



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

**Diseño e implementación de un sistema de
mantenimiento remoto para la Red Nacional de
Tomógrafos de la marca Canon**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

AUTOR

Miguel Angel CHERRES YONG

ASESOR

Mg. Carlos Alberto CHIRI HUANCA

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

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

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

Referencia bibliográfica

Cherres, M. (2024). Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento remoto para la Red Nacional de Tomógrafos de la marca Canon. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Miguel Angel Cherres Yong
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73040278
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Chiri Huanca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09293427
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1203-2005
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Luis Ernesto Cruzado Montañez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	32920395
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Elías Moscoso Sánchez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07206008
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Teofilo Matias Huablocho Perez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25420840
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.6.3 Instrumentación Biomédica
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica

Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Oficina de CYMED MEDICAL SAC País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Isidro Latitud: -12.088916339724447 Longitud: -77.04791911038804
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2021 – Enero 2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01 Ingeniería médica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.06.01 Ingeniería de sistemas y comunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04



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



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ACTA N°003/FIEE-CTGT/2024

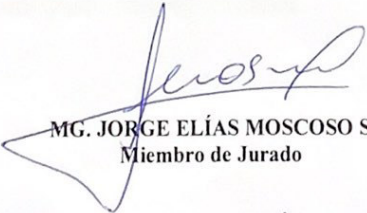
Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 25 de enero del 2024, como presidente de Jurado el **MG. LUIS ERNESTO CRUZADO MONTAÑEZ**, integrado por el Miembro de Jurado el **MG. JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ**, el Miembro de Jurado **ING. TEOFILO MATIAS HUABLOCHO PEREZ** y Miembro Asesor el **MG. CARLOS ALBERTO CHIRI HUANCA**.

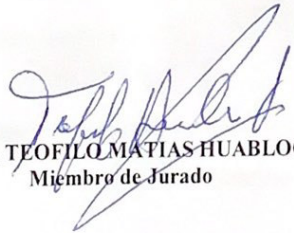
Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del Bach. **MIGUEL ANGEL CHERRES YONG** con código N° **14190078** que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO REMOTO PARA LA RED NACIONAL DE TOMÓGRAFOS DE LA MARCA CANON"**.

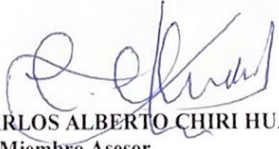
El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de **¡F (Diecisiete)**

Ciudad Universitaria, 25 de enero del 2024


MG. LUIS ERNESTO CRUZADO MONTAÑEZ
Presidente de Jurado


MG. JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ
Miembro de Jurado


ING. TEOFILO MATIAS HUABLOCHO PEREZ
Miembro de Jurado


MG. CARLOS ALBERTO CHIRI HUANCA
Miembro Asesor



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Carlos Alberto Chiri Huanca en mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de trabajo de Suficiencia Profesional N°003/FIEE-CTGT/2024 del trabajo de suficiencia profesional cuyo título es: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO REMOTO PARA LA RED NACIONAL DE TOMÓGRAFOS DE LA MARCA CANON, presentado por el bachiller Cherres Yong Miguel Angel, para optar al título profesional de Ingeniero Electrónico. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 2% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**. Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor

DNI:

09293121

Nombres y apellidos del asesor:

Mg. Carlos Alberto Chiri Huanca



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi hermana quien me impulsa a ser una mejor persona, cuida de mí y me ayuda a levantarme cada día de mi vida. Y mi querido padre quien siempre me impulsa alcanzar mis metas.

RESUMEN

En presente informe detalla el diseño, implementación e instalación de un sistema de mantenimiento remoto para la red nacional de tomógrafos de la marca Canon y Toshiba en Perú. La finalidad del sistema de mantenimiento remoto es monitorear los tomógrafos para prevenir fallos y agilizar la ejecución de procedimientos correctivos cuando estos se encuentran inoperativos.

El sistema se basa en un pc de servicio que se interconecta con distintos puntos de control del tomógrafo y sus periféricos. El pc tiene aplicaciones y controladores que permiten realizar funciones como el control remoto del tomógrafo, la transferencia y exploración de archivos, el monitoreo de sistema operativo y el acceso a las tarjetas de control. El sistema de mantenimiento remoto ha sido diseñado para trabajar de forma ininterrumpida y ser compatible con cinco modelos diferentes de tomógrafos. Todas las funciones se realizan en segundo plano sin interferir con el flujo de trabajo del operador o generar alertas de acceso.

El sistema ha permitido reducir el tiempo medio de reparación de los tomógrafos y mejorar la atención de los clientes. Así mismo genera un ahorro a la empresa CYMED por concepto de viáticos del personal especializado que brinda soporte técnico a los tomógrafos.

Palabras clave: Mantenimiento remoto, procedimientos correctivos, control remoto, monitoreo, tiempo medio de reparación.

ABSTRACT

This report details the design, implementation and installation of a remote maintenance system for the national network of Canon and Toshiba CT scanners in Peru. The purpose of the remote maintenance system is to monitor the tomographs to prevent failures and speed up the execution of corrective procedures when they are inoperative.

The system is based on a service PC that interconnects with different control points of the CT scanner and its peripherals. The pc has applications and drivers that allow performing functions such as remote control of the CT scanner, file transfer and browsing, operating system monitoring and access to the control cards. The remote maintenance system has been designed to work uninterruptedly and to be compatible with five different CT scanner models. All functions are performed in the background without interfering with operator workflow or generating access alerts.

The system has reduced the average repair time of CT scanners and improved customer service. It also generates savings for CYMED in travel expenses for the specialized personnel who provide technical support to the CT scanners.

Keywords: Remote maintenance, corrective procedures, remote control, monitoring, mean time to repair.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	x
CAPITULO: INTRODUCCIÓN	1
CAPITULOII: INFORMACION DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLO LA ACTIVIDAD	2
2.1 Institución donde se desarrollo la actividad	2
2.2 Periodo de duración de la actividad	2
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad	3
2.4 Razón social	3
2.5 Dirección postal	3
2.6 Correo electrónico del profesional a cargo	3
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	4
3.1 Organización de la actividad	4
3.2 Finalidad y objetivos de la actividad	4
3.2.1 Finalidad	4
3.2.2 Objetivos	4
3.2.2.1 Objetivo General	4
3.2.2.1 Objetivos Especificos	5
3.3 Problemática	5
3.3.1 Problema General	5
3.3.2 Problemas Específicos	5
3.3.3 Justificación e importancia de la investigación	6

3.4	Metodología	.6
3.4.1	Antecedentes de la investigación	6
3.4.2	Bases Teóricas	9
3.5	Análisis	13
3.5.1	Arquitectura electrónica	13
3.5.1.1	Análisis del tomógrafo Aquilion Prime	14
3.5.1.1.1	Alimentación de energía eléctrica	15
3.5.1.1.2	Generación de rayos X	16
3.5.1.1.3	Movimientos mecánicos	17
3.5.1.1.4	Reconstrucción de imagen	18
3.6	Diseño	20
3.6.1	Funcionalidad	20
3.6.1.1	Acceso remoto a la consola	20
3.6.1.2	Acceso remoto al módulo de reconstrucción	21
3.6.1.3	Monitoreo del gantry y couch	22
3.6.1.4	Monitoreo de temperatura y humedad	23
3.6.1.5	Interconexión con otros periféricos del tomógrafo	23
3.6.2	Sistema de mantenimiento remoto	23
3.6.2.1	Pc de servicio	24
3.6.2.2	Conexiones	26
3.7	Implementación del pc de servicio y conexiones	31
3.7.1	Preinstalación y configuración del pc de servicio	32
3.7.1.1	Encendido automático	32
3.7.1.2	Configuración del plan de energía y tarjeta de red	33
3.7.1.3	Conexión remota al pc de servicio	34
3.7.2	Instalación de aplicaciones	35
3.7.2.1	Sistema de monitoreo y control remoto de la consola	35
3.7.2.2	Sistema de transferencia y exploración de archivos	42
3.7.2.3	Acceso al host de servidores	44
3.7.2.4	Acceso al utilitario del arreglo de discos	45

