menos espacio de almacenamiento porque será guardado por 30 días como mínimo.

Las cámaras consideradas para el Hospital de Espinar han sido ubicadas en puertas de acceso, perímetros del establecimiento, corredores, cajas de pago, almacenes, ambientes de custodia de equipos, cuartos de hospitalización y ambientes que requieren seguridad. Como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 3-12: Ubicación de cámaras en UPSS Almacén[45]

Se adjunta en el Anexo 4, los planos de todos los pisos (4 niveles) con las ubicaciones de las cámaras. Las cámaras anaranjadas son las fijas y las azules las PTZ, y en el interior de cada cámara tienen una letra: “E” para las externas y una “I” para las internas. Las cámaras son ubicadas en el hospital según la norma técnica de salud N°110-MINSA/DGIEM-V01 – “Infraestructura y equipamiento de EE.SS del 2do. nivel de atención” del MINSA.

A continuación, se muestra un cuadro resumen de las cámaras que irán instaladas en los cuatro niveles del Hospital de Espinar según su tipo:

| Tipo de cámara | Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Total |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Fija Externa | 14 | 1 | 6 | 2 | 23 |
| PTZ Externa | 5 | 7 | 1 | 0 | 13 |
| Fija Interna | 8 | 10 | 2 | 3 | 23 |
| PTZ Interna | 13 | 10 | 8 | 4 | 35 |
| Total de cámaras | | | | | 94 |

Tabla 3-5: Cámaras según tipo y nivel en Hospital de Espinar [fuente propia]

La central de vigilancia y seguridad cuenta con áreas de trabajo, cada área de trabajo cuenta con 2 monitores y puede visualizar 50 cámaras como máximo, con la posibilidad de incrementar el número de pantallas para un mejor

monitoreo. Entonces, para el Hospital de Espinar se necesitarán 2 áreas de trabajo para cubrir las 94 cámaras.

Para el dimensionamiento del almacenamiento y el ancho de banda que requiere el sistema, se utiliza el simulador de software libre de Axis Communications.

En el software se coloca el número de cámaras, que tipos de cámara se usarán (fija externa, fija interna, PTZ externa y PTZ interna), el formato con el que se desea visualizar y/o grabar las imágenes.

En las simulaciones realizadas se colocó en los cuatro tipos de cámaras, la misma configuración. En la visualización, la velocidad es de 10fps, resolución de 720p, codificación H.264 y compresión de 30. En caso de la grabación se coloca velocidad de 6fps, resolución VGA, codificación H.264 y compresión de 50. La grabación tendrá menor calidad de imagen y mayor compresión, para que no ocupe tanto espacio de almacenamiento. Adicionalmente, se está activando el audio de las cámaras fijas, ya que el audio escuchado es el procedente de la imagen que refleja. En las PTZ no se activa el audio, ya que las visualizaciones de las cámaras estarán en constante cambio.

A continuación, se muestran las configuraciones realizadas:

1. Fija externa:

The screenshot displays the configuration interface for an external fixed camera. The settings are organized into three columns: 'Visualización' (Visualization), 'Grabación continua' (Continuous Recording), and 'Grabación de eventos' (Event Recording). The 'Visualización' column has a checked checkbox and settings for image speed (10), resolution (720p), video encoding (H.264), and compression (30). The 'Grabación continua' column has a checked checkbox and settings for recording speed (6), resolution (VGA), video encoding (H.264), compression (50), and recording duration (24 h). The 'Grabación de eventos' column has an unchecked checkbox and settings for recording speed (30), resolution (VGA), video encoding (H.264), and compression (30). The 'Audio' setting is 'Activado' for visualization and recording, and 'Desactivado' for event recording. The 'Ancho de banda' (Bandwidth) is 628 KBit/s for visualization, 132 KBit/s for continuous recording, and 0 Bit/s for event recording. The top of the interface shows 'Nombre' (Fija externa), 'Modelo' (AXIS P1364-E), 'Cantidad' (23), and 'Escenario' (Patio de colegio).

| Nombre | Modelo | Cantidad | Escenario |
|--------------|--------------|----------|------------------|
| Fija externa | AXIS P1364-E | 23 | Patio de colegio |

| Perfil | Visualización | Grabación continua | Grabación de eventos |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Personalizado ... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Velocidad de imagen | 10 | 6 | 30 |
| Resolución | 720p | VGA | VGA |
| Codificación de vídeo | H.264 | H.264 | H.264 |
| Compresión | 30 | 50 | 30 |
| Audio | Activado | Activado | Desactivado |
| Grabación | | 24 h | 20% |
| Ancho de banda | 628 KBit/s | 132 KBit/s | 0 Bit/s |

Figura 3-13: Configuración fija externa visualización y grabación [46]

2. Fija interna:

| Nombre | Modelo | Cantidad | Escenario |
|--------------|------------|----------|-----------|
| Fija interna | AXIS M1054 | 23 | Recepción |

Perfil: Personalizado ...

| Visualización | Grabación continua | Grabación de eventos |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Velocidad de imagen: 10 | 6 | 30 |
| Resolución: 720p | VGA | VGA |
| Codificación de vídeo: H.264 | H.264 | H.264 |
| Compresión: 30 | 50 | 30 |
| Audio: Activado | Activado | Desactivado |
| Grabación | 24 h | 20% |
| Ancho de banda: 428 KBit/s | 105 KBit/s | 0 Bit/s |

Figura 3-14: Configuración fija interna visualización y grabación [46]

3. PTZ externa:

| Nombre | Modelo | Cantidad | Escenario |
|-------------|--------------|----------|-----------|
| PTZ externa | AXIS P5624-E | 13 | Cruce |

Perfil: Personalizado ...

| Visualización | Grabación continua | Grabación de eventos |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Velocidad de imagen: 10 | 6 | 30 |
| Resolución: 720p | VGA | VGA |
| Codificación de vídeo: H.264 | H.264 | H.264 |
| Compresión: 30 | 50 | 30 |
| Audio: Desactivado | Desactivado | Desactivado |
| Grabación | 24 h | 20% |
| Ancho de banda: 692 KBit/s | 115 KBit/s | 0 Bit/s |

Figura 3-15: Configuración PTZ externa visualización y grabación [46]

4. PTZ interna:

| Nombre | Modelo | Cantidad | Escenario |
|-------------|--------------|----------|-----------|
| PTZ interna | AXIS M5014-V | 35 | Escalera |

Perfil: Personalizado ...

| Visualización | Grabación continua | Grabación de eventos |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Velocidad de imagen: 10 | 6 | 30 |
| Resolución: 720p | VGA | VGA |
| Codificación de vídeo: H.264 | H.264 | H.264 |
| Compresión: 30 | 50 | 30 |
| Audio: Desactivado | Desactivado | Desactivado |
| Grabación | 24 h | 20% |
| Ancho de banda: 1.00 MBit/s | 182 KBit/s | 0 Bit/s |

Figura 3-16: Configuración PTZ interna visualización y grabación [46]

Obteniendo como resultado, para cada cámara la siguiente información:

| Tipo de cámara | Ancho de banda | Almacenamiento (24h x 30d) |
|---------------------|--|----------------------------|
| Fija externa | Visualizar: 628 Kbps Grabar: 132Kbps | 42.8 GB |
| PTZ externa | Visualizar: 692 Kbps Grabar: 115 Kbps | 37.4 GB |
| Fija Interna | Visualizar: 428 Kbps Grabar: 105Kbps | 34.0 GB |
| PTZ Interna | Visualizar: 1Mbps Grabar:182Kbps | 59.1 GB |

Tabla 3-6: Ancho de banda en visualización – grabación y almacenamiento de imágenes por 30 días, según el tipo de cámara. [46]

Y de la simulación total con las 94 cámaras, se obtiene el siguiente resultado:

| Nombre | Modelo | Nº | Ver | Grabar | Evento | Almacenamiento |
|----------------------------|--------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Fija externa | AXIS P1364-E | 23 | 14.4 MBit/s | 3.04 MBit/s | 0 Bit/s | 985 GB |
| PTZ externa | AXIS P5624-E | 13 | 8.99 MBit/s | 1.50 MBit/s | 0 Bit/s | 486 GB |
| Fija interna | AXIS M1054 | 23 | 9.83 MBit/s | 2.42 MBit/s | 0 Bit/s | 783 GB |
| PTZ interna | AXIS M5014-V | 35 | 35.2 MBit/s | 6.39 MBit/s | 0 Bit/s | 2.07 TB |
| Resumen de proyecto | | 94 | 68.4 MBit/s | 13.3 MBit/s | 0 Bit/s | 4.32 TB |

Figura 3-17: Informe de banda ancha para cámaras en Hospital de Espinar [46]

Se considera menor ancho de banda en la grabación para que ocupe menos espacio en el almacenamiento de video. Obteniendo 68.4Mbps de ancho de banda para la visualización y 13.3 Mbps para la grabación de las 94 cámaras, dando un total de 81.8Mbps en promedio que irán por la red LAN. Para el almacenamiento se está considerando un mínimo de 30 días de grabación, dando un total de 4.32 TB.

El cableado estructurado aparte de ser utilizado para enviar datos también enviará corriente (PoE) a las cámaras IP. Para distancias mayores a 60 metros se debe considerar regenerados de energía PoE llamados midspan, para asegurar el correcto funcionamiento de las cámaras.

El ancho de banda obtenido sirve como base para el diseño final, ya que puede haber crecimiento de cámaras o picos que superen los 100 Mbps, por lo que las áreas de trabajo que visualizarán las cámaras deben contar con tarjetas de red

Gb Ethernet y estar conectadas directamente a switches de distribución de la red de datos. Adicionalmente, los switches deben contar con puertos de 1000Mbps, con el protocolo NTP para que los eventos de las cámaras estén sincronizados con la hora del hospital y finalmente con el estándar PoE+ (802.3at) para poder alimentar a las cámaras IP.

3.3 Diseño y dimensionamiento del sistema telepresencia

Para el diseño de telepresencia se toma en cuenta 2 tipos de equipos: uno para las teleconsultas, equipo fijo y otro para la telemedicina, equipo móvil.

El equipo fijo se ubicará en el único teleconsultorio del Hospital de Espinar, que se encuentra en el segundo nivel según los planos:



Figura 3-18: Teleconsultorio ubicado en segundo nivel del Hospital de Espinar [45]

Mientras que, el móvil será utilizado en la sala de operaciones multifuncional y la sala de operaciones de ginecología y obstetricia del UPSS Centro Quirúrgico, así poder contar con ayuda de médicos especialistas al momento de operar.

| Nombre del EESS | Categoría Proyectada | Provincia | Región | Cartera de Servicios | Ambiente del Servicio | Número de Ambientes |
|---------------------|----------------------|-----------|--------|--|--|---------------------|
| Hospital de Espinar | II-1 (Quirurgico) | Espinar | Cusco | Teleconsulta por Médico Especialista | Teleconsultorio | 1 |
| | | | | Intervenciones Quirúrgicas-Cirugía General | Sala de Operaciones Multifuncional | 1 |
| | | | | Intervenciones Quirúrgicas-Traumatología y Ortopedia | | |
| | | | | Intervenciones Quirúrgicas-Oftalmología | | |
| | | | | Intervenciones Quirúrgicas-Otorrinolaringología | | |
| | | | | Intervenciones Quirúrgicas-Ginecológicas | Sala de Operaciones de Ginecología y Obstetricia | 1 |
| | | | | Intervenciones Quirúrgicas-Obstétricas | | |

Tabla 3-7: Cartera de servicios para telepresencia en el Hospital de Espinar [47]

Para el uso de los equipos, el Hospital de Espinar necesita tener un sistema de agendamiento, tanto para el equipo fijo en el teleconsultorio y el equipo móvil en las salas de operaciones.

El ancho de banda de la telepresencia depende de la resolución del video que utilice, sea 720p o 1080p que son estándares de HD y necesarios para este tipo de video llamadas que es en tiempo real. Además, se usa la compresión de video H.264 por la nitidez de las imágenes, como se muestra a continuación:



Figura 3-19: Misma imagen con compresión MJPEG, MPEG-2, MPEG-4 y H.264, de izquierda a derecha [48]

Se ha realizado una simulación de video a una velocidad de 100px/s que es la velocidad máxima que puede presentarse en la telepresencia, ya que las personas no se encuentran haciendo movimientos tan rápidos como si estuvieran corriendo o saltando. Obteniéndose como resultado, que a partir de 10fps hacia abajo habría problemas en la visualización de imagen. En caso, se baje la velocidad de px/s y/o se tenga mayor cantidad fps, la visualización de la imagen mejorará.

En la siguiente imagen, se observa la simulación realizada:



Figura 3-20: Diferencia de fps a una velocidad de 100px/s [49]

Para la compresión de audio se utiliza los códecs G.711 o AAC.

Finalmente, el conjunto de las configuraciones para la telepresencia da un ancho de banda variable entre 2 – 5 Mbps por pantalla.

3.4 Diseño y dimensionamiento del sistema de comunicación por radio VHF

El sistema de comunicación por radio digital brinda la comunicación entre el Hospital de Espinar con las dos ambulancias y el personal de seguridad o médico, por medio de radios móviles y portátiles. Se elige la frecuencia VHF porque brinda mayor robustez de comunicación en zonas rurales y da un radio de cobertura de hasta 50 km dependiendo de la geografía del lugar. Si bien la provincia de Espinar cuenta con una geografía accidentada rodeada de montañas, las ambulancias no van a llegar hasta todos esos puntos, sino que se enfocarán en la movilización dentro del mismo distrito y algunos lugares cercanos, por lo que no se colocará una repetidora.

El Hospital de Espinar debe contar con una antena omnidireccional a una altura de 30 metros, con su respectivo sistema de protección, como pararrayos y cableado hacia pozo a tierra. Adicionalmente, el Hospital de Espinar debe pedir al MTC que le otorgue canales con ancho de banda de 12.5 KHz para transmisión y otro de 12.5 KHz para recepción, separados por 5 MHz. En dicho ancho de banda se va a utilizar la tecnología TDMA para tener 2 comunicaciones por la misma frecuencia. El PNAF, indica que las frecuencias deben ser entre 138 MHz y 143.6 MHz para incluir radiolocalización (para ambulancias).

Las radios portátiles son principalmente para el uso interno, como para el personal de seguridad del Hospital de Espinar, o en algunos casos que sea requerido dentro del distrito de Espinar. Con un radio de cobertura de 3.53 km, que es la distancia más alejada desde el hospital hacia una edificación en el distrito de Espinar. Como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 3-21: Rango de cobertura para radio portátil en el distrito de Espinar de 3.53 km en lugar más alejado [50]

Las radios móviles son ubicadas en las 2 ambulancias del hospital. Las cuales se movilizarán en todo el distrito de Espinar y alrededores, asegurando una comunicación mínima de 15 km y con posibilidad de mayor extensión de cobertura, según el terreno geográfico por donde las ambulancias se movilen. En la siguiente imagen se muestra la distancia desde el Hospital de Espinar hacia uno de sus límites con un largo de 24.85 km, donde se garantiza la cobertura de radio VHF.



Figura 3-22: Rango de cobertura para radio móvil en la provincia de Espinar, hacia uno de sus límites con un largo de 24.85 km [50]

Las simulaciones para la cobertura del sistema de radio VHF han sido realizadas con las medidas previamente indicadas, 3.53 km para la radio portátil y 24.85 km para la radio móvil.

A continuación, se muestra la configuración colocada en la radio base, radio móvil y radio portátil:

Radio base en VHF con una potencia de transmisión de 50W, ganancia de antena de 5dBi y una altura de 30 metros.

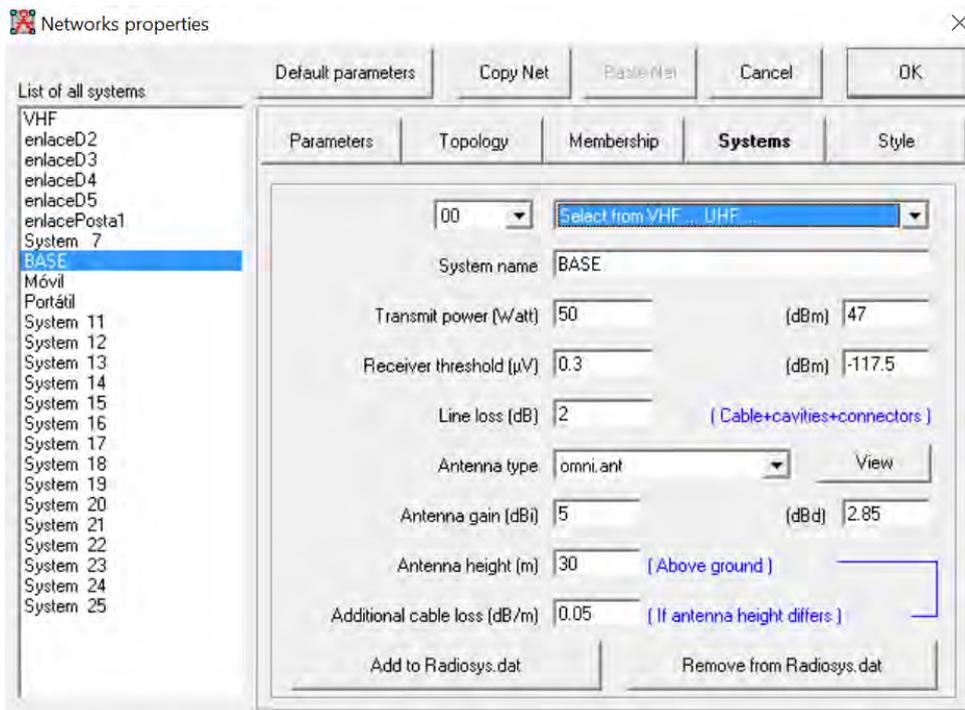


Figura 3-23: Configuración de radio - base en el Hospital de Espinar [fuente propia]

Radio portátil en VHF con una potencia de transmisión de 5W, ganancia de antena de 0.5dBi y se encuentran a una altura de 1.5 metros.

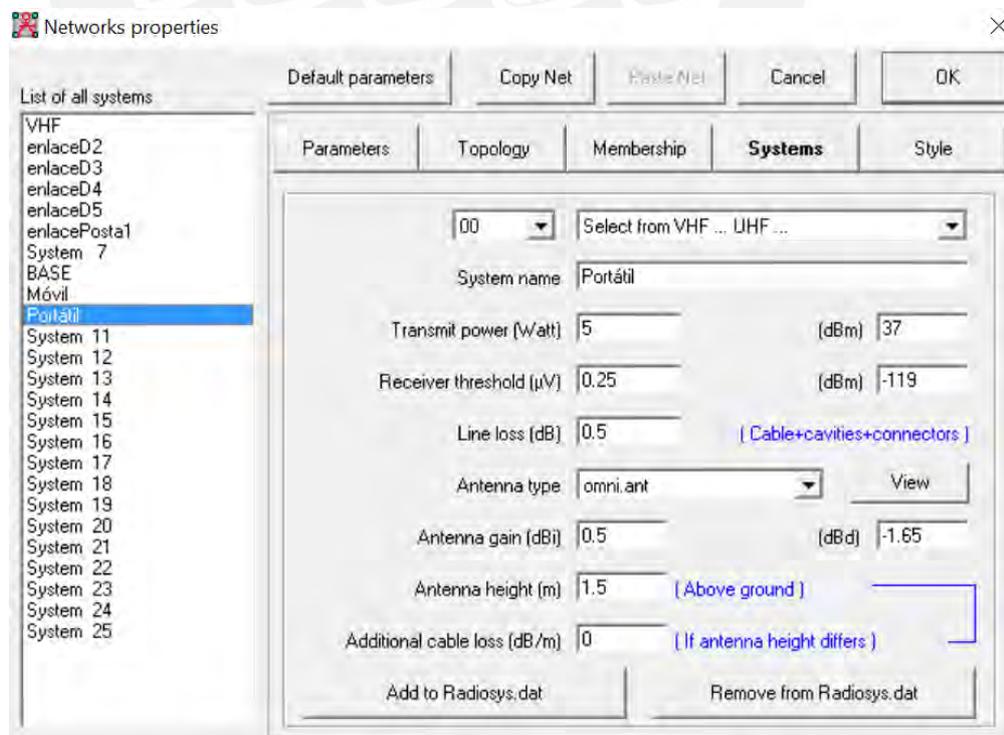


Figura 3-24: Configuración de radio - portátil [fuente propia]

Radio móvil en VHF con una potencia de transmisión de 50W, ganancia de antena de 5dBi y una altura de 2 metros.

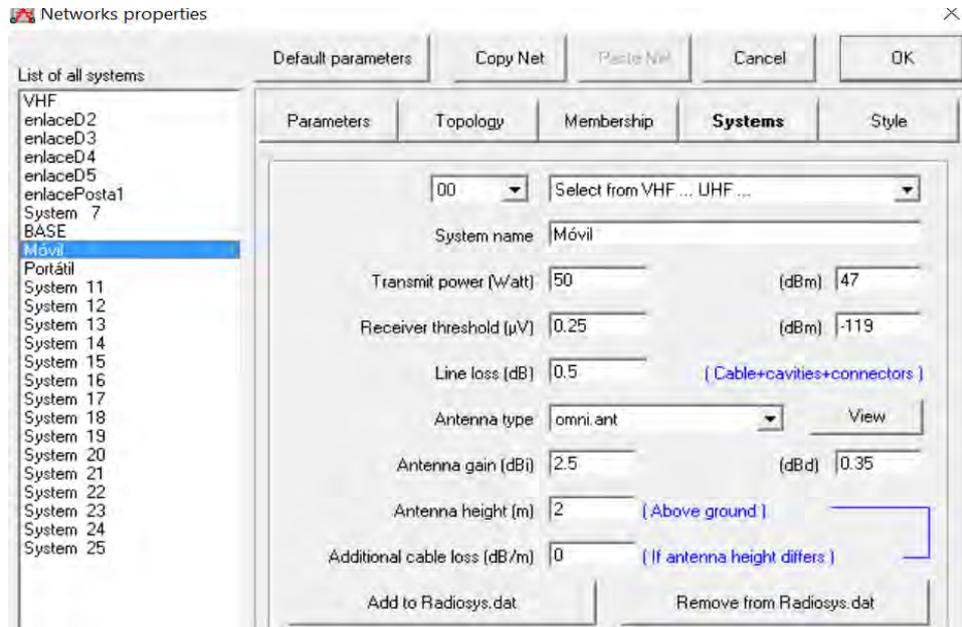


Figura 3-25: Configuración de radio - móvil para ambulancias [fuente propia]

Las configuraciones mostradas, permiten realizar los enlaces entre radio base – radio portátil y radio base – radio móvil, como se muestran a continuación:

Enlace de 3.52 km desde radio base a radio portátil, con zona de Fresnel de 0.3.

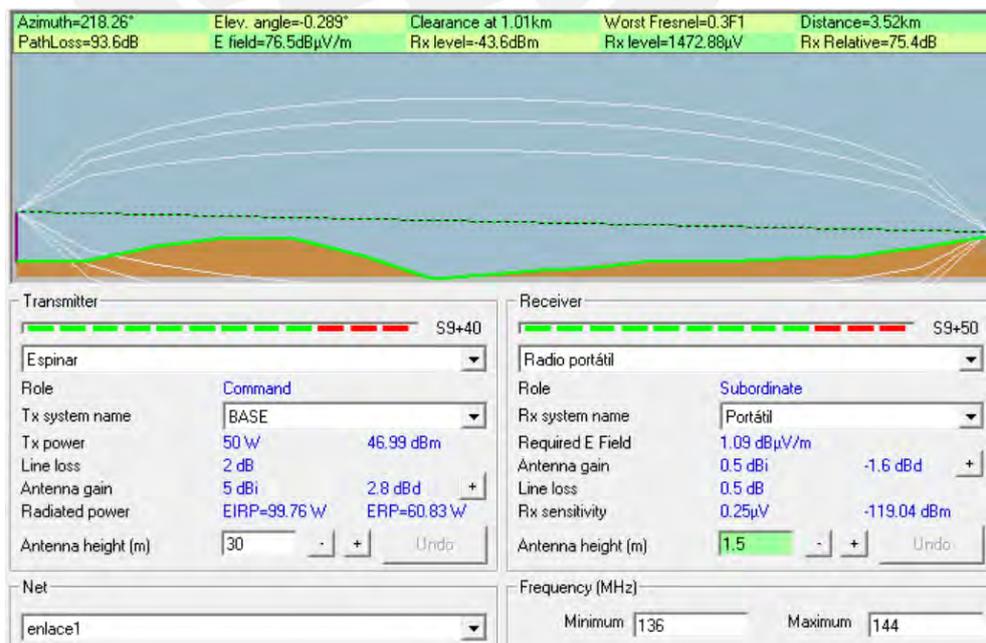


Figura 3-26: Enlace radio base a radio portátil [fuente propia]

Enlace de 24.85 km desde radio base a radio móvil, con zona de Fresnel de 0.7



Figura 3-27: Enlace radio base a radio móvil [fuente propia]

En conclusión, las configuraciones y los enlaces realizados para las radios portátiles y móviles aseguran una correcta cobertura desde la radio base que se encuentra en el Hospital de Espinar.

Obteniéndose el siguiente patrón de cobertura por la antena omnidireccional del Hospital de Espinar. Donde la zona verde indica que se tiene buena cobertura de la señal entre las radios, e irá variando a amarillo o un verde más oscuro cuando la señal se atenúa, hasta llegar a la zona roja que es donde se pierde la señal, debido a las montañas que se encuentran en el área geográfica:

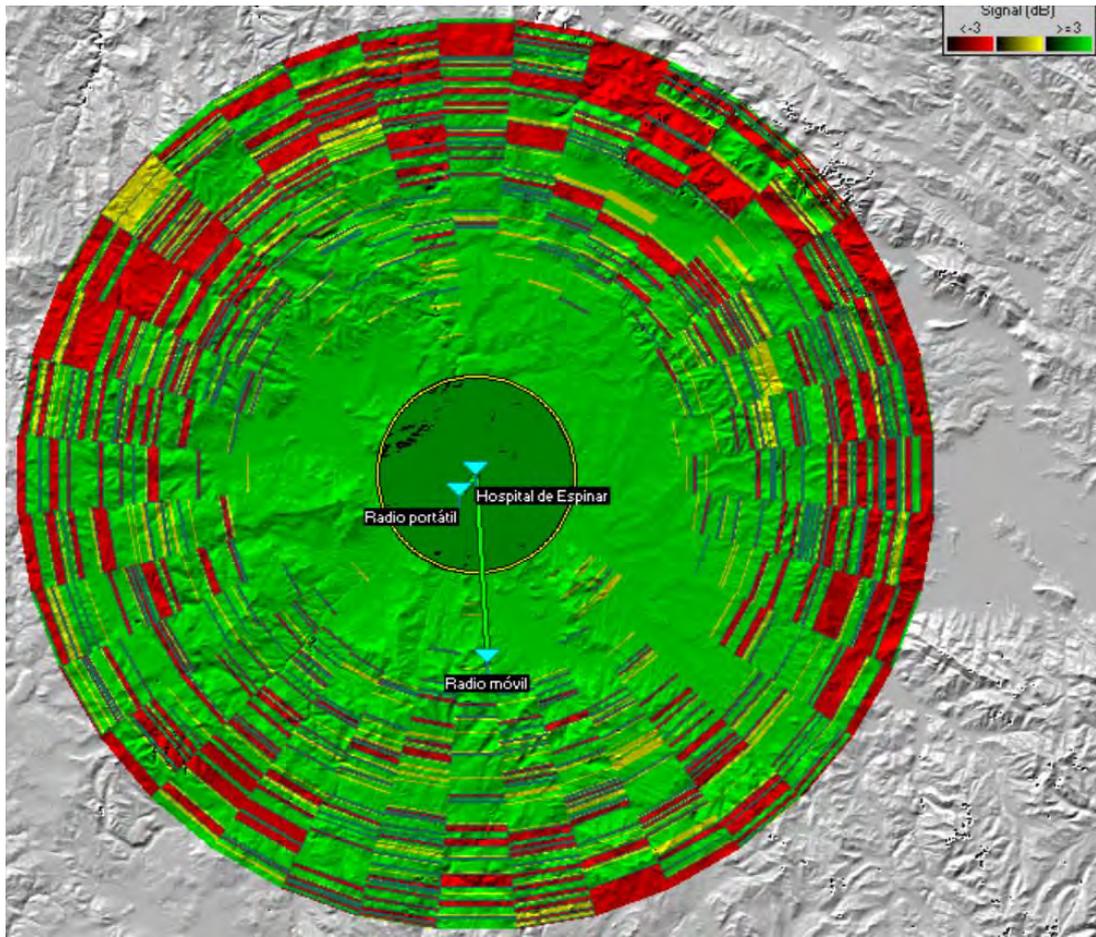


Figura 3-28: Radio de cobertura omnidireccional desde el Hospital de Espinar
[fuente propia]

Notándose que hay comunicación en todo el distrito de Espinar (radio hasta donde se encuentra la radio portátil) y zonas aledañas, asegurando una cobertura de 20 km como mínimo para la comunicación con el Hospital de Espinar. Luego de esa distancia dependerá de la ubicación exacta de la ambulancia y la zona geográfica del lugar.

3.5 Diseño y dimensionamiento del sistema gestión de imágenes médicas

El sistema de gestión de imágenes (PACS/RIS) se encuentra ubicado en el consultorio de odontología general con soporte de radiología oral, en la sala de ecografía obstétrica, sala de radiología convencional digital, sala de ecografía general y sala de colposcopia.