3.7.2.5	Acceso al utilitario de grantry y mesa	48
3.7.2.6	Conexión con otros perifericos	50
3.7.2.7	Monitoreo de temperatura y humedad	52
CAPITULO IV: CONCLUSIONES		53
4.1	Despliegue de sistema de mantenimiento remoto en el Perú	53
4.2	Evaluación economica	54
4.3	Evaluación tecnica	57
4.4	Conclusiones	57
CAPITULO V: RECOMENDACIONES		59
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFÍA		60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del tomógrafo Aquilion Prime. Fuente: Manual servicio Canon	15
Figura 2: Distribuidor de energía. Fuente: Manual servicio Canon	16
Figura 3: Esquema interno del gantry. Fuente: Manual servicio Canon	17
Figura 4: Tarjeta de control GMS. Fuente: propia	18
Figura 5: Unidad de reconstrucción Combox. Fuente: propia	19
Figura 6: Esquema del sistema CYMREM. Fuente: propia	24
Figura 7: Esquema de conexiones de pc de servicio. Fuente: propia	26
Figura 8: Esquema del conector serial del gantry. Fuente: propia	28
Figura 9: Esquema del conector serial de la unidad de reconstrucción. Fuente: propia	29
Figura 10: Mikrotik switch modelo RB260GS. Fuente: Mikrotik web	30
Figura 11: Router TP-Link modelo TL-MR6400. Fuente: tp-link web	31
Figura 12: Instalación del sistema CYMREM. Fuente: propia	32
Figura 13: Configuración encendido automático. Fuente: Bios HP	33
Figura 14: Configuración de la tarjeta de red y plan de energía. Fuente: panel de control de Windows 10	33
Figura 15: configuración de credenciales y acceso remoto de Anydesk. Fuente: Anydesk	34
Figura 16: Instalación de aplicación UltraVNC. Fuente: UltraVNC	36
Figura 17: configuración de puertos TCP e IPs. Fuente: Windows	37
Figura 18: configuración de aplicación UltraVNC. Fuente: UltraVNC	38
Figura 19: UltraVNC en el pc de servicio. Fuente: UltraVNC	39
Figura 20: Conexión física a la unidad de reconstrucción. Fuente: propia	39
Figura 21: Control remoto en el tomógrafo. Fuente: UltraVNC	40
Figura 22: Calibración y ajuste de corrientes. Fuente: UltraVNC	41

Figura 23: Acceso remoto al pc de servicio. Fuente: propia	41
Figura 24: Instalación de características de FPT. Fuente: Windows 10	42
Figura 25: Exploración de archivos por FTP Fuente: AceFTP	43
Figura 26: Transferencia de archivos por FTP Fuente: AceFTP	44
Figura 27: Panel de control del módulo de reconstrucción. Fuente: Host de la unidad de reconstrucción	45
Figura 28: Puerto serial unidad de reconstrucción. Fuente: propia	46
Figura 29: Utilitario de arreglo de discos puerto serial. Fuente: Teraterm	47
Figura 30: Utilitario de arreglo de discos por IP. Fuente: Teraterm	47
Figura 31: Conexión tarjeta GMS del gantry. Fuente: propia	48
Figura 32: Configuración de gantry y mesa. Fuente: Teraterm	49
Figura 33: Inicialización de la tarjeta GMS. Fuente: Teraterm	50
Figura 34: Switch local Mikrotik. Fuente: propia	50
Figura 35: configuración de firewall de Mikrotik. Fuente: Winbox	51
Figura 36: Utilitario de impresora de placas. Fuente: Internet Explorer	51
Figura 37: Monitoreo de temperatura y humedad. Fuente: Elitech V6	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Listado de conectores, adaptadores y cables para el sistema CYMREM. Fuente: propia	27
Tabla 2: Listado de los sistemas CYMREM instalado en Perú. Fuente: Datos CYMED MEDICAL	54
Tabla 3: Gastos de instalación del sistema CYMREM para el modelo Aquilion Prime. Fuente: Datos de CYMED MEDICAL	55
Tabla 4: Gastos totales de la instalación de todos los sistemas CYMREM. Fuente: Datos de CYMED MEDICAL	56
Tabla 5: Gasto promedio por viaje de personal especializado a provincia. Fuente: Datos de CYMED MEDICAL	56

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con una amplia red tomográfica dentro de las cuales una de las más importantes son los Toshiba con más de 100 tomógrafos instalados a la fecha. Cuando se da algún evento no programado en el tomógrafo que requiere atención inmediata es necesario que el personal especializado se movilice hasta donde se encuentra instalado el equipo para hacer un diagnóstico en el sitio.

El especialista debe regresar a su centro de operaciones para preparar la pieza que necesita ser reemplazada para más adelante viajar una vez más e instalarla. Todo esto genera altos costos operativos y aumenta el tiempo de inoperatividad del equipo generando significativos costos sociales que ponen en riesgo la salud de miles de pacientes.

Este panorama puede mejorar con la instalación de un sistema de mantenimiento remoto que es una herramienta que brinda un conjunto de servicios que permite monitorear, diagnosticar y realizar acciones correctivas remotamente a los tomógrafos. Permitiendo, por ejemplo, realizar acciones de diagnóstico como la recolección de registro de errores, lo que ahorraría gastos por viajes, horas de trabajo o largas estancias innecesarias.

Por otro lado, el monitoreo remoto permite supervisar el correcto funcionamiento y manejo del tomógrafo reforzando las buenas prácticas al operador y generando reportes con fines estadísticos. Esto último a su vez, deriva en una mejor evaluación del costo en los contratos de mantenimiento ya que es complicado delimitar una valuación justa debido a las altas cotizaciones de los repuestos tomográficos.

CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLO LA ACTIVIDAD

2.1. Institución donde se desarrolló la actividad

Cymed Medical SAC es una empresa nacional dedicada a la importación y comercialización de equipamiento médico de la marca Canon en condición de distribuidor exclusivo. Su principal mercado son los equipos médicos de diagnóstico por imágenes como: tomógrafos, ecógrafos, angiógrafos, servidores de imágenes e impresora de placas.

2.2. Periodo de duración de la actividad

El periodo de duración de las actividades fue desarrollado entre marzo del año 2020 y abril del 2021.

2.3. Finalidad y objetivos de la entidad

a) Finalidad:

Cymed Medical SAC tiene como finalidad generar unidades de negocio rentables y sostenibles enfocadas a la tecnología de la salud. Apostando por la innovación tecnológica constante del equipamiento médico.

b) Objetivo:

Cymed Medical SAC tiene como objetivo ser la empresa prestadora de servicio con el mejor soporte técnico con eficaces soluciones en el mercado de los equipos médicos.

2.4. Razón social

La razón social de la empresa es CYMED MEDICAL S.A.C

2.5. Dirección postal

Av. Guillermo Prescott 352 - San Isidro – Lima

2.6. Correo electrónico del profesional a cargo.

Ing. Richard Marin Pisco - richard.marin@cymedmedical.com

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la actividad

La actividad fue organizada de la siguiente manera: diagnóstico de la situación inicial del mantenimiento de los tomógrafos. Recopilación de la información de las conexiones y funciones de diagnóstico del equipo. Diseño de una solución integral y practica como prototipo en taller. Implementación e instalación del sistema en el área de tomográfica, pruebas de conexión y pruebas de funcionalidad. Puesta en marcha y pruebas de mantenimiento remoto.

3.2. Finalidad y objetivos de la Actividad

3.2.1. *Finalidad*

Diseñar e implementar un sistema de mantenimiento remoto para la red nacional de tomográficos de la marca Canon durante la emergencia sanitaria 2020 que brinde soporte técnico ininterrumpido y libre de gastos operacionales

3.2.2. *Objetivos*

3.2.2.1. *Objetivo General.*

Diseñar e implementar un sistema de mantenimiento remoto para la red nacional de los tomógrafos de la marca Canon durante la emergencia sanitaria 2020.

3.2.2.2. *Objetivos Específicos.*

- Analizar un sistema de mantenimiento remoto para la red de tomógrafos de la marca Canon.
- Diseñar un sistema de mantenimiento remoto para la red de tomógrafos de la marca Canon.
- Implementar un sistema de mantenimiento remoto para la red de tomógrafos de la marca Canon.
- Probar el funcionamiento del sistema de mantenimiento remoto para la red de los tomógrafos de la marca Canon instaladas.

3.3. Problemática

3.3.1. *Problema General*

- Como diseñar e implementar un sistema de mantenimiento remoto para la red nacional de tomógrafos de la marca Canon durante la emergencia sanitaria 2022

3.3.2. *Problemas Específicos*

- ¿De qué modo analizar un sistema de mantenimiento remoto para la red de tomógrafos de la marca Canon?
- ¿Cómo diseñar un sistema de mantenimiento remoto para la red de tomógrafos de la marca Canon?
- ¿De qué manera implementar un sistema de mantenimiento remoto para la red de tomógrafos de la marca Canon?

- ¿Cómo probar el funcionamiento del sistema de mantenimiento remoto para la red de los tomógrafos de la marca Canon instaladas?

3.3.3. *Justificación e importancia de la investigación*

La justificación práctica de este trabajo es disminuir el tiempo medio de reparación de los tomógrafos Canon desde que ocurre una avería que inhabilita el funcionamiento del equipo hasta su puesto en marcha. Así mismo el monitoreo remoto permite anticiparnos y prever fallos realizando un seguimiento constante a los tomógrafos, lo que nos permite mantener un óptimo rendimiento del equipo y alargar su tiempo de vida útil.

Como justificación social se atiende la necesidad de que los tomógrafos Canon instalados principalmente en centros de salud públicos cuenten con una alta disponibilidad. Teniendo presente que estos equipos suelen tener una alta demanda por parte de los asegurados en el Perú. Cuando ocurre una avería que inhabilita su funcionamiento los asegurados interrumpen su flujo de tratamiento o atención. Teniendo en algunos casos que costear los exámenes de forma particular lo que repercute en un mayor costo social.

Como justificación económica se plantea reducir los costos de traslado y estadía que requieren los ingenieros especialistas para realizar los diagnósticos. Además, producto del monitoreo remoto se puede anticipar a fallos que dañen componentes de alto costo de los tomógrafos. Por último, la revisión y registro de parámetros e indicadores mejoraran la tasa de captura de los contratos de mantenimiento.