Según los ambientes nombrados, se obtiene que el hospital cuenta con tres modalidades de estudios: rayos X, ecografía y colposcopia.

| Nombre del EESS | Categoría Proyectada | Provincia | Región | Cartera de Servicios | Ambiente del Servicio | Número de Ambientes |
|---------------------|----------------------|-----------|--------|---|---|---------------------|
| Hospital de Espinar | II-1 (Quirúrgico) | Espinar | Cusco | Atención Ambulatoria por Cirujano Dentista General con Soporte de Radiología Oral | Consultorio de Odontología General con Soporte de Radiología Oral | 1 |
| | | | | Ecografía Obstétrica | Sala de Ecografía Obstétrica | 1 |
| | | | | Colposcopia | Colposcopia | |
| | | | | Radiología Convencional | Sala de Radiología Convencional Digital | 1 |
| | | | | Ecografía General y Doppler | Sala de Ecografía General | 1 |

■ Radiología ■ Ecografía ■ Colposcopia

Tabla 3-8: Cartera de servicios para imágenes médicas en el Hospital de Espinar [47]

El tamaño promedio de las imágenes médicas varía según la modalidad o tipo de examen médico que se realice. Según estudios realizados por “Medical Innovation and Technology” los tamaños de imagen en las tres modalidades son como se muestra a continuación:

| Modalidad | Tamaño promedio de imagen (KB) | Número de imágenes típicas por estudio | Total por estudio (KB) |
|------------------|--------------------------------|--|------------------------|
| CR (Rayos X) | 10,485.760 | 4 | 41,943.04 |
| US (Ecógrafo) | 629.146 | 50 | 31,457.30 |
| SC (Colposcopia) | 16,930.040 | 80 | 1,354,403.20 |

Tabla 3-9: Tamaño promedio de un estudio en KB, según modalidad [15]

Y la demanda de PACS/RIS, según los ambientes en el Hospital de Espinar, proyectada por el PRONIS es:

| Ambiente del Servicio | Número de Atenciones | | | | |
|---|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
| Consultorio de Odontología General con Soporte de Radiología Oral | 8,138 | 8,214 | 8,290 | 8,368 | 8,446 |
| Sala de Ecografía Obstétrica | 3,767 | 3,802 | 3,838 | 3,873 | 3,909 |
| Colposcopia | 352 | 355 | 359 | 362 | 365 |
| Sala de Radiología Convencional Digital | 5,450 | 5,501 | 5,552 | 5,604 | 5,656 |
| Sala de Ecografía General | 5,382 | 5,432 | 5,483 | 5,534 | 5,585 |

■ Radiología ■ Ecografía ■ Colposcopia

Tabla 3-10: Demanda de imágenes médicas para los primeros 5 años [47]

Entonces, con la demanda del Hospital de Espinar y el tamaño de cada estudio se obtiene el número de estudios y tamaño de almacenamiento para los cinco primeros años del nuevo hospital:

| Año de Estudio | CR (Rayos X) | US (Ecografía) | SC (Colposcopia) | Número de estudios total | Tamaño total (GB) |
|----------------|--|---|---|--------------------------|-------------------|
| | 1 estudio = 41934.04 KB | 1 estudio = 31457.30 KB | 1 estudio = 1354403.20 KB | | |
| Año 1 | Número de estudios: 13,588 Tamaño: 570 GB | Número de estudios: 9,149 Tamaño: 288 GB | Número de estudios: 352 Tamaño: 477 GB | 23,089 | 1,334 |
| Año 2 | Número de estudios: 13,715 Tamaño: 575 GB | Número de estudios: 9,234 Tamaño: 290 GB | Número de estudios: 355 Tamaño: 481 GB | 23,304 | 1,347 |
| Año 3 | Número de estudios: 13,842 Tamaño: 581 GB | Número de estudios: 9,320 Tamaño: 293 GB | Número de estudios: 359 Tamaño: 486 GB | 23,521 | 1,359 |
| Año 4 | Número de estudios: 13,971 Tamaño: 586 GB | Número de estudios: 9,407 Tamaño: 296 GB | Número de estudios: 362 Tamaño: 490 GB | 23,740 | 1,372 |
| Año 5 | Número de estudios: 14,102 Tamaño: 591 GB | Número de estudios: 9,495 Tamaño: 299 GB | Número de estudios: 365 Tamaño: 495 GB | 23,962 | 1,385 |
| TOTAL | | | | 117,617 | 6,798 |

Tabla 3-11: Número de estudios total y tamaño total de almacenamiento, en los 5 primeros años [fuente propia]

Se realizarán 117,617 estudios entre las tres modalidades (rayos X, ecografías y colposcopías) que cuenta el hospital y para el almacenamiento de dichos estudios se necesita 7 TB aproximadamente.

Los diagnósticos de los estudios no se realizan en tiempo real, sino que las imágenes son almacenadas en el servidor y posteriormente son descargadas en la estación de trabajo para su análisis. Por lo que el ancho de banda necesario para este sistema depende del tiempo en que el usuario quiera ver las imágenes en su estación de trabajo, o el ancho de banda que se reserve en la red para su descarga. Por ejemplo, el ancho de banda para una imagen de colposcopia en 20 segundos será: $16,930.040\text{KB} \times 8 \text{ bits} / 20\text{seg} = 6.7\text{Mbps}$

Los equipos que van a estar conectados a este sistema deben contar con puertos GigaE, para el rápido envío y descarga de imágenes en la red interna del hospital. En caso las imágenes tengan que enviarse a otros hospitales, se recomienda que las imágenes sean enviadas por medio de intranet y no por internet, por la seguridad del paciente.

3.6 Integración de sistemas

Los requerimientos mínimos para el ancho de banda en la red LAN y WAN del Hospital de Espinar, en los cinco sistemas (1. Telefonía, 2. Video vigilancia, 3. Telepresencia, 4. Comunicación por radio y 5. Imágenes médicas), son los siguientes:

| Sistemas | Equipamiento | Bit rate LAN | Bit rate WAN | Configuración LAN | Configuración WAN | Observaciones |
|-----------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------|--|--|
| 1 | Gateway: valor típico (10 llamadas), valor máximo (30 llamadas) | 0.67 Mbps, 2.00 Mbps | 0.11 Mbps, 0.34 Mbps | VLAN voz, QoS | E1 PRI, FXO, SIP Trunk | LAN: G.711 WAN: G.729 |
| | IP PBX y servidor de comunicaciones unificadas | Sólo señalización | 0.11 Mbps, 0.34 Mbps | | No aplica, comunicación externa por intranet / internet | Comunicaciones unificadas: iLBC |
| | Teléfono | 0.67 Mbps, 2.00 Mbps | 0.11 Mbps, 0.34 Mbps | | Por medio del Gateway | SIP o H.323 |
| 2 | Fija externa | 14.4 Mbps | No aplica | VLAN cctv, QoS | No aplica | Alimentadas por PoE o PoE+, en caso de mayor energía (más de 60 metros) se agregan midspans |
| | PTZ externa | 8.99 Mbps | | | | |
| | Fija Interna | 9.83 Mbps | | | | |
| | PTZ Interna | 35.2 Mbps | | | | |
| | Estación de trabajo 1 | 34.21 Mbps | | | | |
| Estación de trabajo 2 | 34.21 Mbps | | | | Se controlan 50 cámaras por workstation | |
| 3 | Equipo fijo | 5 Mbps | 5 Mbps | VLAN video, QoS | No aplica, comunicación externa por intranet / internet | Se recomienda que el video sea por intranet |
| | Equipo móvil | 5 Mbps | 5 Mbps | | | |
| 4 | Radio | No aplica | No aplica | No aplica | No aplica | Es un sistema autónomo |
| 5 | Rayos X (imagen en10 seg) | 8.39 Mbps | 3 Mbps | VLAN datos, QoS | No aplica, comunicación externa por intranet / internet | Se recomienda que datos sean enviados por intranet |
| | Ecografía (imagen en10 seg) | 0.5 Mbps | 3 Mbps | | | |
| | Colposcopia (imagen en10 seg) | 13.54 Mbps | 3 Mbps | | | |

Tabla 3-12: Matriz de requerimientos del sistema integrado en la red del Hospital de Espinar [fuente propia]

La siguiente figura muestra el diseño integrado de los cinco sistemas:

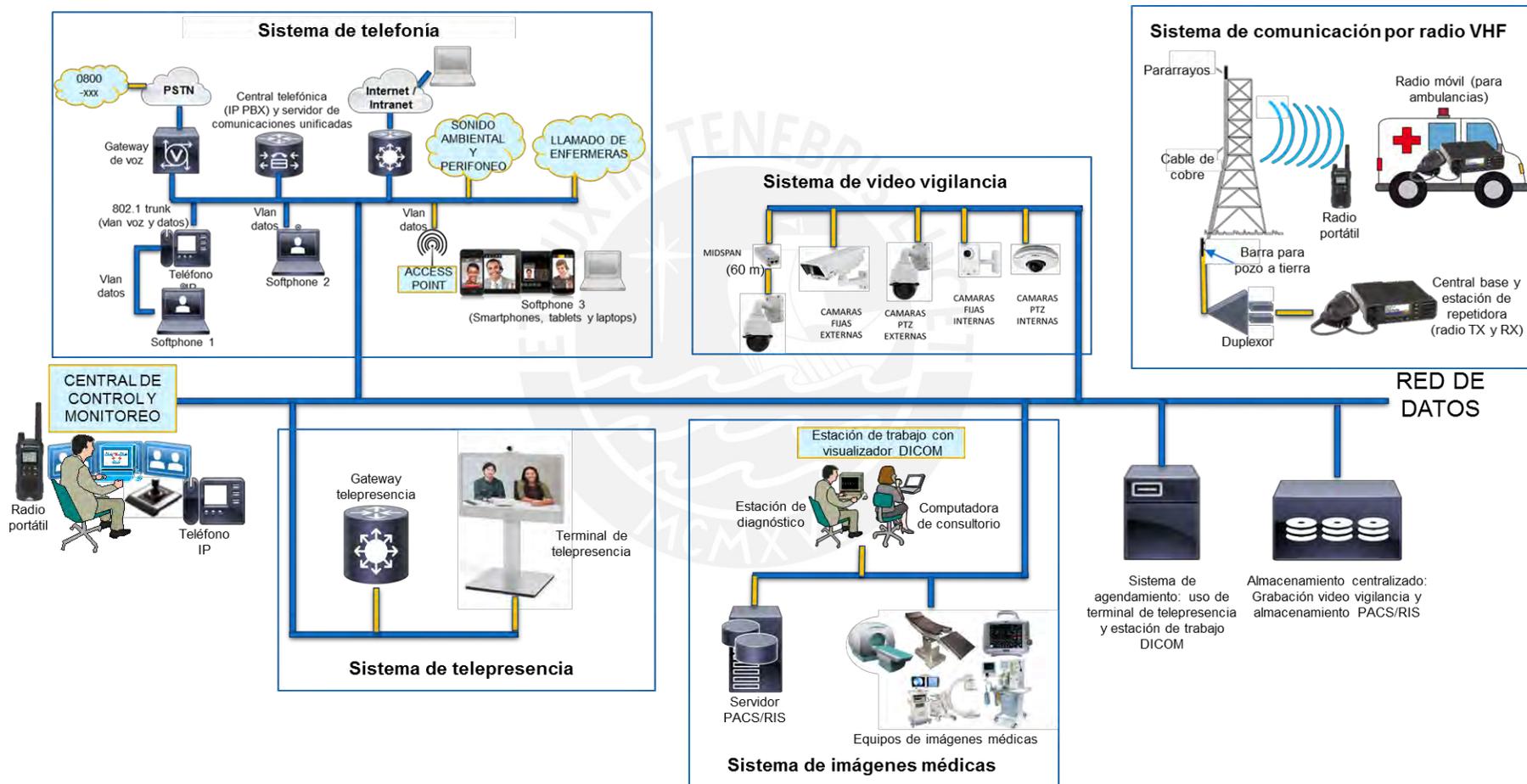


Figura 3-29: Diseño final de los cinco sistemas integrados [fuente propia]

Para el sistema integrado en el Hospital de Espinar se debe dimensionar la cantidad de puntos de red en los planos según cada UPSS del hospital, como por ejemplo en el fragmento del plano que se muestra en la imagen a continuación.

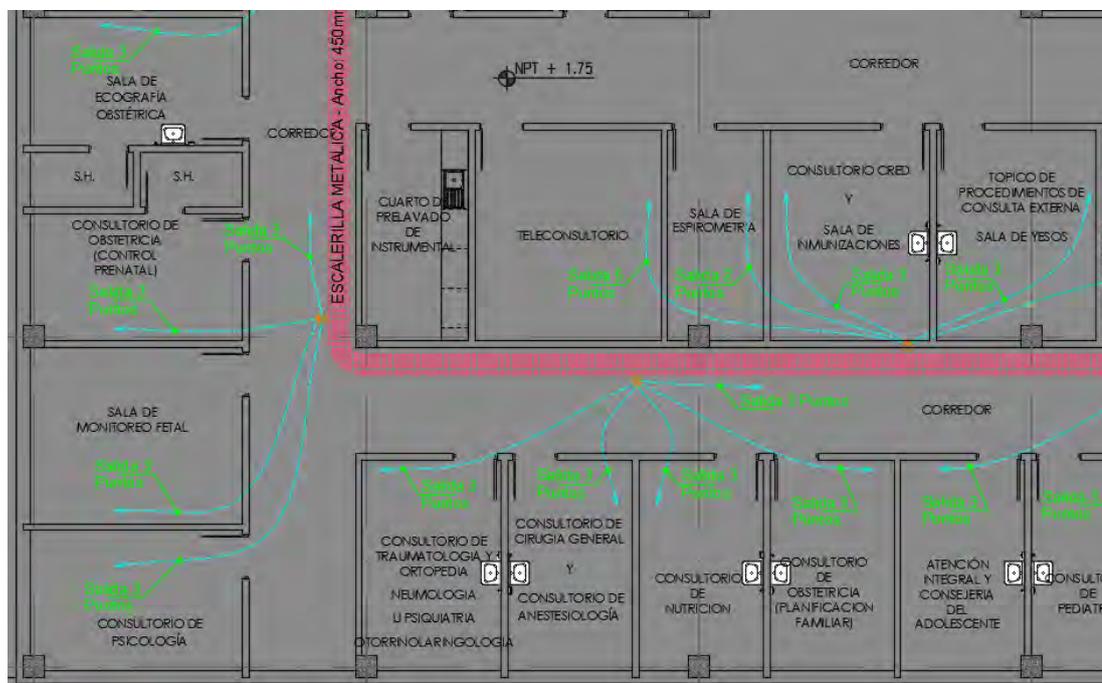


Figura 3-30: Puntos de red colocados en plano del Hospital de Espinar [45]

La cantidad de puntos de red estimada para el Hospital de Espinar, han sido colocados para cada ambiente en lugares estratégicos en los 4 pisos, los cuales se pueden ver a detalle en el Anexo 5. A continuación, se muestra un cuadro resumen de los puntos de red según cada nivel del hospital.

| Total puntos de red | Nivel |
|---------------------|--------------|
| 235 | 1er. |
| 288 | 2do. |
| 166 | 3ro. |
| 132 | 4to. |
| 822 | Total |

Tabla 3-13: Dimensionamiento de puntos de red total en Hospital de Espinar

[fuente propia]

Capítulo 4 : Análisis económico del sistema integrado

En el año 2015, el MINSA presupuestó 170 millones de soles para la construcción del nuevo Hospital de Espinar [51]. Sin embargo, luego de los presupuestos entregados en el expediente técnico por el PRONIS a finales del año 2017, se asignó 88 millones de soles para la inversión del nuevo hospital [52].

El siguiente cuadro muestra el cronograma semestral de inversión para el nuevo Hospital de Espinar, según el código SNIP del proyecto de inversión pública 374288 “Mejoramiento de los servicios de salud del Hospital de Espinar, distrito y provincia de Espinar, departamento de Cusco” [53].

| COMPONENTES | Semestres (Soles) | | | | | | Total por componente |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| | 1er semestre 2017 | 2do semestre 2017 | 1er semestre 2018 | 2do semestre 2018 | 1er semestre 2019 | 2do semestre 2019 | |
| Expediente técnico | 923,196 | 923,196 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,846,392 |
| Infraestructura | 0 | 1,553,231 | 9,319,387 | 15,532,312 | 27,958,161 | 7,766,156 | 62,129,247 |
| Equipamiento | 0 | 0 | 0 | 0 | 19,107,549 | 0 | 19,107,549 |
| Supervisión de obra y equipamiento | 0 | 202,616 | 607,848 | 1,175,172 | 1,560,142 | 506,540 | 4,052,318 |
| Supervisión de expediente técnico | 93,885 | 93,885 | 0 | 0 | 0 | 0 | 187,770 |
| Expediente técnico de capacitación | 0 | 0 | 37,220 | 0 | 0 | 0 | 37,220 |

| | | | | | | | |
|---|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Programa de capacitación al personal asistencial y administrativo | 0 | 0 | 159,162 | 130,224 | 0 | 0 | 289,386 |
| Programa de promoción y sensibilización de los servicios de salud | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 126,400 | 126,400 |
| Programa de gestión clínica y administrativa | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32,739 | 32,739 |
| Supervisión plan de mantenimiento | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12,390 | 12,390 |
| Supervisión, capacitación, gestión y promoción | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29,735 | 29,735 |
| Plan de mantenimiento de infraestructura y equipamiento | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 114,855 | 114,855 |
| Estudio semi-detallado de certificación ambiental | 0 | 135,865 | 0 | 0 | 0 | 0 | 135,865 |
| Plan de mitigación ambiental | 0 | 4,386 | 26,318 | 43,863 | 78,953 | 21,931 | 175,451 |
| Total por periodo | 1,017,081 | 2,913,179 | 10,149,935 | 16,881,571 | 48,704,805 | 8,610,746 | 88,277,317 |

Tabla 4-1: Cronograma semestral de inversión según componentes durante el periodo de 2017 al 2019 [53]

El proyecto también especifica los costos de operación y mantenimiento para los diez primeros años de funcionamiento del nuevo hospital:

| COSTOS | | Sin PIP | | Con PIP | |
|--------------|------|-----------|---------------|------------|---------------|
| | | Operación | Mantenimiento | Operación | Mantenimiento |
| Años (Soles) | 2020 | 7,712,290 | 40,837 | 8,470,491 | 720,273 |
| | 2021 | 7,712,290 | 40,837 | 8,813,713 | 1,218,171 |
| | 2022 | 7,712,290 | 40,837 | 9,192,909 | 1,536,573 |
| | 2023 | 7,712,290 | 40,837 | 9,681,187 | 2,300,781 |
| | 2024 | 7,712,290 | 40,837 | 10,101,677 | 1,284,837 |
| | 2025 | 7,712,290 | 40,837 | 10,743,813 | 1,432,655 |
| | 2026 | 7,712,290 | 40,837 | 11,341,645 | 2,318,401 |
| | 2027 | 7,712,290 | 40,837 | 12,132,091 | 1,222,614 |
| | 2028 | 7,712,290 | 40,837 | 12,814,671 | 1,538,592 |
| | 2029 | 7,712,290 | 40,837 | 13,411,216 | 888,378 |

Tabla 4-2: Costos de operación y mantenimiento del proyecto de inversión pública, con PIP y sin PIP desde el año 2020 al 2029 [53]

En este capítulo, se realizará un análisis económico de CAPEX (inversión enfocada en equipamiento) y OPEX (inversión enfocada en gastos de operación y mantenimiento) de acuerdo al presupuesto expuesto por el proyecto de inversión pública del Hospital de Espinar para el sistema integral de telecomunicaciones. El análisis será presentado por cada subsistema que conforma el sistema integrado y se realizará un comparativo entre distintos proveedores comerciales presentes en el mercado peruano para el desarrollo del sistema integrado, evaluando cual generará

mayor beneficio respecto a los objetivos de la tesis. Además, se evaluará la factibilidad del sistema integrado de la tesis con respecto al presupuesto del proyecto de inversión pública con código SNIP 374288.

4.1 Sistema de telefonía

Los sistemas de telefonía son similares en cuanto a precios de mercado de equipamiento y especificaciones técnicas. Se hace la comparación entre CISCO, AudioCodes y Huawei.

La cotización de CISCO incluye dos gammas de teléfonos IP (152 de gamma 1 y 35 de gamma 2), el gateway de voz, la IP PBX y el servidor de comunicaciones unificadas. Además de las licencias y softwares para cada uno de los equipos.

| Número de parte | Descripción | Cantidad | Precio (U\$D) |
|--|---|----------|------------------|
| IP PBX y servidor de comunicaciones unificadas | | | |
| BE6M-M4-K9= | Central telefónica: Cisco Business Edition 6000M Svr (M4), Export Restricted SW | 1 | 9,400.00 |
| Teléfonos IP | | | |
| CP-7821-K9= | Teléfono IP (gamma 1): Cisco UC Phone 7821 | 152 | 38,760.00 |
| CP-7841-K9= | Teléfono IP (gamma 2): Cisco UC Phone 7841 | 35 | 12,775.00 |
| SISTEMA DE COMUNICACIONES UNIFICADAS - SOFTWARE Y LICENCIAS | | | |
| BE6K-START-UCL35 | Paquete de inicio BE 6000: con 35 licencias Enh y 35 licencias VM | 1 | 500.00 |
| BE6K-UCL-BAS | Licencia de usuario: Cisco Business Edition 6000 | 152 | 19,000.00 |
| TELEFONIA IP - SOFTWARE Y LICENCIAS | | | |
| UNITYCN11-ENH-USR | Unidad de conexión: Software 11.x y Enhanced Voice Messaging User | 35 | 3,850.00 |
| GATEWAY DE VOZ | | | |
| C1-CISCO4331/K9 | Gateway: Cisco ONE ISR 4331 (3GE, 2NIM, 1SM, 4G FLASH, 4G DRAM, IPB) | 1 | 3,300.00 |
| C1AUPISR4330SK9 | Licencia perpetua: Cisco ONE Advanced ISR 4331 | 1 | 1,700.00 |
| NIM-2MFT-T1/E1 | Puertos troncales: 2 port Multiflex Trunk Voice/Clear-channel Data T1/E1 Module | 1 | 2,200.00 |
| PVDM4-64 | Módulo de 64 canales DSP | 1 | 3,400.00 |
| NIM-4FXO | Módulo de 4 puertos - FXO (Universal) | 1 | 1,000.00 |
| Total equipamiento: | | | 95,885.00 |

Tabla 4-3: Cotización de equipamiento CISCO para sistema de telefonía [54]

Adicionalmente, se incluye el precio de los servicios para un promedio de 3 años.

| Número de parte | Descripción | Duración de servicios (meses) | Cantidad | Precio (U\$D) |
|-------------------------|--|-------------------------------|----------|---------------|
| SERVICIOS | | | | |
| CON-SNT-BE6M4M4K | Servicio de 3 años para Cisco Business Edition 6000M Svr | 36 | 1 | 1,299.39 |
| CON-SNT-CP7821K9 | Servicio para teléfono 7821 | 36 | 152 | 6,270.00 |
| CON-SNT-CP7841K9 | Servicio para teléfono 7841 | 36 | 35 | 1,443.75 |

| | | | | |
|--------------------------|---|----|-----|-----------|
| CON-ECMU-RCBE6KK | Servicio de actualización para Cisco Business Edition | 36 | 1 | 0.00 |
| CON-ECMU-UCMUCBAS | Servicio de actualización para BE6K 11X | 36 | 152 | 7,866.00 |
| CON-ECMU-BE1U1XCU | Servicio de actualización para la licencia de inicio BE6000 v11 UCL | 36 | 1 | 862.50 |
| CON-ECMU-C14331K9 | Servicio de actualización para C1 ISR 4331 (2GE,2NIM,1SM,4G FLASH) | 36 | 1 | 0.00 |
| CON-ECMU-C1A4330S | Servicio de actualización para licencia perpetua Advanced ISR 4331 | 36 | 1 | 879.75 |
| CON-ECMU-RUNITYCK | Servicio de actualización para Unity Connection 11.x Software | 36 | 1 | 0.00 |
| CON-ECMU-UNITYEHR | Servicio de actualización para One Unity Connection 11.x Enhanced Voice | 36 | 35 | 2,656.50 |
| Total servicios: | | | | 21,277.89 |

Tabla 4-4: Cotización de servicios CISCO para sistema de telefonía [54]

La solución de marca CISCO da un subtotal de 117,162.89 para el sistema de telefonía (precio de equipamiento más servicios), al agregar el IGV (18%) se tiene un total de 138,252.21 dólares americanos. Los precios de instalación, operación y mantenimiento incluyendo IGV serán: \$22,628.86 (20% del equipamiento) de instalación y \$3,394.32 (3% del equipamiento) por año, para la operación y mantenimiento.

La cotización de AudioCodes incluye una gamma de 187 teléfonos IP, el gateway de voz y el servidor de comunicaciones unificadas. Además de las licencias para cada uno de los equipos.

| Número de parte | Descripción | Cantidad | Precio (U\$D) |
|---|---|----------|---------------|
| Teléfonos IP | | | |
| 405HD IP Phone | Teléfono PoE: SfB 405HD IP GbE con 2 puertos Ethernet 10/100/1000. Pantalla LCD y es PoE Incluye 3 años de soporte de SW proveniente por de los partners calificados por AudioCodes | 187 | 15,341.48 |
| SISTEMA DE COMUNICACIONES UNIFICADAS Y LICENCIAS | | | |
| Enterprise Box Edition for SfB | Incluye: Enterprise Box Edition para Skype Business soportando hasta 5000 usuarios. | 1 | 39,788.15 |
| GATEWAY DE VOZ | | | |
| Mediant 800B | Gateway Mediant 800B Microsoft Lync, con 4 puertos FXS, 4 FXO y 4 interfaces BRI de voz. Precargado con aplicaciones de AudioCodes Communications-Enabled Business Processes (CEBP) | 2 | 15,527.68 |
| Total equipamiento: | | | 70,657.31 |

Tabla 4-5: Cotización de equipamiento AudioCodes para sistema de telefonía [55]

Adicionalmente, se incluye el precio de los servicios para un promedio de 3 años.

| Número de parte | Descripción | Duración de servicios (meses) | Cantidad | Precio (USD) |
|-------------------------|---|-------------------------------|----------|--------------|
| SERVICIOS | | | | |
| SRV_INST | Servicio de configuración, integración, seteo y puesta en marcha de plataforma para 200 usuarios. | 36 | 1 | 20,452.86 |
| SRV_Support_3Y | Servicio de soporte y continuidad operacional | 36 | 1 | 1,263.84 |
| Total servicios: | | | | 21,716.70 |

Tabla 4-6: Cotización de servicios AudioCodes para sistema de telefonía [55]

La solución de marca AudioCodes da un subtotal de 92,374.01 para el sistema de telefonía (precio de equipamiento más servicios), al agregar el IGV (18%) se tiene un total de 109,001.33 dólares americanos. Sin embargo, este precio no cuenta con la IP PBX.

La cotización de HUAWEI incluye dos gammas de teléfonos IP (152 de gamma 1 y 35 de gamma 2), el gateway de voz, la IP PBX y el servidor de comunicaciones unificadas. Además de las licencias y softwares para cada uno de los equipos.

| Número de parte | Modelo | Descripción | Cantidad | Precio (USD) |
|--|--------------|---|----------|------------------|
| IP PBX y servidor de comunicaciones unificadas | | | | |
| eSpace Unified Session Manager | | | | 14,262.15 |
| UC Common Server | | | | |
| 02311LYR | UC0MCOMSRV00 | Servidor de comunicaciones unificadas RH2288V3, Linux 11SP3 | 1 | 9,651.95 |
| Auxiliary Equipment | | | | |
| 21240434 | EGUIDER01 | Kit de rack estático 2U | 1 | 32.20 |
| IPT License | | | | |
| 88032UTN | US2SVSUBPT01 | Licencia de voz, por suscripción | 35 | 3,815.00 |
| SnS Year Fee | | | | |
| 88033NBR | US2SVSUBPT02 | Licencia de Puerto por suscripción de voz y soporte, por suscriptor | 35 | 763.00 |
| Teléfonos IP | | | | |
| eSpace 7900 | | | | 70,537.44 |
| eSpace 7900 Main Equipment | | | | |
| 50081736 | EP1Z01IPHO | Teléfono IP: eSpace 7910 | 152 | 45,562.00 |
| 50081737 | EP1Z02IPHO | Teléfono IP eSpace 7950 | 35 | 23,195.20 |
| eSpace 7900 Auxiliary | | | | |
| 02310PCJ | EP1Z01ADAM | Adaptador Americano: eSpace 7900 | 187 | 1,780.24 |
| SISTEMA DE COMUNICACIONES UNIFICADAS - SOFTWARE Y LICENCIAS | | | | |
| eSpace ECS | | | | 53,344.47 |
| ECS Hardware | | | | |
| 02311NKF | UC0M08SRSC | Modelo RH2288 V3 8HD (2*E5-2620V3, 2*16GB Mem, 8*600GB SAS, DVD-RW, 4*GE, 1*4Poat NIC, SR130, 2*460W AC PS) | 1 | 10,053.07 |
| 05200398 | GW2012L23 | Software Sistema Operativo, Microsoft Windows Server 2012 R2, 2 CPU, OEM incrustado, 64 bits, Licencia COA, DVD | 1 | 1,259.25 |

| | | | | |
|--|---------------|--|-----|------------------|
| 05200399 | GW2012L25 | Software Sistema Operativo, Microsoft Windows Server 2012, licencia de acceso a clientes, 1 usuario, OEM incrustado, 64 bits, Licencia COA, sin Kit de media | 5 | 304.75 |
| 05210394 | GSQLSER15 | Servidor Microsoft SQL 2012, edición estándar en inglés, 1 CAL, para Windows 64bit, SQL2012 Std, OEM incrustado, Licencia COA, SQL2012 | 1 | 242.65 |
| 05210396 | GSQLSER16 | Licencia de acceso a usuario cliente para Servicios Microsoft SQL 2012-OEM incrustado, 5 usuarios CAL, Licencia COA | 1 | 1,044.20 |
| 05280272 | G0DVSC110 | Versión cliente / servidor de Trend Micro OfficeScan, inglés, V11.0 Plus, 10 usuarios para Windows, licencia electrónica, 1 año 7 * 24 servicios estándar | 1 | 645.15 |
| EC3.0 Basic Package | | | | |
| 88033FRB | EC3SBUSIUC01 | Business UC Subscriber License-USM(Per Subscriber) | 152 | 33,136.00 |
| SnS Year Fee | | | | |
| 88033MWM | EC3SBUSIUC02 | Suscriptos, licenia de suscripción y soportes de Business UC, 1 año | 152 | 6,627.20 |
| Accessories | | | | |
| 21240434 | EGUIDER01 | Kit de rack estático 2U | 1 | 32.20 |
| TELEFONIA IP - SOFTWARE Y LICENCIAS | | | | |
| eSpace UMS | | | | 15,717.63 |
| eSpace UMS 2.2 Hardware | | | | |
| 02311FRM | BC1M23HG5B | Modelo RH2288 V3 8HD (2*E5-2620V3,2*16GB Mem,4*600GB SAS,DVD-RW,4*GE,1*4Poat NIC,SR130,2*460W AC PS) | 1 | 8,095.43 |
| 21240434 | EGUIDER01 | Kit de rack estático 2U | 1 | 32.20 |
| eSpace UMS 2.2 Software | | | | |
| 05171638 | GUMS22BAS00 | Aplicación de Software customizado eSpace UMS V200R002C00, Paquete Universal Servidor x86 DVD, 1 año de servicio 7*24 | 1 | 4,255.00 |
| 05171639 | GUMS22VOI10 | Aplicación de Software customizado eSpace UMS V200R002C00, con 10 usuarios concurrentes para mensajes de voz, 1 año de servicio 7*24 | 4 | 2,070.00 |
| eSpace UMS 2.2 Outsourcing Service | | | | |
| 88093713 | GUMS22BAS00SV | Servicio de paquete de software eSpace UMS V200R002C00 | 2 | 851.00 |
| 88093714 | GUMS22VOI10SV | Servicio para eSpace UMS V200R002C00 con 10 usuarios concurrentes para mensajes de voz | 8 | 414.00 |
| GATEWAY DE VOZ | | | | |
| AR2200 Series Enterprise Routers | | | | 14,594.30 |
| Basic Configuration | | | | |
| 02350DQM | AR2220E | AR2220E, 3GE WAN(1GE Combo), 2 USB, 4 SIC, 2 WSIC, 1 DSP DIMM, 150W con energía AC | 1 | 3,047.50 |
| SIC Interface Module | | | | |
| 03020YNR | AR0MSDME2A00 | Tarjeta de interfaz troncal con 2 puertos canalizados E1/T1/PRI/VE1 Multiflex | 1 | 4,669.00 |
| 03020XJU | AR01SVB4XA | Tarjeta de interfaz de voz con 4 puertos FXO | 1 | 897.00 |

| DSP Voice Module | | | | |
|---|------------------|---|---|-------------------|
| 03020XPK | AR0MDD128A00 | Módulo de voz DSP para 128 canales | 1 | 2,855.45 |
| AR2200 VOICE CARD | | | | |
| 02311AFR | AR01DT32A | Módulo de voz AR2220 | 1 | 166.75 |
| Software: Voice Package Licenses | | | | |
| 81400306 | LAR0VOICEE03 | Paquete voz valor agregado AR2200 | 1 | 741.20 |
| 88031EAK | LAR0CMBEST02 | Licencia 25 teléfonos AR CM&BEST | 1 | 577.70 |
| 88031EAM | LAR0CT01 | Licencia de 5 sesiones AR CT (llamada troncal) | 2 | 1,591.40 |
| Installation Material: Cable & Converter | | | | |
| 04120275 | T-75-1-D9-3 | Cable troncal, 3m, 75ohm, 1E1, 2.2mm, D9M, 120CC2P0.4P430U(S)-I/2*SYFYZ75-1.2, 2*BNC75SM-V, LSZH, 120OHM TO 75OHM | 2 | 27.60 |
| 14040202 | CAB-CC-BNC-75ohm | Conector coaxial, BNC, 75ohm, doble, conectado con E1 hembra y Cable BNC macho | 4 | 9.20 |
| Installation Material: Cable | | | | |
| 02311CKR | RJ45-DB9-3M | Cable de consola RJ45 a DB9, 3m | 1 | 11.50 |
| Total equipamiento: | | | | 168,455.99 |