3.4. Metodología

3.4.1. *Antecedentes de la investigación*

a) Antecedentes Internacionales

El colombiano Valencia, V.F. (2013), en su tesis “Control y mantenimiento remoto de sistemas de navegación aéreas” desarrolla e implementar un sistema de mantenimiento remoto en los equipos de navegación aérea para la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) con el objetivo de agilizar las tareas de mantenimiento preventivo, disminuir el tiempo de inoperatividad de los equipos por fallo y los costos operativos. Valencia aprovecha que estos equipos de navegación área pueden ser verificados conectándose a un pc de control a través de un puerto de comunicación serial RS232. Permitiendo al ingeniero de servicio realizar rutinas de mantenimiento, verificar parámetros y realizar pruebas operativas en los equipos de navegación. Entonces plantea el diseño de una red que le permita conectarse remotamente al sistema a través de una interfaz HMI desde la torre de gestión de mantenimiento de la DGAC. La red es una WLAN conformada por convertidores RS232/Ethernet, antenas de transmisión y recepción, puntos e acceso y una consola con un software instalado para el manejo de cada uno de los subsistemas de cada estación de trabajo. Como resultado del trabajo se logró disminuir el tiempo promedio entre fallas, mejorar la calidad de servicio de navegación y gestionar las tareas de mantenimiento de las subestaciones desde la DGAC. La red implementada es fácilmente escalable a nuevas instalaciones debido a la compatibilidad en la utilización de diversos softwares propietario de otras marcas.

Los ecuatorianos Founes, D. E. y Veloz, H. E. (2017) desarrollaron un prototipo para monitorizar y diagnosticar remotamente motores de vehículos. La señal es adquirida por un OBD (On Board Diagnostic) instalada en el vehículo. Luego los datos son procesados por un microcontrolador Arduino quien además se encarga de diagnosticar posibles fallas en el vehículo. Esto lo realiza comparando los datos adquiridos con valores referenciales y rangos preestablecidos. Posteriormente la transmisión de la información es realizada por un

módulo GSM quien realiza peticiones y requerimientos a un servidor a través de la web utilizando HTTP. Finalmente, la información es guardada y ordenada en la base de datos utilizando como guía un identificador único asignado a cada vehículo. El operador final puede acceder a los registros mediante una interfaz que ejecuta peticiones SQL.

La ecuatoriana Viera, A. E. (2009) lleva a cabo con aplicación práctica el mantenimiento y control remoto de un sistema de mecatrónico. El sistema controlado es una estación de trabajo de la marca Festo llamado MPS200 cuya función es separar, almacenar y aportar piezas prefabricadas aun proceso de producción. Como controlador principal del sistema se utiliza el PLC Twido 20DTK quien se encuentra enlazado con un Modem SR2 de la marca Schneider Electric quien establece la conexión GSM para realizar el mantenimiento y control remoto

b) Antecedentes Nacionales

En el aspecto nacional Tenicela, C.R. (2014) en su informe de suficiencia profesional implementa un sistema de monitoreo remoto para equipos de maquinaria pesada Caterpillar con el fin planificar y gestionar los mantenimiento y actividades diarias analizando los indicadores de las maquinas. Caterpillar poseen módulos llamados ECM que realizan mediciones de las variables del funcionamiento y estado de los equipos. Dichas mediciones son enviadas a un módulo de monitoreo remoto que cumple la función de un servidor de almacenamiento de data. Luego a través de una antena celular instalada en cada uno de los equipos se envía la información por una red GSM al sistema de supervisión integral de Capterpillar llamado Product Link que brinda acceso a la data recolectada a los usuarios registrados desde la comodidad de una PC.

Puente, C. A. y Veliz, W. J. (2018) diseñaron un sistema de monitoreo remoto y control remoto para los vehículos Nissan Sentra V16. Teniendo

como principal interés reducir los costos por mantenimiento correctivos. Para la elección de los parámetros a monitorear se basaron en la estadística de fallos. Utilizan transductores para cada uno de las variables a medir las cuales son: nivel de combustible, temperatura de del motor, nivel de refrigerante y presión del aceite. Como una unidad de control principal utilizan un Arduino mini que es alimentado por la batería del vehículo. Para la transmisión de la señal remota utilizan tecnología GSM de un módulo de Arduino llamado SIM900 a la cual se le inserta una tarjeta SIM. El sistema de monitoreo se activa solo cuando el vehículo este encendido ya que este es prendido y apagado por un sensor ON/OFF conectado al alternador.

3.4.2. ***Bases Teóricas***

3.4.2.1. ***Mantenimiento***

Existen diversas formas de definir la palabra mantenimiento. Dentro de las definiciones más modernas tenemos que son un conjunto de actividades o acciones que se realizan a equipos, sistemas o instalaciones con el fin de mantener su estado de funcionamiento (Razuri & Ventura,2020). El mantenimiento tiene múltiples objetivos siendo los principales evitar los paros innecesarios, reducir los fallos, alargar la vida útil del bien y prevenir accidentes o lesiones al operador (Ruano,2010).

3.4.2.1.1. ***Tipos de Mantenimiento***

Según la OMS el mantenimiento de equipos médicos se puede dividir en dos categorías: inspección y mantenimiento preventivo (IMP) y mantenimiento correctivo (MC) (OMS,2012)

3.4.2.1.1.1. ***Inspección y Mantenimiento Preventivo***

El mantenimiento preventivo es un conjunto de actividades que se realizan con el fin de preservar la condición óptima del equipo, prolongar su vida útil y prevenir fallos o desperfectos. Las tareas realizadas son periódicas y programadas en base a las recomendaciones del fabricante. Asimismo, el uso del equipo influye en la frecuencia del mantenimiento. Por otro lado, la inspección son un conjunto de verificaciones de rendimiento del equipo que se realizan haciendo mediciones y comparándolas con parámetros dados por fabrica. (OMS,2012). Los mantenimientos tomográficos suelen tomar entre 8 a 12 horas y contempla principalmente la preservación física del equipo. En la inspección se considera la revisión de partes mecánicas, lecturas de voltajes y corrientes de alimentación, niveles de radiación, revisión de la temperatura del ambiente tomográfico y anotación del número de disparo del tubo.

3.4.2.1.1.2. ***Mantenimiento Correctivo***

El mantenimiento correctivo (MC) es un conjunto de trabajos que se realizan a un equipo para restaurar su estado operacional cuando una falla paraliza su funcionamiento de forma parcial o total. Los MC no son programados o planificados y es el usuario quien lo solicita. (Primero & Diaz & Garcia & Gonzales, 2015). Parte fundamental del MC es el diagnostico que resulta en el análisis técnico para determinar el componente dañado o y la acción que produce la falla. Los tomógrafos son equipos que demandan considerable tiempo para la realización del MC debido a su complejidad y a los elevados costos de sus componentes.

3.4.2.1.2. ***Indicadores de Mantenimiento***

Es una forma de medir los resultados del mantenimiento que nos permite evaluar y mejorar la calidad del trabajo realizado al equipo. Existen diversos tipos de indicadores los cuales son seleccionados dependiendo del grado de información que aporten a cierto aspecto a analizar. El indicador más importante es la disponibilidad cuyo valor está ligado a la productividad en horas del equipo. Dentro de los indicadores relacionados a las averías tenemos:

Tiempo Medio entre Fallos (MTBF) y Tiempo Medio de Reparación (MTTR). Son utilizados para determinar la periodicidad en la que las averías ocurren y el impacto de la avería respectivamente. (Garrido, 2007)

3.4.2.1.3. ***Mantenimiento Remoto***

El mantenimiento remoto es un servicio de soporte que controla y monitorea remotamente un sistema. Las funciones de control remoto se entienden como la capacidad de ejecutar acciones con mandos a distancia, mientras que el monitoreo es una constante medición de variables en segundo plano que no interfieren con las funciones principales del sistema y su rendimiento. Estas facultades permiten analizar la conducta del sistema, determinar posibles situaciones críticas, realizar diagnósticos y tomar acciones preventivas basados en la estadística recolectada. En una mayor estancia el mantenimiento remoto implica el uso de realidad aumentada (AR) con la finalidad de que el operador pueda realizar acciones correctivas comunicándose con un experto usando una plataforma multimedia enviando fotos, videos, textos, entre otros. (Masoni, 2017).

Su arquitectura principalmente involucra un pc de servicio que se interconecta con los diferentes componentes del equipo que conforman el sistema. Este pc de servicio envía data y recibe instrucciones de un dispositivo remoto que puede ser un pc, un portátil o un móvil operado por un experto. El enlace remoto establece su conexión a través internet o el uso de redes locales utilizando antenas y puntos de acceso.

3.4.2.2. ***Tomografía Computarizada***

La tomografía computarizada (TC) fue desarrollada y diseñada por el ingeniero eléctrico Newbold Hounsfield con el propósito de superar las limitaciones de la radiología convencional de la época. La formación de imágenes tridimensionales y la cuantificación de densidades de tejidos son principalmente los aportes de la TC (Ramirez, 2008). La TC se puede describir de manera técnica como un aparato de rayos x donde la placa radiográfica ha sido

reemplazada por un detector fotoeléctrico. Ambos componentes se encuentran se encuentra en posiciones opuestas dentro de una carcasa circular hueca llamada gantry. Este sistema dispara rayos x mientras realiza un movimiento circular de rotación. En la abertura hueca del gantry se ubica al paciente quien reposa sobre una mesa electromecánica llamada couch que se encarga del posicionamiento. Luego el detector transforma los rayos x en señales eléctricas y envía la información a la unidad de reconstrucción que se encarga de crear la imagen tomográfica clínica para finalmente ser visualizada a través de la consola por el operador (Muñiz, 2016).

3.4.2.2.1. **Partes del Tomógrafo**

El tomógrafo se divide fundamentalmente en el gantry, la mesa o couch, la unidad de reconstrucción y la consola.

3.4.2.2.1.1. **Gantry**

Unidad en forma circular hueca. Se subdivide en las sección estacionaria y rotatoria. A la primera sección llega la energía que alimenta todo sistema. Luego esta energía es traspasada a una unidad llamada generador de alta ubicada en la sección rotatoria. Es aquí donde se genera las condiciones de disparo del tubo de rayos como el voltaje (Kv) y la corriente (mA). Estas condiciones son seleccionadas por el operador. Entonces el tubo genera los rayos x que son direccionados por el colimador hacia el paciente. Los rayos x luego impactan sobre el detector que digitaliza la señal.

3.4.2.2.1.2. **Couch**

Es la mesa electromecánica donde reposa el paciente. Su función es posicionarlo dentro del gantry realizando una serie de movimientos electromecánicos. Su control y energización llegan desde tarjetas ubicadas en el gantry.

3.4.2.2.1.3. **Unidad de reconstrucción**

Es una unidad conformada por un arreglo de discos de almacenamiento y tarjetas o servidores de reconstrucción. Se encargan de recibir la data cruda, señales eléctricas sin procesar, que llegan desde el detector del gantry. Entonces comienza a procesar la información realizando cálculos en la data para obtener o reconstruir la imagen tomográfica clínica. Tanto la data cruda como las imágenes reconstruidas son guardados en arreglos de discos por separados.

3.4.2.2.1.4. **Consola**

La consola es la CPU donde se encuentra instalada la aplicación tomográfica que funciona como interfaz para que el operador pueda realizar los exámenes o estudios tomográficos. La consola tiene conectado periféricos que sirven para operar el tomógrafo como el teclado, el mouse, el gatillador de disparo, el micrófono, los parlantes y el monitor. Desde la consola el operador configura y monitorea las condiciones de disparo, se comunica con el paciente y visualiza las imágenes tomográficas.

3.5. **Análisis**

Para el desarrollo de este trabajo primero se analizó la arquitectura de la electrónica de los tomógrafos Canon. Luego se levantó un diseño basado en las funciones necesarias para ejecutar el mantenimiento remoto. Finalmente se realizó la implementación del sistema en el tomógrafo y se realizó pruebas operativas remotamente. Actualmente tenemos instalados varios sistemas de monitoreo para cada modelo de tomógrafo. En este trabajo tomaremos como punto de partida al modelo de tomógrafo Aquilion Prime de Canon.

3.5.1. **Arquitectura electrónica**

Canon Medical System es una compañía de equipamiento médico fundada en Otawara, Japón en el año 1914. Dedicado principalmente a la producción de equipos de diagnóstico por imágenes. Fue conocido bajo el nombre de Toshiba Medical System hasta el año 2018

cuando se realizó un cambio en el nombre de la compañía. Actualmente se encuentra como proveedores en alrededor de 140 países. A la fecha tiene instalado en Perú más de 100 tomógrafos entre el sector de salud público y privado.

Existe un sistema de mantenimiento remoto propio de la marca llamado Innervision. Sin embargo, por este servicio se paga una membresía anual y posee funciones limitadas en comparación a las propuestas en este trabajo como son el control remoto y la transferencia de archivos. Por otro lado, existen distintos modelos de tomógrafos Canon y Toshiba en el mercado peruano. Entre ellos poseen diferencias tanto en hardware como software, pero en general todos mantienen la misma arquitectura mecánica y electrónica. Esta facultad ha permitido adaptar nuestro sistema a cinco diferentes modelos hasta la fecha. En este trabajo nos enfocaremos en el desarrollo del sistema de monitoreo remoto para el modelo Aquilion Prime ya que a la fecha es el tomógrafo más completo de la marca Canon en términos tecnológicos y cuenta con un considerable posicionamiento en el mercado peruano.

3.5.1.1. *Análisis del tomógrafo Aquilion Prime*

Es un tomógrafo de 80 o 160 cortes con un detector digital de 320 filas. Está constituido principalmente por el distribuidor de energía, el gantry, el couch, el arreglo de discos, el módulo de reconstrucción y la consola. Es considerado dentro del mercado peruano un tomógrafo de alta tecnología. Su arquitectura es modular basada en el uso de servidores. Puede trabajar de manera sincronizada con periféricos externos como gatilladores de pulso cardíaco,

inyectores de contraste y/o estaciones de post procesamiento. En la actualidad se tienen instalado 10 tomógrafos Aquilion Prime en toda la red de salud Perú.

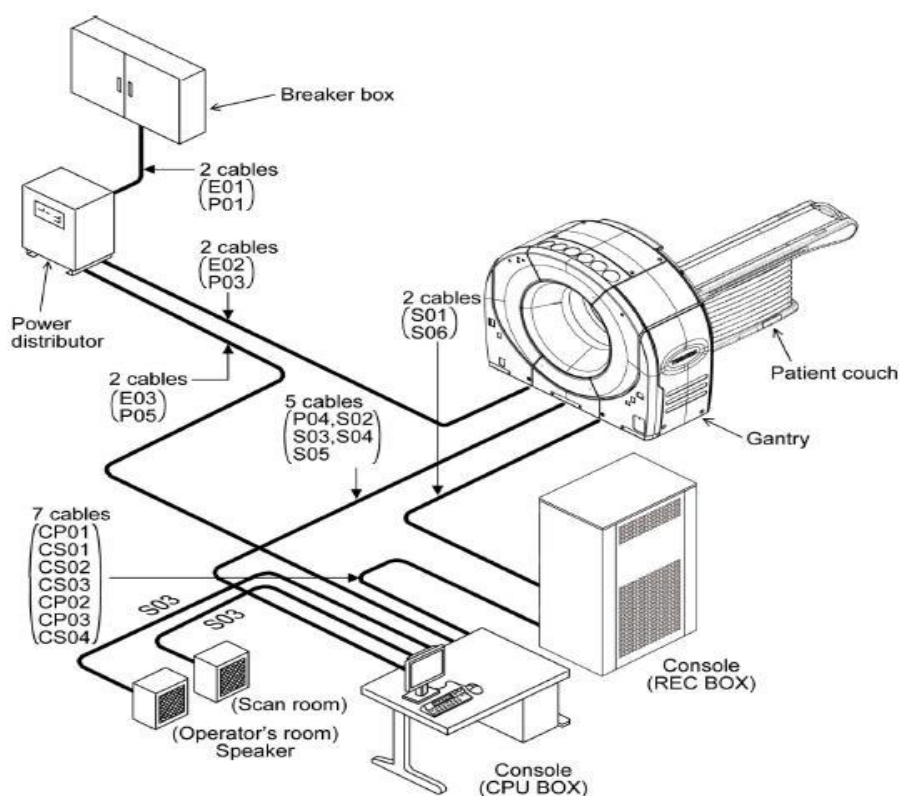


Figura 1. Esquema del tomógrafo Aquilion Prime. Fuente: Manual servicio Canon

3.5.1.1.1. Alimentación de energía eléctrica

La entrada de energía del sistema se da a través del distribuidor de energía quien se encarga de proporcionar los voltajes necesarios para el funcionamiento del tomógrafo. El distribuidor es alimentado por un voltaje trifásico de 380 VAC con configuración delta. A la salida arroja un voltaje de 200 VAC con configuración estrella y toma una de las fases con el neutro para obtener un voltaje monofásico