Tabla 4-7: Cotización de equipamiento HUAWEI para sistema de telefonía [52, 53]

Adicionalmente, se incluye el precio de los servicios para un promedio de 3 años.

| Número de parte | Modelo | Descripción | Cantidad | Precio (USD) |
|---|----------------------|--|----------|------------------|
| Servicios | | | | |
| eSpace Unified Session Manager | | | | 2,598.00 |
| 88134UJL | 02311LYR-88134UJL-36 | Servicio de 36 meses para: UC Common Server, RH2288V3, SuSE Linux 11SP3-Hi-Care Standard 9x5xNBD | 1 | 2,598.00 |
| eSpace 7900 | | | | 6,870.00 |
| 88134UJL | 50081736-88134UJL-36 | Servicio de 36 meses para: eSpace7910 IP Phone-Hi-Care Standard 9x5xNBD | 152 | 4,560.00 |
| 88134UJL | 50081737-88134UJL-36 | Servicio de 36 meses para: eSpace 7950 IP Phone-Hi-Care Standard 9x5xNBD | 35 | 2,310.00 |
| eSpace ECS | | | | 2,778.00 |
| 88134UJL | 02311NKF-88134UJL-36 | Servicio de 36 meses para: RH2288 V3 8HD Model (2*E5-2620V3,2*16GB Mem,8*600GB SAS,DVD-RW,4*GE,1*4Poat NIC,SR130, 2*460W AC PS)-Hi-Care Standard 9x5xNBD | 1 | 2,778.00 |
| eSpace UMS | | | | 2,208.00 |
| 88134UJL | 02311FRM-88134UJL-36 | Servicio de 36 meses para: RH2288 V3 8HD Model (2*E5-2620V3,2*16GB Mem,4*600GB SAS,DVD-RW,4*GE,1*4Poat NIC,SR130, 2*460W AC PS)-Hi-Care Standard 9x5xNBD | 1 | 2,208.00 |
| AR2200 Series Enterprise Routers | | | | 715.50 |
| 88134UJL | 02350DQM-88134UJL-36 | Servicio de 36 meses para: AR2220E,3GE WAN(1GE Combo),2 USB,4 SIC,2 WSIC,1 DSP DIMM,150W AC Power-Hi-Care Standard 9x5xNBD | 1 | 715.50 |
| Total servicios: | | | | 15,169.50 |

Tabla 4-8: Cotización de servicios HUAWEI para sistema de telefonía [52, 53]

La solución de marca HUAWEI da un subtotal de 183,625.49 para el sistema de telefonía (precio de equipamiento más servicios), al agregar el IGV (18%) se tiene un total de \$216,678.08. Los precios de instalación incluyendo IGV serán \$43,335.62 (20% del equipamiento), mientras que de operación y mantenimiento serán \$6,500.34 (3% del equipamiento) por año.

Por lo que se escoge la solución de marca CISCO, ya que la solución presenta equipamiento completo, permite escalabilidad y tiene mejor precio frente a los demás competidores. Adicionalmente, con CISCO los costos operacionales se reducen durante la vida del producto.

4.2 Sistema de video vigilancia

Se hace la comparación entre las marcas CISCO, ACTI y AXIS Communications porque brindan especificaciones técnicas similares. Sin embargo, se ve una variación notable frente a los precios de mercado.

La cotización de CISCO incluye 4 tipos de cámaras (PTZ externa e interna y fija externa e interna), licencias de cámaras y licencias para la estación de trabajo.

| Número de parte | Descripción | Cantidad | Precio (U\$D) |
|----------------------------|--|----------|---------------|
| CAMARA PTZ INTERNA | | | |
| CIVS-IPC-6620 | Cámara IP Domo para interiores 1080p DN, WDR IO | 35 | 63,000.00 |
| CIVS-AVCABLE | Cable de audio y video para series de cámaras IP: 35xx, 6k y 7k | 35 | 875.00 |
| CIVS-6KA-VRCNDBS | Base VR para cámaras IP 3520 y 6020 | 35 | 3,500.00 |
| CIVS-6KA-VRD-S | Protección de humo y vandalismo para cámaras IP: 35xx, 6k y 7k | 35 | 2,625.00 |
| CIVS-IPCA-PWR12V | Energía: Cisco IP Camera Power Supply | 35 | 2,100.00 |
| CIVS-CAB-BAC | Cable Americano: CIVS C15 Power | 35 | 0.00 |
| CAMARA PTZ EXTERNA | | | |
| CIVS-IPC-6630 | Cámara IP Domo para exteriores 1080p DN, WDR IO | 13 | 27,300.00 |
| CIVS-AVCABLE | Cable de audio y video para series de cámaras IP: 35xx, 6k y 7k | 13 | 325.00 |
| CIVS-6KA-VRCNDBS | Base VR para cámaras IP 3520 y 6020 | 13 | 1,300.00 |
| CIVS-6KA-VRD-S | Protección de humo y vandalismo para cámaras IP: 35xx, 6k y 7k | 13 | 975.00 |
| CIVS-IPCA-PWR12V | Energía: Cisco IP Camera Power Supply | 13 | 780.00 |
| CIVS-CAB-BAC | Cable Americano: CIVS C15 Power | 13 | 0.00 |
| CAMARA FIJA EXTERNA | | | |
| CIVS-IPC-6400E | Cámara IP fija de video vigilancia Cisco, HD Bullet Camera, VR, IR | 23 | 44,275.00 |
| CIVS-AVCABLE | Cable de audio y video para series de cámaras IP: 35xx, 6k y 7k | 23 | 575.00 |
| CIVS-IPCA-PWR12V | Energía: Cisco IP Camera Power Supply | 23 | 1,380.00 |
| CIVS-CAB-BAC | Cable Americano: CIVS C15 Power | 23 | 0.00 |

| CAMARA FIJA INTERNA | | | |
|--|---|----|------------|
| CIVS-IPC-6000P | Cámara IP HD Box, 1080P, P-Iris | 23 | 28,175.00 |
| CIVS-AVCABLE | Cable de audio y video para series de cámaras IP: 35xx, 6k y 7k | 23 | 575.00 |
| CIVS-IPCA-VCM31-8 | Lente Megapixel P- Iris, 3.1-8mm | 23 | 9,200.00 |
| CIVS-IPCA-PWR12V | Energía: Cisco IP Camera Power Supply | 23 | 1,380.00 |
| CIVS-CAB-BAC | Cable Americano: CIVS C15 Power | 23 | 0.00 |
| LICENCIAS AGENTE | | | |
| L-CPS-SASD-7= | Licencia EDelivery para 1 Escritorio Seguro de Seguridad VSM | 3 | 3,750.00 |
| CISCO VIDEO SURVEILLANCE OPERATIONS MANAGER | | | |
| L-CPS-VSOM7-B-VM= | Licencia EDelivery para 1 Operations Manager en Series B | 1 | 12,500.00 |
| CISCO VIDEO SURVEILLANCE MEDIA SERVERS | | | |
| L-CPS-VSMS7-B-VM= | Licencia EDelivery para 1 Servidor de Media en Series B | 2 | 4,000.00 |
| LICENCIAS ANALITICOS | | | |
| L-FL-IVVA-T1= | Tier 1 Intuision Video Analytic App for Cisco IP Cameras | 20 | 2,000.00 |
| Total equipamiento: | | | 210,590.00 |

Tabla 4-9: Cotización de equipamiento CISCO para sistema de video vigilancia [58]

Adicionalmente, se incluye el precio de los servicios para un promedio de 3 años (incluye operación y mantenimiento).

| Número de parte | Descripción | Duración de servicios (meses) | Cantidad | Precio (USD) |
|-------------------------|---|--------------------------------------|-----------------|---------------------|
| SERVICIOS | | | | |
| CON-SNT-SIPC6630 | Cámara IP Domo para exteriores SNTC-8X5XNBD 1080p DN | 36 | 13 | 7,883.07 |
| CON-SNT-SIPC6620 | Cámara IP Domo para interiores SNTC-8X5XNBD 1080p DN | 36 | 35 | 18,191.25 |
| CON-SNT-CIVSIP64 | Cámara IP Fija de video vigilancia SNTC-8X5XNBD Cisco | 36 | 23 | 12,808.47 |
| CON-SNT-CIVSIPCT | Cámara IP HD Box SNTC-8X5XNBD, 10 | 36 | 23 | 8,159.25 |
| CON-SAS-LCPSSASD | Licencia para 1 Escritorio Seguro de Seguridad SW APP SUPP EDel | 36 | 3 | 530.00 |
| CON-SAS-LCPSVSOM | Licencia para 1 Operador y administrador en series B SW APP SUPP EDel | 36 | 1 | 1,771.67 |
| CON-SAS-LCPSVSMS | Licencia para 1 Media Srv en B Series SW APP SUPP EDel | 36 | 2 | 566.67 |
| CON-SNT-LFLIVVAT | Aplicación para Cámaras IP CISCO SNTC-8X5XNBD T1 Intvsn Vid Anlyt | 36 | 20 | 963.00 |
| Total servicios: | | | | 50,873.37 |

Tabla 4-10: Cotización de servicios CISCO para sistema de video vigilancia [58]

La solución de marca CISCO da un subtotal de \$261,463.37 para el sistema de video vigilancia, al agregar el IGV (18%) se tiene un total de 308,526.78 dólares americanos.

La cotización de Acti incluye los 4 tipos de cámaras con sus respectivas licencias, estación de trabajo y monitores. El precio incluye garantía de equipamiento de tres años para las cámaras y estación de trabajo.

| Código | Descripción | Cantidad | Precio (USD) |
|----------------------------|---|----------|-------------------|
| PTZ Externa | | | |
| KCM-8211 | Cámara IP PTZ de exteriores día/noche KCM-8211 2MP, Avanzado WDR, SLLS, 18x Zoom lens, f4.7-84.6mm/F1.6-2.8, DC iris, H.264, 1080p/15fps, 2D+3D DNR, Audio, High PoE/DC12V, IP66, IK10, DI/DO | 13 | 40,028.95 |
| SMAX-0138 | Kit de montaje para pared con extra seguro para I93~I96, KCM-8211 (PMAX-0503 + PMAX-0305) | 13 | 2,846.48 |
| PPOE-0110 | Inyector de High PoE (3 conectores diferentes incluidos) para KCM-8211 | 13 | 3,081.65 |
| PTZ interna | | | |
| E65A | Cámara IP PTZ de interiores día/noche E65A. Lente varifocal de 2.8-12mm, IR-LED hasta 30m, resolución de 3MP, superior WDR, IK09. | 35 | 25,770.15 |
| PMAX-0313 | PMAX-0313 Kit de Montaje en Pared para PTZ de Interiores(D6x, E6x, I5x) | 35 | 2,708.35 |
| Fija externa | | | |
| B41 | Cámara IP zoom bullet de exterior B41. Lente varifocal de 5.2-62.4mm, IR-LED hasta 40m, 12x de zoom optico, resolución de 5MP, basic WDR, IP67, IK10. | 23 | 25,047.46 |
| PPOE-0001 | PPOE-0001 Inyector POE IEEE 802.3af , AC 100~240V, con conectores universales | 23 | 2,168.90 |
| Fija interna | | | |
| KCM-5211 | Cámara IP box de interiores día/noche. Resolución de 4MP, zoom óptico 18x. Lente varifocal de 4.7-84.6mm. Basic WDR. | 23 | 21,920.61 |
| PMAX-1103 | Brazo para montaje en pared compatible con ACM-1231, ACM-1431, TCM-1231, KCM-5211E, KCM-5311E | 23 | 819.72 |
| Workstation | | | |
| CMS-100 | Standalone CMS, Soprotta todas las cámaras ACTi en todas las resoluciones, máxima cantidad de equipos 800 | 1 | 6,671.00 |
| Monitores LG49sE3KB | 49SE3KB Monitor LED 49" Full HD | 3 | 11,280.00 |
| Total: | | | 142,343.27 |

Tabla 4-11: Cotización de equipamiento ACTI para el sistema de video vigilancia [59]

La solución de marca ACTI da un subtotal de \$142,343.27 para el sistema de video vigilancia, al agregar el IGV (18%) se tiene un total de 167,965.06 dólares americanos

La cotización de Axis Communications incluye los 4 tipos de cámaras y sus licencias, estación de trabajo y monitores. El precio incluye servicios de un año para las cámaras y tres años para la estación de trabajo.