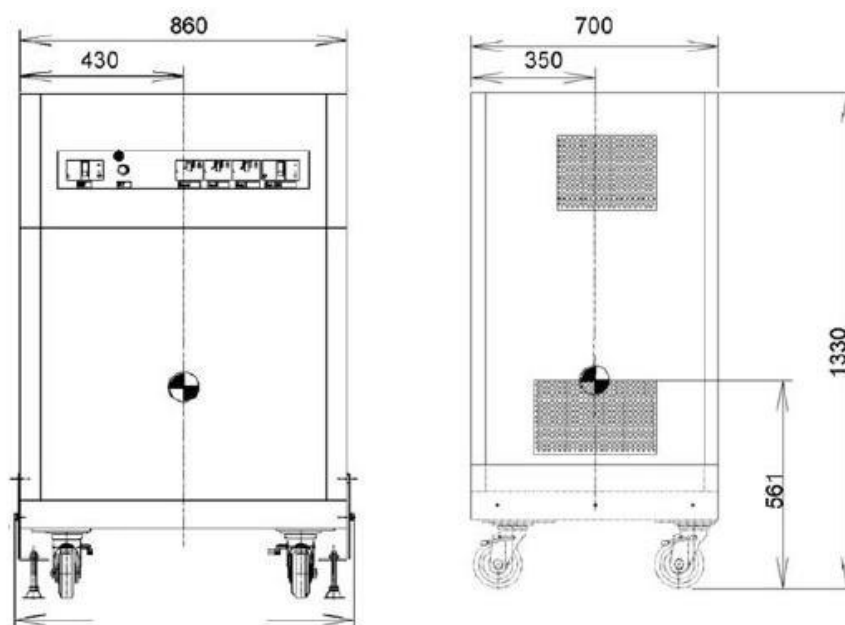


Figura 2. Distribuidor de energía. Fuente: Manual servicio Canon

3.5.1.1.2. **Generación de rayos x**

Es uno de los procesos principales que ocurren dentro del gantry. La energía trifásica de 200VAC es convertida en un voltaje continuo de 280 VAC. Luego el generador de alta incrementa este voltaje a 80, 100, 120 o 135 KV para energizar el tubo de rayos x. Esta unidad también se encarga de proveer la corriente del filamento. El tubo de rayos x se energiza y genera la salida de rayos x de acuerdo a los niveles de voltaje (KV) y corriente (mA) requeridos. Tras el disparo, el tubo debe disipar una gran cantidad de calor que es acumulado como resultado de la generación de rayos x. Esto es realizado por un sistema de enfriamiento llamado Cooler que se encarga de circular un líquido refrigerante por el interior del tubo.

Sequencer) ubicada en el parte posterior del gantry. Esta permite la configuración de parámetros mecánicos que son definidos en la instalación y guarda log de errores de las ocurrencias o fallos. El especialista técnico puede acceder revisar las configuraciones, realizar test de rotación del gantry y extraer log de errores conectándose a través de un terminal en la GMS.

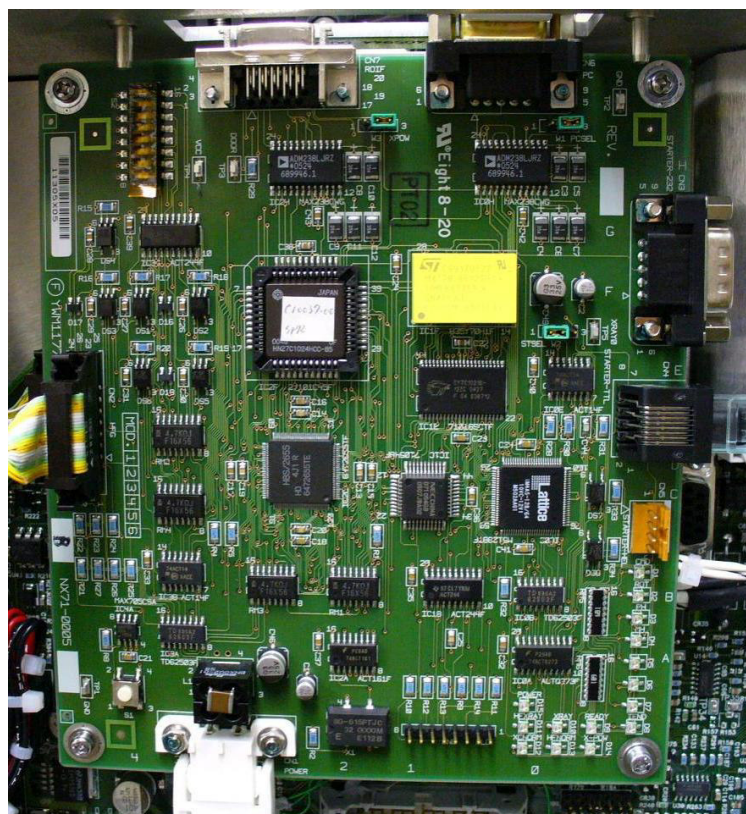


Figura 4. Tarjeta de control GMS. Fuente: propia

3.5.1.1.4. **Reconstrucción de imágenes**

La información es adquirida y digitalizada por el detector ubicado dentro del gantry. Luego esta data es enviada a la unidad reconstrucción. En el modelo Aquilion Prime la unidad de construcción es un gabinete llamado Combox que está constituido principalmente por el módulo de reconstrucción, el arreglo de discos y la consola. Inicialmente la información cruda llega por fibra óptica al módulo de reconstrucción el cual es el servidor que se encarga de realizar los cálculos de la data cruda para reconstruir la imagen. La data reconstruida es

separada y almacenada en un arreglo de discos que se encuentran en una configuración de seguridad de raid 5. Por último, la consola muestra las imágenes clínicas al usuario a través de una pantalla ubicada en la sala de control. En la consola se encuentra instalado el sistema operativo que es Windows 10 y la aplicación tomográfica.

El módulo de reconstrucción y el arreglo de discos poseen cada uno puertos seriales donde es posible conectarse para poder visualizar su arranque. Por otro lado, las 3 unidades principales que conforman la Combox se comunican entre ellos por un switch. Cada servidor tiene asignado una IP estática interna. Siendo posible acceder a los hosts de cada servidor apuntando a sus respectiva IPs utilizando un navegador como el Internet Explorer de Windows.



Figura 5. Unidad de reconstrucción Combox. Fuente: propia

3.6. Diseño

3.6.1. *Funcionalidad*

Como punto de diseño estableceremos las funciones que tendrá nuestro sistema de mantenimiento remoto.

3.6.1.1. *Acceso remoto a la consola*

El sistema de mantenimiento remoto realizara dos servicios en la consola que son fundamentales para poder realizar el mantenimiento remoto. Para el diseño debemos tener en cuenta primeramente que la consola del tomógrafo posee muchas restricciones de seguridad como puertos bloqueados, servicios desactivados, distintos roles de usuario de Windows y unidades de discos ocultas. Esto se debe a que el tomógrafo posee una arquitectura delicada necesaria para sincronizar el trabajo de todos sus componentes y evitar algún tipo de ataque informático. Esto último tiene alta relevancia debido a que el tomógrafo genera las imágenes de valor clínico generando radiación ionizante. Por esto se imperante parametrizar correctamente la conexión remota y utilizar aplicaciones que no requieran tantos permisos para su funcionamiento.

3.6.1.1.1. *Control y monitoreo*

El control remoto establece una conexión entre el sistema de mantenimiento remoto y la consola del tomógrafo en tiempo real para monitorearlo y operarlo. Con este acceso el operador remoto puede ejecutar procedimientos provechosos para el diagnóstico técnico como son la realización del test de hardware, chequeo de discos de sistema y detección de fallos. Por otro lado, con el apoyo de un operador en el área tomográfica. El operador remoto puede realizar los principales procedimientos correctivos que son el ajuste de corrientes, el acondicionamiento del tubo de rayos, las calibraciones y pruebas de calidad. Esta dependencia se debe a que el control remoto no permite realizar disparos de rayos x a distancia y los procedimientos mencionados

anteriormente requieren esta acción. Aun incluso si el control remoto lo permitiese no es recomendable realizarlo por una cuestión de seguridad radiológica.

3.6.1.1.2. ***Transferencia y exploración de archivos***

Las funciones de transferencia y exploración de archivos en la consola son necesarias para poder principalmente modificar archivos que contienen parámetros de configuración del tomógrafo y extraer log de errores. La consola tiene bloqueado la visualización de la barra de tareas y ejecuta en primer plano la aplicación tomográfica que no permite acceder directamente a funciones de Windows a través de comandos de teclas. Por ello para la exploración de archivos es necesario realizar un conjunto de pasos que nos permitan abrir el símbolo de sistema de Windows y desde allí ejecutar comandos para acceder a los directorios de carpetas. Para la extracción de archivos es necesario abrir el gabinete de la unidad de reconstrucción e inserta una unidad USB en la consola para recolectar los logs de errores. Por ello se busca agilizar estas funciones utilizando el protocolo de transferencia de archivos FTP. El protocolo nos permite transferir archivos de manera segura y eficiente. Para ello se necesario instalar en las características del Windows del tomógrafo el protocolo FTP, habilitar los puertos de uso y configurar las credenciales de acceso remoto.

3.6.1.2. ***Acceso remoto al módulo de reconstrucción***

Existe dos formas de acceder al módulo de reconstrucción. Una es conectándose por sus respectivos terminales seriales y otra es accediendo al host por su puerto de red

3.6.1.2.1. **Revisión de arranque y configuración de discos**

Mediante el uso de un emulador de terminal podemos conectarnos mediante un cable serial a la consola del módulo reconstrucción y al arreglo de discos del tomógrafo. En el módulo de reconstrucción podemos visualizar el arranque del módulo y en el arreglo de discos podemos acceder a un menú estático lanzado por un archivo batch que brinda opciones para revisión, restauración, reemplazo y configuración de los discos de data.

3.6.1.2.2. **Configuración del host**

Se accede al host de cualquier servidor conectándose por un cable de red al switch de la unidad de reconstrucción. Este switch intercomunica principalmente al servidor de reconstrucción, la consola y al arreglo de discos. El host nos brindara información del estado actual de los componentes físicos del servidor como los discos, las tarjetas ram, el procesador, las tarjetas de video, los coolers, los puertos de salida y entrada. En el caso de los módulos de discos nos permite ver principalmente el funcionamiento de cada disco y la configuración del raid.