| Número de parte | Descripción | Cantidad | Precio (U\$D) |
|--|---|----------|-------------------|
| PTZ externa | | | |
| AXIS P5624-E 60HZ | Cámara PTZ 360° pan para interiors y exteriors con 18x de zoom óptico. HDTV 720p @ 30fps (1280x720) en H.264 y Motion JPEG, día y noche, IP66 y clasificación NEMA 4X, con protección para el humo. | 13 | 24,455.34 |
| AXIS T91A67 MOUNT POLE | Brazo para la pared de AXIS P55-series, AXIS Q60-series, AXIS P33 Series, AXIS 225 kit y AXIS 216/P3301 kit. Incluye protección contra robos | 13 | 1,514.11 |
| AXIS T8133 30W MIDSPAN | Midspan para Power over Ethernet Plus (PoE+) IEEE 802.3at Tipo 2 Clase 4. | 13 | 1,208.22 |
| PTZ interna | | | |
| AXIS M5014 | Cámara PTZ mini con resolución HDTV 720p, format 16:9 y zoom digital 3x digital.1280x720 @ 30fps en H.264 y Motion JPEG. IP51 protección contra polvo y agua. Solo PoE. Incluye kit de montaje. | 35 | 21,024.85 |
| Fija interna | | | |
| AXIS M1054 | Cámara IP interna. Lente fijo, con configuración H.264 y Motion JPEG; máxima resolución HDTV 720p o 1 MP a 30 fps. Audio bidireccional. Sensor infrarrojo pasivo integrado, iluminador LED blanco y puertos de E/S. Alimentado por Ethernet o por fuente de alimentación. Incluye soporte y abrazadera para facilitar el montaje. | 23 | 10,796.43 |
| Fija externa | | | |
| AXIS P1364-E | Cámara de IP fija externa, NEMA 4X, IP66 / 67 e IK10, liviana, HDTV 720p, día y noche con lente varifocal de montura CS 2.8-8.5 mm P-iris y foco trasero remoto (la cámara también admite lentes DC-iris) Múltiples transmisiones H.264 configurables individualmente y Motion JPEG; resolución máxima de HDTV 720p a 60 fps. WDR- Forensic Capture Lightfinder y tecnología Zipstream de Axis para reducir el ancho de banda y las necesidades de almacenamiento. Detección de movimiento de video y alarma de manipulación activa. Audio bidireccional. | 23 | 24,325.95 |
| AXIS T91A47 POLE MOUNT 60-110MM | AXIS T91A47 Montaje en poste para instalaciones interiores y exteriores, entre 60-110 mm de diámetro. AXIS T91A47 es compatible con todas las cámaras fijas y térmicas para exteriores. | 23 | 1,867.14 |
| Licencias | | | |
| ACS 20 Licencias universales | Veinte licencias de dispositivo universal aplicables para AXIS Camera Station versión 5.0 y posteriores. Es un sistema de monitoreo y grabación de instalaciones medianas optimizada para aprovechar al máximo las cámaras de red y codificadores de video líderes de Axis. Combina una configuración sencilla con una interfaz de usuario intuitiva para un funcionamiento eficiente, una investigación rápida y una identificación de alta definición. | 5 | 16,555.55 |
| Estación de trabajo | | | |
| AXIS S9001 Work Station | Terminal de escritorio, precargado con el software AXIS Camera Station con la configuración preconfigurada de AXIS Camera Station y todo el software necesario. Incluye soporte de hardware y software por tres años, teclado y mouse. Muestra múltiples pantallas | 2 | 4,200.00 |
| Monitores LG 49SE3KB | 49SE3KB Monitor LED 49" Full HD (LG) | 4 | 3,760.00 |
| Total equipamiento: | | | 109,707.59 |

Tabla 4-12: Cotización de equipamiento AXIS Communications para el sistema de video vigilancia [60]

Se agrega 2 años de garantía adicionales para las cámaras.

| Número de parte | Descripción | Cantidad | Precio (USD) |
|--|---|----------|-----------------|
| SERVICIOS | | | |
| EXT. WARRANTY AXIS P5624-E 60HZ | 2 años adicionales de garantía. Nota: La garantía máxima en cámaras es de 5 años, incluida la garantía estándar. El código de garantía debe canjearse dentro de los 6 meses posteriores a la compra. La garantía extendida no es cancelable y no se puede devolver. | 13 | 1,794.00 |
| EXT. WARRANTY AXIS M5014-V | 2 años adicionales de garantía. Se aplica Nota. | 35 | 2,100.00 |
| EXT. WARRANTY AXIS M1054 | 2 años adicionales de garantía. Se aplica Nota. | 23 | 611.80 |
| EXT. WARRANTY AXIS P1364-E | 2 años adicionales de garantía. Se aplica Nota. | 23 | 1,352.40 |
| Total servicios: | | | 5,858.20 |

Tabla 4-13: Cotización de servicios AXIS Communications para el sistema de video vigilancia [60]

La solución de marca AXIS Communications da un subtotal de \$115,565.79 para el sistema de video vigilancia, al agregar el IGV (18%) se tiene un total de 136,367.63 dólares americanos.

Al comparar las soluciones de los tres proveedores, se aprecia la gran diferencia de precios, para soluciones técnicamente parecidas.

Finalmente, se escoge la solución de Axis Communications por la gran diferencia de precios y además tiene la ventaja de contar con la estación de trabajo como un equipo por separado e incluye los monitores.

Los precios de instalación, operación y mantenimiento incluyendo IGV serán: \$22,007.34 (17% del equipamiento) de instalación y \$3,883.65 (3% del equipamiento) por año, para la operación y mantenimiento.

4.3 Sistema de telepresencia

Para el sistema de telepresencia se realiza la comparación entre CISCO y Huawei que son los únicos proveedores que brindan la calidad, compatibilidad y escalabilidad deseada con los demás sistemas. La cotización realizada incluye un equipo fijo para el teleconsultorio, uno móvil para la sala de operaciones (telemedicina) y los servicios para dichos equipos por 3 años.

A continuación, se presenta la cotización de CISCO:

| Número de parte | Descripción | Cantidad | Precio (U\$D) |
|--|---|----------|---------------|
| SISTEMA DE TELEPRESENCIA PARA SALA DE OPERACIONES | | | |
| CTS-MX300-K9 | Equipos de telepresencia Cisco MX300 55 Gen 2, PHD 1080p 8x, táctil, móvil, audio bidireccional | 1 | 23,900.00 |
| LIC-TP-SMP-EP | Licencia compartida para 1 reunión concurrente incluye 2 RMS | 1 | 4,990.00 |
| SISTEMA DE VIDEO CONFERENCIA PARA TELECONSULTORIO | | | |
| CTS-SX20-PHD4X-K9 | Equipo fijo SX20 HD, NPP, cámara 4x PHD, audio bidireccional y control remoto | 1 | 9,900.00 |
| CTS-CTRL-DVX-10 | Equipo de control táctil 10 – opción configurable | 1 | 1,500.00 |
| LIC-TP-SMP-EP | Licencia compartida para 1 reunión concurrente incluye 2 RMS | 1 | 4,990.00 |
| Total equipamiento: | | | 45,280.00 |

Tabla 4-14: Cotización de equipamiento CISCO para el sistema de telepresencia [58]

| Número de parte | Descripción | Duración de servicios (meses) | Cantidad | Precio (U\$D) |
|--------------------------|--|-------------------------------|----------|---------------|
| SERVICIOS | | | | |
| CON-PSRP-CTSMX300 | Servicio PRTNR TP VID 24X7X4 Cisco TelePres MX300 55 Gen2 PHD 1080p | 36 | 1 | 12,504.81 |
| CON-PSBU-LICTPSEP | Actualizaciones PSS SWSS para 1 licencia compartida concurrente M | 36 | 1 | 2,160.90 |
| CON-PSRP-SX2PHD4X | Servicio PRTNR TP VID 24X7X4 SX20 Qk Set HD, NPP, 4x PHDCam, 1 mic, RC | 36 | 1 | 5,188.89 |
| CON-PSRP-CTLDV10 | Servicio PRTNR TP VID 24X7X4 control táctil 10 Cisco | 36 | 1 | 1,508.22 |
| CON-PSBU-LICTPSEP | Actualizaciones PSS SWSS para 1 licencia compartida concurrente M | 36 | 1 | 2,160.90 |
| Total servicios: | | | | 23,523.72 |

Tabla 4-15: Cotización de servicios CISCO para el sistema de telepresencia [58]

La solución de CISCO da un subtotal de \$68,803.72 para el sistema de telepresencia, al incluir el IGV (18%) se tiene un total de \$81,188.38.

Los precios de instalación serán de \$16,237.68 (20% del equipamiento, incluyendo IGV) y \$ 2,435.65 (3% del equipamiento) por año, para la operación y mantenimiento.

Otra opción de proveedor es Huawei, con la siguiente cotización:

| Número de parte | Modelo | Descripción | Cantidad | Precio (U\$D) |
|--|--------------|---|----------|------------------|
| SISTEMA DE TELEPRESENCIA PARA SALA DE OPERACIONES | | | | |
| HUAWEI Telepresence Solution Room Telepresence | | | | 22,473.00 |
| 02350BGR | RP100-55S-00 | Solución de telepresencia de habitación HUAWEI RP100-55S, 55 pulgadas, pantalla única, con TE30 | 1 | 21,691.00 |

| Center Control Equipment | | | | |
|--|------------------|--|---|------------------|
| 02311KAQ | VC9M6TPMP | Sistema de control central inalámbrico | 1 | 782.00 |
| SISTEMA DE VIDEO CONFERENCIA PARA TELECONSULTORIO | | | | |
| Video Terminal | | | | 10,592.00 |
| TE Series Endpoint Packages | | | | |
| 02358349 | TE40-720P30-P-02 | HUAWEI TE40 HD códec 720P30, VPC600 HD cámara (12x), VPM220 conjunto de micrófonos con cable | 1 | 6,540.00 |
| TE Series License | | | | |
| 88031FTU | VC9SMINMCU01 | Licencia de software multipunto de transcodificación universal Mini-MCU serie TE, disponible para TE40 (6 sitios de video + 3 sitios de audio) | 1 | 3,270.00 |
| Center Control Equipment | | | | |
| 02311KAQ | VC9M6TPMP | Sistema de control central inalámbrico | 1 | 782.00 |
| Total servicios: | | | | 33,065.00 |

Tabla 4-16: Cotización de equipamiento Huawei para el sistema de telepresencia [56]

| Número de parte | Modelo | Descripción | Cantidad | Precio (USD) |
|-------------------------------------|----------------------|--|-----------------|---------------------|
| Servicios | | | | |
| Video Terminal | | | | 3,252.00 |
| 88134UJL | 02311KAQ-88134UJL-36 | Sistema de control central inalámbrico-Hi-Care estándar 9x5xNBD Servicio - 36 meses | 1 | 327.00 |
| 88134UJL | 02358349-88134UJL-36 | HUAWEI TE40 HD codec 720P30, VPC600 HD cámara (12x), VPM220 arreglo de micrófono cableado Hi-Care estándar 9x5xNBD Servicio - 36 meses | 1 | 2,133.00 |
| 88134UJL | 88031FTU-88134UJL-36 | Serie TE Mini-MCU Universal Transcoding Opción de software multipunto Licencia Hi-Care estándar 9x5xNBD Servicio - 36 meses | 1 | 792.00 |
| HUAWEI Telepresence Solution | | | | 6,405.00 |
| 88134UJL | 02311KAQ-88134UJL-36 | Sistema de control central inalámbrico-Hi-Care estándar 9x5xNBD Servicio - 36 meses | 1 | 327.00 |
| 88134UJL | 02350BGR-88134UJL-36 | Solución de telepresencia de habitación HUAWEI RP100-55S, 55 pulgadas, pantalla única, con el estándar TE30-Hi-Care 9x5xNBD-36Mes (s) | 1 | 6,078.00 |
| Total servicios: | | | | 9,757.00 |

Tabla 4-17: Cotización de servicios Huawei para el sistema de telepresencia [56]

La solución de Huawei da un subtotal de \$42,822.00 para el sistema de telepresencia, al incluir el IGV (18%) se tiene un total de \$48,529.96.

Los precios de instalación incluyendo IGV serán \$9,705.99 (20% del equipamiento) y \$1,455.90 (3% del equipamiento) por año, para la operación y mantenimiento.

Seleccionando finalmente la opción de Huawei, ya que brinda mayor ahorro por las mismas características del equipamiento, operación y mantenimiento.

4.4 Sistema de comunicación por radio VHF:

En el sistema de comunicación por radio VHF se hace comparación entre los proveedores MOTOROLA, HYTERA y KENWOOD.

La cotización de HYTERA incluye 2 tipos de radio (portátil y móvil), una radio base (igual a la móvil), un despachador para la gestión/control de las radios y servicios durante 3 años para todo el equipamiento.

| Número de Parte | Descripción | Cantidad | Precio (USD) |
|----------------------------|---|----------|--------------|
| Radio portátil | | | |
| PD785G | Terminal portátil con GPS PD785G IP67 (incluye radio, antena, una batería y cargador, SW y cable de programación). VHF136-174 MHZ, 1- 5W | 10 | 7,440.40 |
| Radio móvil y base | | | |
| MD785G | Terminal Móvil con GPS MD785G IP54 (incluye radio, micrófono parlante, antena con base imantada, fuente de alimentación y kit de instalación, SW y cable de programación). VHF136-174 MHZ, 25 - 50W | 3 | 2,732.67 |
| Despachador | | | |
| SmartDispatch | Licencia de Aplicativo SmartDispatch para Gestión y Despacho de Sistema de Radiocomunicación incluye equipamiento Hardware | 1 | 13,515.71 |
| Total equipamiento: | | | 23,688.78 |

Tabla 4-18: Cotización de equipos HYTERA para la comunicación por radio VHF [61]

| Número de Parte | Descripción | Cantidad | Precio (USD) |
|--------------------------|--|----------|--------------|
| Servicios | | | |
| PD785G Extended warranty | Garantía extendida (solo radio) Agrega 36 meses (36 meses por cada radio PD565V) | 10 | 1,400.00 |
| MD785G Extended warranty | Garantía extendida (solo radio) Agrega 36 meses (36 meses por cada radio MD785G) | 3 | 420.00 |
| Total servicios: | | | 1,820.00 |

Tabla 4-19: Cotización de servicios HYTERA para la comunicación por radio VHF [61]

La solución de HYTERA da un subtotal de \$25,508.78 para el sistema de comunicación por radio VHF y con IGV (18%) da un total de \$30,100.36.

En el caso de MOTOROLA, la cotización incluye 2 tipos de radio (portátil y móvil), una radio base (igual a la móvil), un despachador para la gestión/control de las radios y licencias para cada uno de sus equipos.

| Número de Parte | Descripción | Cantidad | Precio (U\$D) |
|--|---|----------|---------------|
| Despachador | | | |
| #V1001 | Paquete básico: 1 TRBOnet.Enterprise Server 1 Consola de despacho 15 Suscriptores 1 conexión de Repetidor por IP con vocoder AMBE+2 o 2 Estaciones de control Soporte: un año Características: Despacho y grabación de voz, GPS, ARS, Mensaje de texto, Telemetría, trabajador solitario, Geocercas, Reportes etc | 1 | 5,596.75 |
| #V1013-1 | NAI DATA para IPSC (solo si hay ranuras locales), 1 licencia por Server | 1 | 2,044.97 |
| PIQM28QNN9RA1A | DGM8500e VHF 136 - 174 MHZ 45W | 1 | 1,607.14 |
| PMKN4010 | Cable móvil | 1 | 133.47 |
| HKVN4140A | Llicencia de programación por aire (OTAP) | 1 | 3.25 |
| HKVN4031 | Licencia IPSite terminal | 1 | 155.84 |
| #V1005 | Estación de control adicional o Swift IP Gateway, licencia por conexión | 1 | 1,022.48 |
| Radio portátil | | | |
| LAH56JDN9RA1AN | Portátil DGP8550e VHF 136-174 MHZ 5W | 10 | 14,772.73 |
| Radio móvil y base | | | |
| LAM28JQN9RA1AN | Móvil / base DGM 8500e VHF 136 -174 MHZ 45W | 3 | 4,821.43 |
| Licencias | | | |
| HKVN4140A | Llicencia de programación por aire (OTAP) | 13 | 42.21 |
| HKVN4031 | Licencia IPSite terminal | 13 | 2,025.97 |
| Total equipamiento y licencias: | | | 32,226.25 |

Tabla 4-20: Cotización de equipamiento y licencias de MOTOROLA para la comunicación por radio VHF [62]

La solución de MOTOROLA da un subtotal de \$32,226.25 para el sistema de comunicación por radio VHF y con IGV (18%) da un total de \$38,026.98. Sin incluir los precios de servicios por 3 años.

La cotización de KENWOOD solo incluye 2 tipos de radio (portátil y móvil) y una radio base (igual a la móvil):

| Número de Parte | Descripción | Cantidad | Precio (U\$D) |
|---|--|----------|---------------|
| Radio portátil | | | |
| Radio VHF, Portatil Kenwood TK2312M | TK-2312 VHF 136-174 MHz 128 Canales, INCLUYE BATERIA KNB-45L, CARGADOR KSC-35E, ANTENA Y CLIP. DECODIFICA PTT-ID EN PANTALLA. Incluye licencias | 10 | 9,178.40 |
| Radio móvil y base | | | |
| Radio Base Movil Digital VHF Kenwood NX700K | NX700K TRANSCEPTOR MOVIL KENWOOD DIGITAL VHF 512 CH, 136-174MHz, 50W Con Módem GPS: Obtenga la posición del Radio en un Sistema LAV. Incluye licencias | 3 | 4,359.48 |
| Total equipamiento: | | | 13,537.88 |

Tabla 4-21: Cotización de equipos KENWOOD para comunicación por radio VHF [63]

La solución de KENWOOD da un subtotal de \$13,537.88 para el sistema de comunicación por radio VHF y con IGV (18%) da un total de \$15,974.70. Sin incluir un despachador centralizado que tenga control del equipamiento.

Se puede observar que las tres soluciones cuentan con las mismas características respecto al equipamiento. Sin embargo, la solución de HYTERA tiene mayor rango de potencia, incluye 3 años de servicios, el despachador que tiene control del equipamiento y menor costo de solución. Por ende, se escoge la solución de HYTERA por los beneficios previamente indicados y la simplicidad que tiene comparada con MOTOROLA.

Los precios de instalación, operación y mantenimiento con IGV serán los siguientes: \$5,590.55 (20% de equipamiento) para instalación y \$838.58 (3% de equipamiento) para operación y mantenimiento por año.

4.5 Sistema de gestión de imágenes médicas

En el sistema de gestión de imágenes médicas, se realiza la comparación de los proveedores: Medical Innovation & Technology, X-RAY GROUP y CISCO.

La cotización de Medical Innovation & Technology (MIT) incluye: un servidor PACS/RIS, con almacenamiento de 30TB; dos tipos de estaciones de trabajo, una con mayor resolución para colposcopia y otra para radiografías y/o ecografías; los costos de instalación y servicios durante 3 años.

| Número de parte | Descripción | Cantidad | Precio (U\$D) |
|--------------------------------------|---|----------|---------------|
| Servidor PACS/RIS | | | |
| PACS/RIS PowerEdge T320 – 30TB | Intel® Xeon® E5-2420 v2 2.20GHz, 15M Cache 16GB RDIMM, 1600MT/s 2HD de 500GB Raid 1 SAN 30TB Licencias concurrentes ilimitadas y estudios anuales ilimitados. Incluye soporte de 3 años | 1 | 122,881.36 |
| Estación de trabajo | | | |
| Workstation iMAC | Pantalla Retina 5K con Osirix 1 TB Almacenamiento Intel Core i5 de cuatro núcleos a 3,5 GHz 8 GB de memoria AMD Radeon R9 M290X con 2 GB de memoria de vídeo. Incluye soporte de 1 año | 1 | 9,661.19 |
| Workstation iMAC 21.5K | iMac 21.5K con Osirix Core i5 de Intel de cuatro núcleos a 2,7 GHz 8 GB de memoria Disco duro de 1 TB. Incluye soporte de 1 año | 1 | 6,271.02 |
| Total equipamiento: | | | 138,813.57 |

Tabla 4-22: Cotización de equipos MIT para gestión de imágenes médicas [64]

| Número de parte | Descripción | Cantidad | Precio (U\$D) |
|----------------------------|---|----------|---------------|
| Servicios | | | |
| EXT-Workstation iMAC | Extensión de garantía Workstation por año | 2 | 1,630.50 |
| EXT-Workstation iMAC 21.5K | Extensión de garantía Workstation colposcopia por año | 2 | 2,512.00 |
| EXT-Admin | Administración por año | 3 | 59,110.00 |
| Total servicios: | | | 63,252.50 |

Tabla 4-23: Cotización de servicios MIT para gestión de imágenes médicas [64]

La solución de MIT da un subtotal de \$ 202,066.07 para el sistema de imágenes médicas y con IGV (18%) da un total de \$ 238,437.96.

CISCO adecúa sus servidores y almacenamiento para aplicaciones médicas. Sin embargo, no se enfoca en los protocolos DICOM que deben ser utilizados para la gestión de imágenes médicas. Además, su cotización no incluye una estación de trabajo, ni software adecuado para imágenes médicas.

| Número de parte | Descripción | Cantidad | Precio (U\$D) |
|---|--|----------|---------------|
| SERVIDORES BLADE PARA SOLUCIONES PACS/RIS, HIS | | | |
| UCSB-B200-M4-U | Servidor Blade: UCS B200 M4 sin CPU, mem, drive bays, disco duro, mezz (UPG) | 2 | 5,990.00 |
| UCSB-MLOM-40G-03 | LOM modular Cisco UCS VIC 1340 para servidores blade | 2 | 2,998.00 |
| UCS-SD-32G-S | Tarjeta SD de 32GB para servidores UCS | 4 | 648.00 |
| UCS-CPU-E52630D | 2.40 GHz E5-2630 v3 / 85W 8C / 20MB Caché / DDR4 1866MHz | 4 | 8,464.00 |
| UCS-MR-1X081RU-A | 8GB DDR4-2133-MHz RDIMM / PC4-17000 / clasificación simple / x4 / 1.2v | 16 | 5,200.00 |
| VMW-VSP-STD-3A | Estándar de VMware vSphere 6 (1 CPU), 3 años, Requiere soporte | 4 | 7,296.68 |
| ALMACENAMIENTO DE APLICACIONES MEDICAS | | | |
| UCSC-C3260 | Cisco UCS C3260 chasis base con 4x PSU, SSD, kit de carril | 1 | 24,999.00 |
| UCSC-C3X60-SVRN1 | Servidor Nodo UCS C3X60 E5-2620 v2 CPU 128GB 1GB RAID caché | 1 | 17,199.00 |
| UCSC-C3260-SIOC | Controlador IO del sistema Cisco UCS C3260 con VIC 1300 incl. | 1 | 7,999.00 |
| QSFP-H40G-CU5M | 40GBASE-CR4 Cable de cobre pasivo, 5m | 2 | 750.00 |
| UCSC-C3X60-28HD4 | Cisco UCS C3X60 dos hileras de 28x 4TB (Total: 112TB) Drives | 1 | 37,899.00 |
| UCSC-C3X60-12SSD | Valor de la empresa UCS C3X60 SATA SSD 120GB | 2 | 1,496.00 |
| SFP-H10GB-CU3M= | 10GBASE-CU SFP+ Cable de 3 metros | 4 | 400.00 |
| QSFP-4X10G-AC7M= | Cable divisor de cobre activo QSFP a 4xSFP10G, 7m | 2 | 2,500.00 |
| Total equipamiento: | | | 123,838.68 |

Tabla 4-24: Cotización de equipos CISCO para gestión de imágenes médicas [58]

| Número de parte | Descripción | Duración de servicios (meses) | Cantidad | Precio (USD) |
|--------------------------|---|-------------------------------|----------|--------------|
| SERVICIOS | | | | |
| CON-SNTP-B200M4U | SNTC-24X7X4UCS B200 M4 w/o CPU,m,dr b, HDD,m (UPG) | 36 | 2 | 3,052.50 |
| CON-ISV1-VSXSTD3A | VSphere Standard for 1 CPU; ANNUAL List 3-YR Req'd | 36 | 4 | 5,214.00 |
| CON-SNTP-C3260BSE | SNTC-24X7X4 Cisco UCS C3260 Base Chassis w/4x PSU, 2x120 | 36 | 1 | 9,669.00 |
| CON-ISV1-EL2S2V3A | ISV 24X7 RHEL Server 2Socket-OR-2Virtual; ANNUAL List Price | 36 | 1 | 4,286.70 |
| Total servicios: | | | | 22,222.20 |

Tabla 4-25: Cotización de servicios CISCO para gestión de imágenes médicas [58]

La solución de CISCO da un subtotal de \$ 146,060.88 y al agregar el IGV (18%) se tiene un total de \$150,060.88.

La cotización de X-RAY GROUP se encuentra enfocada a los protocolos DICOM e incluye un servidor PACS/RIS de 45.2TB, dos tipos de estaciones de trabajo, UPS para los equipos, antivirus y estaciones de visualización.

| Ítem | Descripción | Cantidad | Precio (USD) |
|---|--|----------|-------------------|
| SISTEMA PACS/RIS | | | |
| SISTEMA PACS/RIS CON 2 ESTACIONES DE DIAGNÓSTICO | | | 186,609.25 |
| 1 | Sistema PACS - RIS, marca CareStream con certificación FDA, CE, ISO 13485, IHE | 1 | 148,072.79 |
| 2 | Servidor marca DELL modelo R630 con 3.20 TB configurado de fábrica para sistema RIS | 1 | 14,363.74 |
| 3 | Servidor marca DELL modelo R730 XD con 42 TB y configurado de fábrica para sistema PACS | 1 | 21,272.67 |
| 4 | UPS para servidores PACS RIS | 2 | 1,705.91 |
| 5 | Antivirus para servidor (PACS y RIS) | 2 | 1,194.14 |
| ESTACIÓN DE DIAGNÓSTICO PARA MAMOGRAFÍA | | | 29,290.44 |
| 6 | Estación de diagnóstico marca DELL modelo Optiplex 7040, core i7, 16 GB y 1 TB de almacenamiento | 1 | 1,705.91 |
| 7 | Monitor de grado médico marca Beacom de 5 MP modelo c52sp+ escala de grises | 2 | 27,294.52 |
| 8 | UPS para PC | 1 | 51.18 |
| 9 | Antivirus | 1 | 68.24 |
| 10 | Monitor convencional 18.5" DELL | 1 | 170.59 |
| ESTACIÓN DE DIAGNÓSTICO PARA RADIOLOGÍA Y OTRAS | | | 14,698.34 |
| 11 | Estación de diagnóstico marca DELL modelo Optiplex 7040, core i7, 16 GB y 1 TB de almacenamiento | 1 | 1,705.91 |
| 12 | Monitor de grado médico marca Beacom de 3 MP a colores modelo C32S+ | 2 | 12,964.90 |
| 13 | UPS para PC | 1 | 51.18 |

| | | | |
|----------------------------------|---|---|-------------------|
| 14 | Antivirus | 1 | 68.24 |
| 15 | Monitor convencional 18.5" DELL | 1 | 170.59 |
| ESTACIÓN DE VISUALIZACIÓN | | | 1,541.91 |
| 16 | Estación de diagnóstico marca DELL modelo Optiplex 3040, core i5, 8 GB y 500 GB de almacenamiento | 1 | 1,279.43 |
| 17 | UPS para PC | 1 | 51.18 |
| 18 | Antivirus | 1 | 68.24 |
| 19 | Monitor convencional 18.5" DELL | 1 | 170.59 |
| Total de equipamiento: | | | 232,429.94 |

Tabla 4-26: Cotización de equipamiento X-RAY GROUP para gestión de imágenes médicas [65]

La solución de X-RAY GROUP da un subtotal de \$ 232,429.94 y al agregar el IGV (18%) se tiene un total de \$ 274,267.33 y solo considera equipamiento.

Al comparar los tres proveedores, se tiene que las soluciones MIT y X-RAY GROUP cumplen con los protocolos DICOM; mientras que, la solución CISCO solo incluye el servidor PAC/RIS y almacenamiento. Por lo que se definirá entre los proveedores con DICOM y ya que según los cálculos realizados en el capítulo 3, se van a usar 7 TB aproximadamente durante 5 años. Entonces, la solución de MIT es la más adecuada ya que no es un sobredimensionamiento de la solución y en caso necesite mayor almacenamiento, puede ser acoplado a un almacenamiento centralizado que sirva para todo el hospital.

Finalmente, los costos de operación y mantenimiento (incluyendo IGV) serán de \$4,914.00. Mientras que, el precio de instalación de equipos ya estará incluido en la cotización de MIT.

4.6 Costos finales de solución integral

Los costos para la solución integral del Hospital de Espinar incluyendo IGV (18%), en los cinco sistemas (1. Telefonía, 2. Video vigilancia, 3. Telepresencia, 4. Comunicación por radio y 5. Imágenes médicas), son los siguientes:

| Sistemas | CAPEX | | OPEX | Total (U\$D) |
|---|--------------------------|-------------|---------------------------|-------------------|
| | Equipamiento y servicios | Instalación | Operación y mantenimiento | |
| 1 | 138,252.21 | 22,628.86 | 3,394.32 | 164,275.39 |
| 2 | 136,367.63 | 22,007.34 | 3,883.65 | 162,258.62 |
| 3 | 48,529.96 | 9,705.99 | 1,455.90 | 59,691.86 |
| 4 | 30,100.36 | 5,590.55 | 838.58 | 36,529.49 |
| 5 | 238,437.96 | | 4,914.00 | 243,351.96 |
| Total solución integral (incluye IGV): | | | | 666,107.32 |

Tabla 4-27: Cotización del sistema integrado [fuente propia]

Los precios incluyen los gastos de ingenieros y técnicos (traslados, viáticos y sueldo) que van a realizar la instalación, puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistemas de telecomunicaciones en el Hospital de Espinar. Obteniendo un costo total de 651,620.86 dólares para CAPEX y 14,486.45 dólares para el OPEX de los 3 primeros años.

Por otra parte, se debe agregar el precio del diseño de los cinco subsistemas y la solución que los integra. Actualmente, el PRONIS paga por realizar la “Memoria Descriptiva de la especialidad de Tecnologías de la Información y Comunicaciones”, que es el expediente técnico que abarca los 19 subsistemas que necesita el hospital de categoría II-1, la cantidad de S/. 10 000. Como en la tesis se están realizando cinco subsistemas, el cálculo para dicha cantidad sería: $S/. 10,000 \times 5 \div 19 = S/. 2,631.58$ (soles) de precio por cinco subsistemas.

Para todo cálculo de cambio dólar a sol o viceversa se está tomando que 1 dólar americano equivale a 3.36 soles (cambio promedio al mes de noviembre del 2018). Por lo que, pasando el valor de CAPEX y OPEX a soles serían S/. 2,189,446.09 (soles) y S/. 48,674.47 (soles) respectivamente.

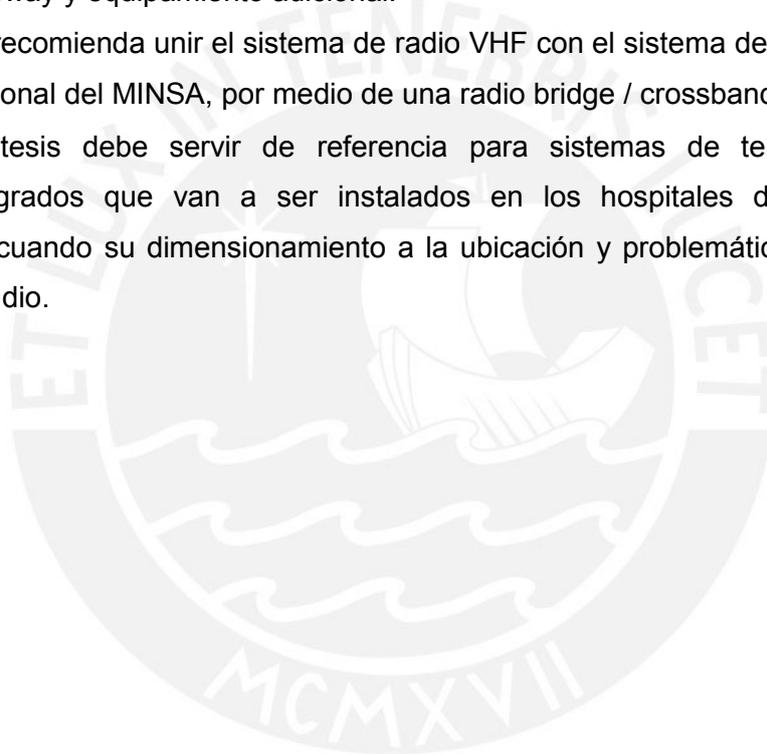
Entonces, el precio de inversión para el sistema integrado es de S/. 2,192,077.67 (soles) representando un 2.48% de la inversión total del proyecto (de los 88 millones de soles) y de S/. 48,674.47 (soles) para operación y mantenimiento por los tres primeros años, que por ese tiempo se tendría sin PIP S/. 23,259,381 (soles) y con PIP S/. 29,952,130 (soles), representando 0.21% y 0.16% del total en su caso respectivo. Concluyéndose que la solución es totalmente factible a ser realizada, ya que los valores son irrelevantes en comparación al monto total presupuestado para el nuevo Hospital de Espinar.