3.6.1.3. **Monitoreo del gantry y couch**

El monitoreo del gantry y couch nos permite revisar el funcionamiento de los movimientos mecánicos del tomógrafo. Así mismo permite modificar configuraciones de los parámetros de la mesa y realizar un test importante en el gantry llamado prueba de velocidad de giro de la zona rotatoria. Estas funciones se canalizan conectando el pc de servicio a la tarjeta de control ubicada en la parte posterior del gantry. La conexión utilizada es serial de protocolo RS-232 y va desde la sala de exámenes hasta la sala de control donde se encuentra ubicada el pc de servicio.

3.6.1.4. ***Monitoreo de temperatura y humedad***

En la sala de control se encuentra ubicado un dispositivo que censa la temperatura y humedad del ambiente tomográfico. Este dispositivo es un registrador de la marca Elitech modelo GSP-6. Se conecta al pc de servicio por un cable USB A – USB mini B. Se pueden programar alertas cuando los parámetros marcan fuera de un rango límite.

3.6.1.5. ***Interconexión con otros periféricos del tomógrafo***

En la sala de control se encuentran instalados 2 periféricos que no forman estrictamente parte del tomógrafo. Se considera estos equipos como adicionales. Uno es la estación de post procesamiento de imágenes y el otro es la impresora de placas tomográficas. Estos periféricos se comunican con el tomógrafo a través de un switch externo ubicado en la sala de control. El tomógrafo, los periféricos y el pc de servicio forman entre ellos una red local. Conectándonos a la red local podemos acceder al host de la impresora para principalmente ajustar parámetros de impresión y visualizar su funcionamiento. Además, utilizando remote desktop de Windows podemos acceder a la estación de post procesamiento para darle soporte.

3.6.2. ***Sistema de mantenimiento remoto***

El sistema se le ha llamado CYMREM por la unión de palabras Cymed Remoto. Está formado por un pc de servicio instalada en la sala de control que se conecta con el gantry, el módulo de reconstrucción, la consola, el arreglo de discos, el sensor de temperatura y humedad, al switch local y al router de internet.

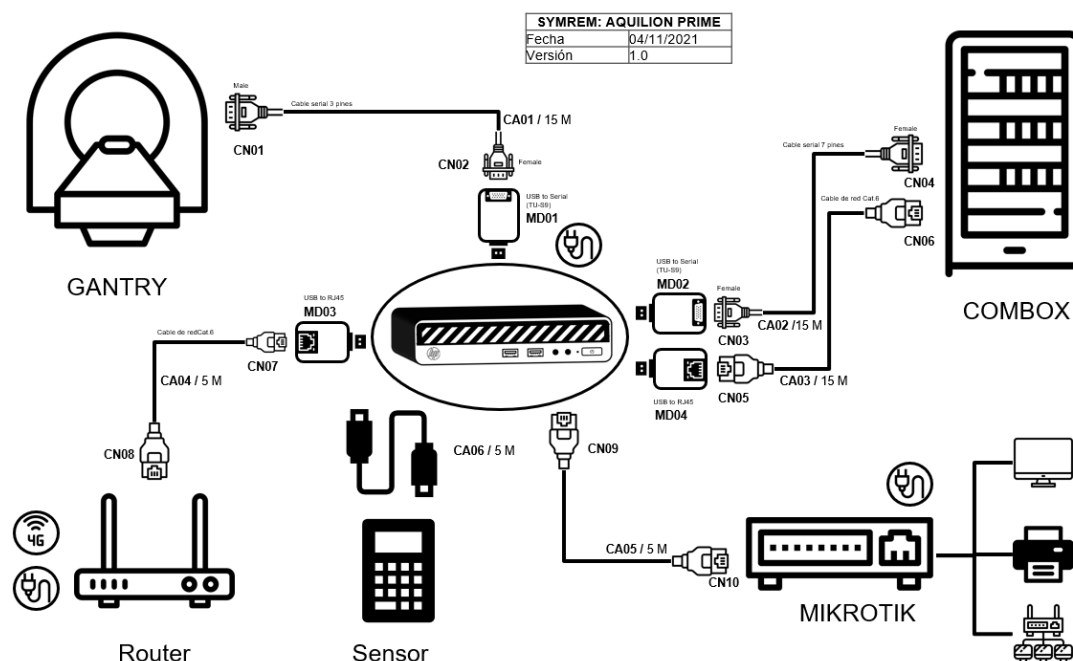


Figura 6. Esquema del sistema CYMREM. Fuente: propia

3.6.2.1. **PC de servicio**

Es el componente principal de nuestro sistema de monitoreo. Es una PC de marca HP modelo ProDesk 400 G4 Desktop mini. Es una pc ligera y compacta lo que es ideal para instalarlo dentro de la sala de control sin alterar el flujo de trabajo del servicio. Aquí convergen todas las conexiones de los diferentes componentes del tomógrafo y los periféricos que vamos a monitorear y controlar remotamente. Para su funcionamiento el pc de servicio tiene instalado un conjunto de aplicaciones libres y un programa de servicio propiedad de la marca Canon. Para la comunicación con los diferentes componentes del tomógrafo se instala un conjunto de características y servicios de Windows. Por seguridad del sistema se configura el pc de servicio con puertos de salida y entrada específicos, se establecen credenciales de acceso y factores de autenticación.

3.6.2.1.1. **Características**

3.6.2.1.1.1. **Hardware**

El pc de servicio cuenta con un procesador Intel core i7-8700T de 2,4Ghz y dos memorias ram DDR3 de 8GB cada una. Para el almacenamiento tiene una unidad de 256 GB SSD SATA que es suficiente para la aplicación. Aunque es posible duplicar su capacidad de almacenamiento ya que cuenta con una ranura extra para una SSD. Esto sería útil si es que se buscara extraer y almacenar los logs de errores periódicamente generados por el tomógrafo los cuales ocupan entre 0,5 a 2 GB de espacio por paquete generado. Para las diferentes conexiones tiene 2 entradas USB 3.1 en la parte de adelante; 2 entradas USB 3.1, 2 entradas USB y un puerto RJ45 en la parte de posterior. Los diferentes puertos de la PC serán usados con unos conversores USB a RJ45 o USB a DB9 para la comunicación con el tomógrafo.

La PC se alimenta por un cargador de 220V a 65W de bajo consumo con eficiencia de hasta 89%. Las condiciones de trabajo están en el rango de 10 a 35°C con una humedad relativa de 10 a 90%. Nuestro ordenador asegura su correcto funcionamiento de forma ininterrumpida ya que se encuentra instalada en la sala de control el cual cuenta con un sistema de respaldo de energía, aire acondicionado y humidificadores.

3.6.2.1.1.2. **Software**

El sistema operativo instalado es el Windows 10 Professional de 64 bits en idioma nativo Ingles. La Pc trabaja con una aplicación de diagnóstico que es compatible solo con este Windows. Debe tener instalado el NetFramework 3.0, IIS, Telnet Client y FTP Client que son características de Windows. Es recomendable tener actualizado el Windows a la versión 22H2

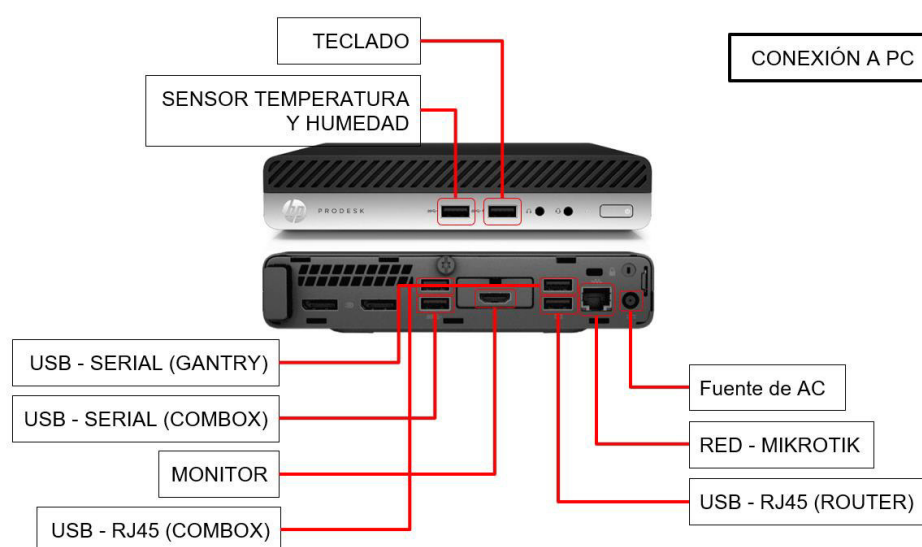


Figura 7. Esquema de conexiones de pc de servicio. Fuente: propia

3.6.2.2. **Conexiones**

El Pc de servicio se enlaza con el tomógrafo utilizando diferentes conectores, cables y adaptadores. Se establecen en total 4 enlaces desde la Pc; uno al gantry, dos hacia la unidad de reconstrucción y una al switch local . El cableado físico se tiende debajo de las canaletas que son utilizan para interconectar las diferentes partes del tomógrafo. Estas canaletas interconectan la sala de exámenes y control.