Conclusiones

- El Hospital de Espinar actualmente tiene una infraestructura deficiente de telecomunicaciones. Con la finalidad de solucionar sus problemas identificados, se propone realizar una red interna con un sistema integrado adecuado al mismo.
- El sistema integrado propuesto está conformado por los sistemas de telepresencia, de imágenes médicas, de video vigilancia, de radios VHF y la plataforma de telefonía, de tal manera que su funcionamiento en conjunto permita al Hospital de Espinar conectarse con el resto del país y atender eficientemente a los pacientes de su jurisdicción.
- El sistema integrado de telecomunicaciones, tecnológicamente propuesto, es escalable en los cinco sistemas que lo conforman, atendiendo la demanda creciente del hospital para los años siguientes; a fin de atender la mayor cobertura y las atenciones especializadas.
- El sistema de telecomunicaciones integrado tiene mayores aplicaciones de las que se propuso en el objetivo inicial, entre ellas, el sistema de video vigilancia puede supervisar el correcto tratamiento de los residuos sólidos hospitalarios que se generan y así evitar la contaminación o proliferación de otras enfermedades al interior del hospital; también, el sistema de radio VHF puede comunicarse con otras instituciones públicas como la policía o bomberos en caso sea necesario.
- A partir de las cotizaciones realizadas, todo el sistema estará licenciado como mínimo por 3 años con posibilidad de renegociación, considerando un limitado número de visitas para los mantenimientos correctivos y preventivos.
- El precio del sistema integrado es de S/. 2,192,077.67 representando el 2.48% del presupuesto total para la construcción del Hospital de Espinar valorizado en S/.88 millones de soles, haciendo técnica y económicamente factible la solución que se plantea en esta tesis.

Recomendaciones

- Se propone realizar un mantenimiento preventivo anual de todas las plataformas y se recomienda que a partir del cuarto año se contrate el servicio de soporte para el sistema integrado, según el contrato establecido.
- Se recomienda colocar nuevas cámaras si se detectan zonas críticas que no hayan sido consideradas, ya que el sistema es escalable.
- En caso de que las ambulancias necesiten técnicas de monitoreo como verificar si la puerta está abierta, control de gasolina, etc. Se puede integrar la solución de radio VHF a la red LAN, para transmitir estos datos; para ello se necesitará un gateway y equipamiento adicional.
- Se recomienda unir el sistema de radio VHF con el sistema de radio HF de nivel nacional del MINSA, por medio de una radio bridge / crossbanding.
- La tesis debe servir de referencia para sistemas de telecomunicaciones integrados que van a ser instalados en los hospitales de categoría II-1, adecuando su dimensionamiento a la ubicación y problemática del hospital en estudio.



Bibliografía

- [1] Google Maps, "Ubicación hospital Espinar," 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.google.com.pe/maps/place/14°47'24.8%22S+71°24'14.3%22W/@-14.7905498,-71.4060117,515m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-14.790226!4d-71.403984>. [Acceso: 28-Sep-2016].
- [2] Ministerio de Salud del Perú, "Información estadística por departamento y distrito." [En línea]. Disponible: <http://www.minsa.gob.pe/index.asp?op=6#Estadística>. [Acceso: 28-Sep-2016].
- [3] Gobierno Regional de Salud Cusco, "Análisis de la Situación de Salud Cusco 2013." Cusco, pp. 7–525, 2013.
- [4] Ministerio de Salud del Perú, "Necesidades de Inversión de los Establecimientos Estratégicos - Espinar," vol. 1. Cusco, pp. 2–34, 2013.
- [5] Gobierno Regional Cusco - Gerencia Regional de Infraestructura, "Anexo 5.- Lista de RR.HH.pdf." Cusco, pp. 4–8, 2016.
- [6] Gobierno Regional Cusco; PRONIS, "Elaboración del estudio de preinversión a nivel de perfil del proyecto de inversión pública: 'Mejoramiento de los servicios de salud del hospital de Espinar, distrito y provincia de Espinar, departamento de Cusco'." Lima, pp. 1–404, 2016.
- [7] Gobierno Regional Cusco - Gerencia Regional de Infraestructura, "Anexo 8.- ITL UBICACIÓN HOSPITAL ESPINAR." Cusco, pp. 2–33, 2016.
- [8] Ministerio de Salud de Perú, "Categorías De Establecimientos Del Sector," *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9. pp. 1689–1699, 2013.
- [9] PRONIS, "PIP: 'Mejoramiento de los Servicios de Salud del Hospital de Espinar, Distrito y Provincia de Espinar, Departamento de Cusco.'" Lima, pp. 2–114, 2016.
- [10] Ministerio de Salud del Perú, "Norma Técnica Categorías de Establecimientos de Sector Salud." pp. 1–14, 2004.
- [11] Ministerio de Salud del Perú; DGIEM, "NTS N° 110-MINSA/DGIEM." Lima, pp. 56–66, 2014.

- [12] E. Rodríguez, “Estudio de Preinversión a nivel de perfil: ‘Mejoramiento y Ampliación de los servicios de salud del hospital de Espinar, distrito y provincia de Espinar’-Cusco. Anexo N°19: Informe técnico y legal de la selección del terreno.” pp. 2–10, 2016.
- [13] RPP Noticias, “Reportan 40 viviendas afectadas y tres iglesias dañadas por sismo en Lampa,” 2016. [En línea]. Disponible:
http://rpp.pe/peru/puno/reportan-40-viviendas-afectadas-y-tres-iglesias-inhabitables-por-sismo-en-lampa-noticia-1013906?ns_source=self&ns_mchannel=categoria.puno&ns_campaign=content.cronologico&ns_linkname=6. [Acceso: 02-Dec-2016].
- [14] RPP Noticias, “Espinar: 10 viviendas colapsadas y 3 personas heridas dejó sismo,” 2016. [En línea]. Disponible: http://rpp.pe/peru/cusco/espinar-10-viviendas-colapsadas-y-3-personas-heridas-dejo-sismo-noticia-1013982?ns_source=self&ns_mchannel=categoria.cusco&ns_campaign=content.cronologico&ns_linkname=2. [Acceso: 02-Dec-2016].
- [15] Medical Innovation and technology, “Medical PACS.” Lima, pp. 1–9, 2016.
- [16] AXIS Communications, “La nueva visión de los hospitales inteligentes.” pp. 2–28, 2016.
- [17] B. Castañeda, “Preguntas PACS/RIS - MIT.” Lima, 2016.
- [18] B. Alvarez, “Conceptos Básicos de Telefonía.” UDLAP, México, pp.1–12, 2014.
- [19] One Voice, “PRI vs SIP Trunking for Your Business.” pp. 1–3, 2013.
- [20] IBM Knowledge Center, “Planificación de requisitos de ancho de banda de red de audio y vídeo.” [En línea]. Disponible:
https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSKTXQ_9.0.1/admin/plan/plan_av_net_bandwidth_req.html. [Acceso: 12-Dec-2016].
- [21] CISCO, “Cisco Business Edition 6000 Solutions.” California, pp. 1–7, 2016.
- [22] CISCO, “Sistemas de cámaras IP: Algo más que pura seguridad.” California, pp. 1–2.
- [23] AXIS Communications, “Soluciones de vigilancia autónomas | Axis Communications,” 2016. [En línea]. Disponible:
<http://www.axis.com/pe/es/solutions-by-application/deployable-surveillance>. [Acceso: 09-Nov-2016].

- [24] CISCO, "Cisco TelePresence MX200 and MX300 G1 MX200 and MX300 Multipurpose Value Line." California, pp. 1–7, 2014.
- [25] TrueConf, "Bandwidth Requirements For Video Conferencing: Video Call, WebRTC, Group Conference." [En línea]. Disponible: <https://trueconf.com/support/communication-channels.html>. [Acceso: 12-Nov-2018].
- [26] CISCO, "Cisco TelePresence." California, pp. 1–8, 2006.
- [27] Netux Salud, "Sistema de agendamiento web de citas médicas," 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.elhospital.com/temas/Netux-desarrolla-MiCita+112840>. [Acceso: 12-Dec-2016].
- [28] L. Canales Vega, "Diseño VHF de la red Pastaza Alto para el proyecto EHAS-PAMAFRO," *Test*. Lima, pp. 12–60, 2007.
- [29] Tait Radio Academy, "The difference between FDMA and TDMA," 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.taitradioacademy.com/courses/introduction-to-digital-mobile-radio/>. [Acceso: 13-Dec-2016].
- [30] Grupo de Telecomunicaciones Rurales - PUCP, "Rede inalámbricas para zonas rurales." pp. 21–49, 2011.
- [31] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, "Plan nacional de atribución de frecuencias (PNAF)." Lima, p. 36, 2008.
- [32] Hytera, "Terminos de Referencia DMR II Convencional." pp. 1–4, 2016.
- [33] Grupo PAS – Universidad de Deusto, "Estándar y Protocolo de Imágenes Medicas DICOM." pp. 1–17.
- [34] Health Level Seven International, "About HL7." [En línea]. Disponible: <http://www.hl7.org/about/index.cfm?ref=common>. [Acceso: 13-Dec-2016].
- [35] Integrating the Healthcare Enterprise, "¿Qué es IHE?," 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.ihe-e.org/index.php/que-es-ihe>. [Acceso: 13-Dec-2016].
- [36] P. De Toledo, "IHE y la historia clínica electrónica compartida: XDS." Madrid, pp. 5–8, 2014.
- [37] IBM, "Web Access to DICOM Objects (WADO) Service." [En línea]. Disponible: <https://www.research.ibm.com/haifa/projects/software/wado/>. [Acceso: 13-Dec-2016].
- [38] DICOM Library, "DICOM Library - About DICOM SOPs," 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.dicomlibrary.com/dicom/sop/>. [Acceso: 13-Dec-2016].

- [39] FITEL, "Proyectos Regionales de Banda Ancha Tumbes, Piura, Cajamarca y Cusco." Lima, pp. 45–47, 2015.
- [40] CISCO, "Voz sobre IP -Consumo de ancho de banda por llamada." California, pp. 1–5, 2008.
- [41] CISCO, "Cisco IP Phone 7960/7940 Series." California, pp. 1–9.
- [42] D-Link, "Códex de audio y video en cámaras de vigilancia ip | Videovigilancia DLink," 2015. [En línea]. Disponible:
<http://www.videovigilanciadlink.es/blog/casos-practicos/codecs-de-audio-y-video-en-cameras-de-vigilancia-ip>. [Acceso: 05-Dec-2016].
- [43] J. J. Escobar Rodriguez, "Diseño de Infraestructura de un Data Center TIER IV de acuerdo a las especificaciones técnicas de la norma TIA-942," 2015. [En línea]. Disponible: <http://docplayer.es/1258273-Diseno-de-infraestructura-de-un-data-center-tier-iv-de-acuerdo-a-las-especificaciones-tecnicas-de-la-norma-tia-942.html>. [Acceso: 06-Dec-2016].
- [44] AXIS Communications, "Axis Site Designer," 2016. [En línea]. Disponible: <http://sitedesigner.axis.com/#/>. [Acceso: 03-Dec-2016].
- [45] PRONIS, "Planos de Telecomunicaciones: Hospital Espinar." Lima, 2016.
- [46] AXIS Communications, "AXIS Design Tool," 2016. [En línea]. Disponible: http://www.axis.com/es/products/video/design_tool/v2/. [Acceso: 05-Dec-2016].
- [47] PRONIS, "Demanda telepresencia y PACS/RIS." Lima, 2016.
- [48] PixelTools, "H.264 Advanced Video Coding: A Whirlwind Tour," 2012. [En línea]. Disponible: http://www.pixeltools.com/h264_paper.html. [Acceso: 14-Dec-2016].
- [49] Frames per second, "Compare frames per second: which looks better?" [En línea]. Disponible: <https://frames-per-second.appspot.com/>. [Acceso: 14-Dec-2016].
- [50] Google Maps, "Provincia y distrito de Espinar," 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.google.com.pe/maps/place/Provincia+de+Espinar/@-15.0296534,-71.6754035,109272m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x916908328fa81b0f:0xee f2b63618bc1488!8m2!3d-14.7879476!4d-71.405896>. [Acceso: 16-Dec-2016].

- [51] Presidencia del Consejo de Ministros, "Sectores de Gobierno invertirán más de 236 millones de nuevos soles este año en Espinar," 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.pcm.gob.pe/2015/03/sectores-de-gobierno-invertiran-mas-de-236-millones-de-nuevos-soles-este-ano-en-espinar/>. [Acceso: 26-Dec-2016].
- [52] Gobierno del Perú, "Concurso público para construcción de nuevo y moderno Hospital de Espinar se lanzará en marzo de 2018," 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/12921-concurso-publico-para-construccion-de-nuevo-y-moderno-hospital-de-espinar-se-lanzara-en-marzo-de-2018>. [Acceso: 12-Nov-2018].
- [53] Ministerio de Economía y Finanzas, "Código SNIP del proyecto de inversión pública 374288," 2016. [En línea]. Disponible: <http://ofi4.mef.gob.pe/bp/ConsultarPIP/frmConsultarPIP.asp?accion=consultar&txtCodigo=374288>. [Acceso: 17-Nov-2018].
- [54] BGH Tech Partner, "Cotización sistema de telefonía." Lima, p. 1, 2016.
- [55] ACANTO PERU SAC, "Propuesta SfB_Austral Group_AudioCodes." Lima, p. 17, 2017.
- [56] Huawei Technologies Co., "Cotización sistema de telefonía y telepresencia." Lima, pp. 1–11, 2017.
- [57] Huawei Technologies Co., "Cotización Gateway de Voz." Lima, pp. 1–7, 2017.
- [58] ITALTEL, "Cotización sistemas Espinar." Lima, p. 6, 2016.
- [59] ACANTO PERU SAC, "Cotización ACP_20062017_2_ACTI." Lima, p. 1, 2017.
- [60] BGH Tech Partner, "Cotización AXIS video vigilancia." Lima, p. 1, 2016.
- [61] BGH Tech Partner, "Cotización Hytera Radio VHF." Lima, p. 1, 2016.
- [62] BGH Tech Partner, "Cotización Radios Pronis Motorola Espinar." p. 2, 2017.
- [63] ACANTO PERU SAC, "Cotización ACP_20062017_1_KENWOOD." p. 1, 2017.
- [64] Medical Innovation and technology, "Cotización MIT Hospital Espinar 2016oct-001." Lima, pp. 1–4, 2016.
- [65] X-Ray Sales and Services SAC, "COTIZACIÓN N° XR-OFC/121-2017." Lima, pp. 1–2, 2017.