*Tabla 1. Listado de conectores, adaptadores y cables para el sistema CYMREM.
Fuente: propia*

Item	Código	Categoría	Descripción	Enlace
1	CN01	Conector	DB9 (R232) – MALE	Gantry
2	CN02	Conector	DB9 (R232) – FEMALE	Gantry
3	CN03	Conector	DB9 (R232) – FEMALE	Combox
4	CN04	Conector	DB9 (R232) – FEMALE	Combox
5	CN05	Conector	RJ45 (ETHERNET)	Combox
6	CN06	Conector	RJ45 (ETHERNET)	Combox
7	CN07	Conector	RJ45 (ETHERNET)	Router
8	CN08	Conector	RJ45 (ETHERNET)	Router
9	CN09	Conector	RJ45 (ETHERNET)	Mitrotik
10	CN10	Conector	RJ45	Mitrotik
11	CA01	CABLE	Multifilar 3 Hilos - 15 metros	Gantry
12	CA02	CABLE	Multifilar 7 Hilos - 15 metros	Combox
13	CA03	CABLE	Red Categoría 6e - 15 metros	Combox
14	CA04	CABLE	Red Categoría 6e - 5 metros	Router
15	CA05	CABLE	Red Categoría 6e - 5 metros	Mitrotik
16	CA06	CABLE	USB A to USB mini B	Sensor
17	MD01	Módulo	USB 3.0 to Serial R232	Gantry
18	MD02	Módulo	USB 3.0 to Serial R232	Combox
19	MD03	Módulo	USB 3.0 to RJ45	Combox
20	MD04	Módulo	USB 3.0 to RJ45	Router

3.6.2.2.1. **Conexión al Gantry**

Un cable serial RS232 de 3 hilos de 15 metros interconecta el pc de servicio con la tarjeta GMS del Gantry. La entrada a la tarjeta es un conector d-sub DB9 macho mientras que la entrada a la consola se da por un adaptador usb 3.0 a RS232 con conector d-sub DB9 hembra. El cable tiene una configuración de modem nulo en donde los pines Rx y Tx se encuentran cruzados.

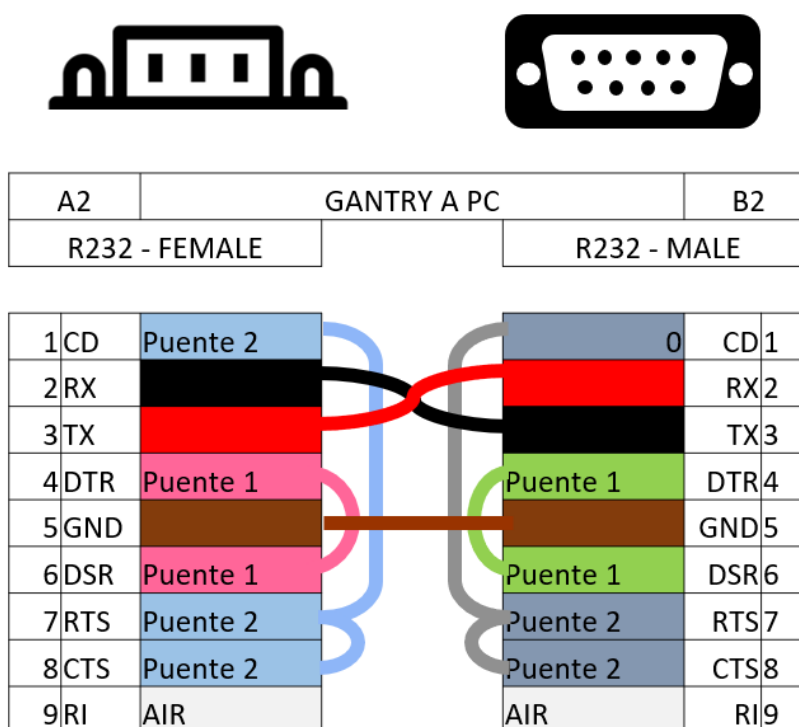


Figura 8. Esquema del conector serial del gantry. Fuente: propia

La GMS se encuentra ubicada en la parte posterior e inferior-derecha del gantry. Para acceder a ella se retira una tapa vertical y se conecta el cable serial a un puerto de la tarjeta llamado CN404. Esta nomenclatura esta impresa en la placa. Por último, el cableado se tiende con el racimo de cables de datos que van desde el gantry hacia la sala de control.

3.6.2.2.2. **Conexión a la unidad de reconstrucción**

Se realizan dos conexiones hacia la unidad de reconstrucción. La primera conexión es un cable serial R232 con conectores DB9 hembras en ambos extremos. La configuración de este cable de 7 hilos es especial. Se conecta al pc de servicio a través de un conversor usb a R232 y se conecta al módulo de reconstrucción a través de su terminal R232 ubicado en la parte posterior.

La segunda conexión es un cable de ethernet con conectores RJ45 de configuración directa. Se conecta a la PC de servicio utilizando un adaptador USB a RJ45 y se conecta al puerto del switch de la unidad de reconstrucción.

Este switch es el encargado de intercomunicar al módulo de reconstrucción, a la consola y al arreglo de discos

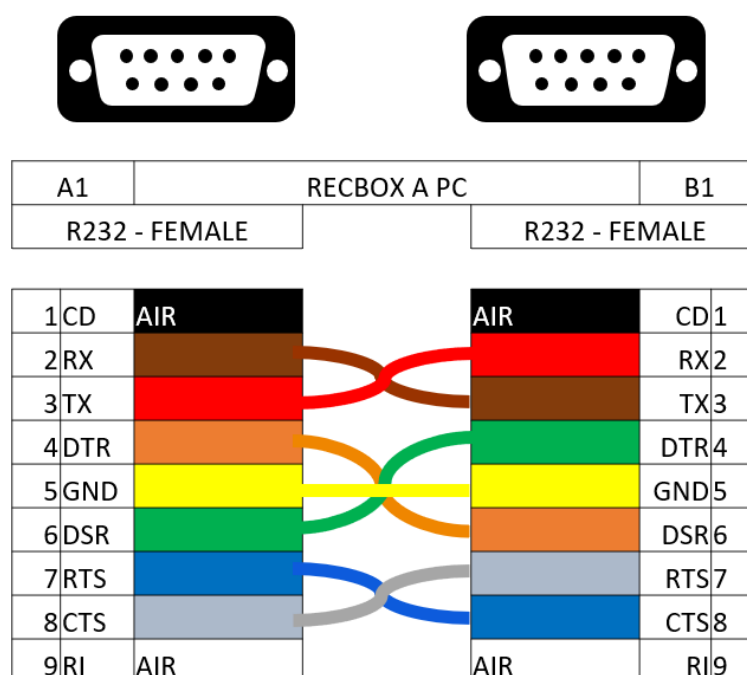


Figura 9. Esquema del conector serial del módulo de reconstrucción. Fuente: propia

La conexión serial permite visualizar la inicialización del módulo de reconstrucción. La conexión ethernet permite ingresar por medio del navegador a los hosts del módulo de reconstrucción, la consola, el arreglo de disco y el switch de interconexión por medio de las IPs designadas a cada componente de la red interna de la unidad de reconstrucción. Principalmente con esta herramienta podemos ver el dashboard de cada servidor, monitorear sus sensores internos y revisar los logs de errores.

3.6.2.2.3. **Conexión al switch de red local**

Se conecta el pc de servicio por su puerto de red al switch que se encuentra ubicado en la sala de control del tomógrafo. Este switch interconecta periféricos como la estación de post – procesamiento y la impresora de placas. Así nuestra Pc de servicio puede comunicarse con la estación de post- procesamiento para realizar acciones de manera remota e ingresas al utilitario de la impresora para revisar errores o realizar cambio en las configuraciones.

Por otro lado, el switch nos sirve para administrar la red local de tomografía, más aún cuando esta se conecta con la red del hospital. Este dispositivo no es parte de los componentes originales del tomógrafo, pero se añade para poder principalmente controlar la duplicidad de IPs de la red local del tomógrafo y protegerla de ataques cibernéticos utilizando la configuración de firewall. El switch posee una lista de IPs asignadas permitidas para la comunicación dentro de la red local. El Pc de servicio puede acceder al host del switch y administrar estas IPs

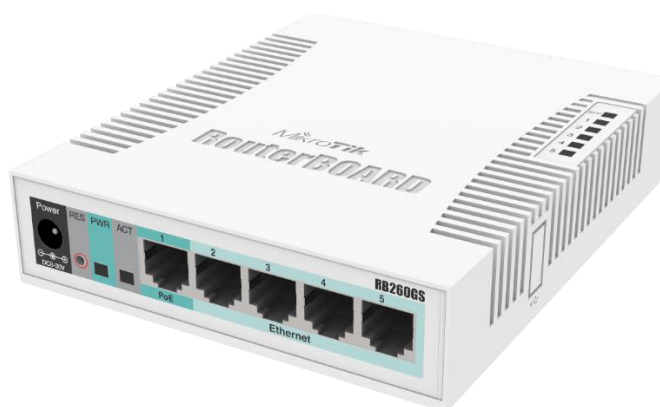


Figura 10. Mikrotik switch modelo RB260GS. Fuente: Mikrotik web

3.6.2.2.4. **Conexión a Internet**

Esta conexión se realiza por cable ethernet y utilizando un adaptador de usb 3.0 a RJ45 para el pc de servicio. El router de internet se encuentra instalado en la sala de control. Posee instalado una tarjeta micro SIM el cual le da acceso a internet a el Pc de servicio.



Figura 11. Router TP-Link modelo TL-MR6400. Fuente: tp-link web

3.7. Implementación del pc de servicio y conexiones

La implementación se inicia en las oficinas de ingeniería donde se configura el pc de servicio y se instala las aplicaciones para su funcionamiento. Además, se preparan los cables necesarios para las conexiones físicas. Luego todos los componentes son enviados y montados en el ambiente tomográfico para finalmente ingresar vía remota a el pc servicio y hacer las pruebas operativas.



Figura 12. Instalación del sistema CYMREM. Fuente: propia

3.7.1. Preinstalación y configuración del pc de servicio

El pc de servicio es adquirido con Windows 10 de software base. Es necesario primeramente actualizarlo a su versión más reciente que es la 22H2. Luego como parte de una pre instalación se procede a configurar la bios para establecer el encendido automático, se edita las opciones de ahorro de energía, se configura la tarjeta de red y se instala todos los drivers para el uso de los conversores. Una vez terminado esto se procede a instalar todas las aplicaciones que utilizamos para realizar las diferentes funciones que brinda el sistema de mantenimiento remoto.

3.7.1.1. Encendido automático

Se accede a la bios del pc de servicio para configurar el encendido automático y programado. Este último se establece a todos los días a una hora determinada. Con esto aseguramos que el pc de servicio se encienda automáticamente cuando ocurre una pérdida de energía eléctrica

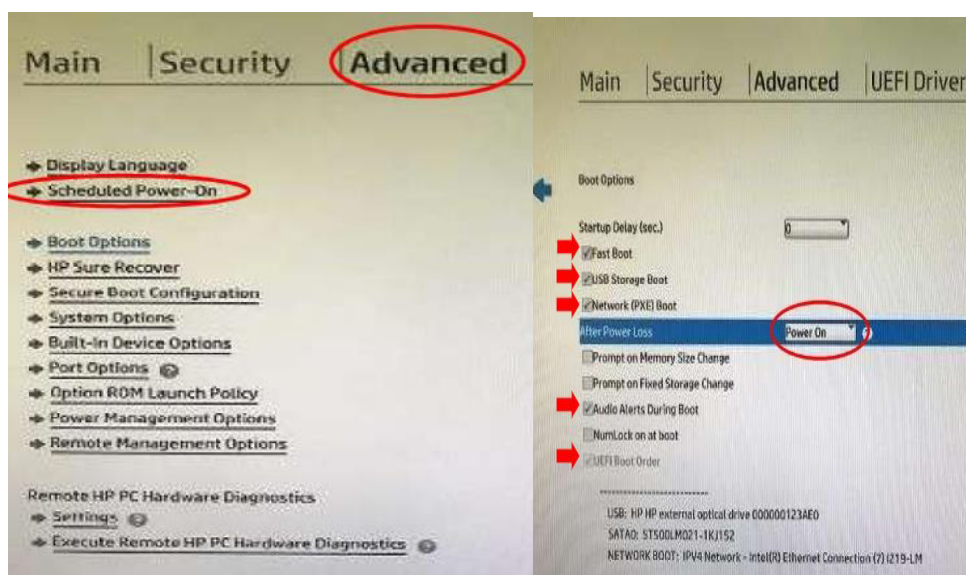


Figura 13. Configuración encendido automático. Fuente: Bios HP

3.7.1.2. Configuración del plan de energía y tarjeta de red

Se ingresa a las opciones de plan de energía y se establece la opción de alto desempeño. Esto es para poder obtener el máximo rendimiento del pc de servicio y que no entre en modo ahorro de energía suspendiendo la sección de usuario cuando esta no se encuentra en uso.

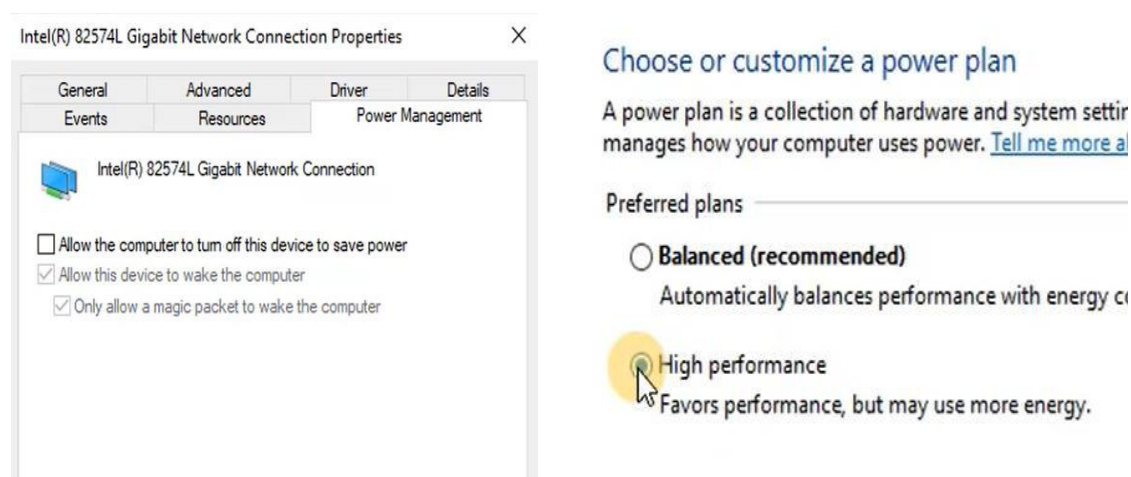


Figura 14. Configuración de la tarjeta de red y plan de energía. Fuente: Propio

Para la configuración de la tarjeta de red ingresamos a administrador de dispositivos del Windows. Le asignamos una IPv4 estática que este dentro de la subred que contiene a las IPs del tomógrafo. El DNS lo dejamos en automático para que el router de internet nos lo asigne. Por último, en las opciones de manejo de energía de la tarjeta de red desactivamos la opción que habilita al computador apagar esta tarjeta para ahorrar energía.

3.7.1.3. **Conexión remota al pc de servicio**

Se instala en el pc de servicio el software de escritorio remoto Anydesk. Este es utilizado para acceder remotamente desde cualquier consola a la PC de servicio a través de internet. Es necesario crear una contraseña de acceso, dar los permisos de la tención de acceso desatendido, desactivar la desconexión automática y tener habilitado la transferencia de archivos.

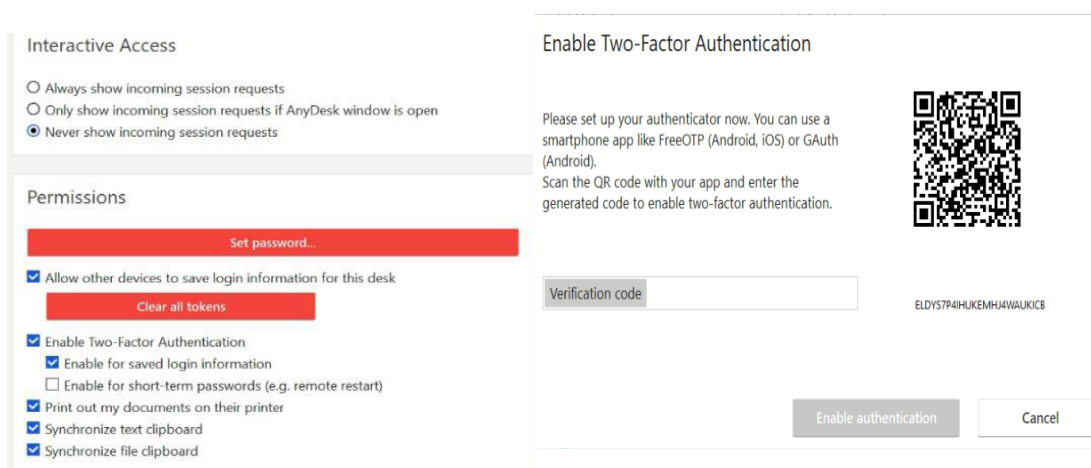


Figura 15. configuración de credenciales y acceso remoto de Anydesk. Fuente: Anydesk

Como medida de seguridad se configura un segundo factor de autenticación. Con la aplicación Authenticator para móvil se escanea un código QR que genera el Anydesk instalado en el pc de servicio. Una vez sincronizado el Authenticator genera un código de acceso que cambia cada 30 segundos. De esta forma para poder conectarnos remotamente a el pc de servicio es necesario ingresar la contraseña establecida y el código de verificación.

3.7.2. ***Instalación de aplicaciones***

Para cada función que realiza el sistema de monitoreo remoto es necesario instalar aplicaciones en el pc de servicio y en la consola del tomógrafo. Además, es fundamental realizar distintas configuraciones y brindar permisos al tomógrafo para poder establecer las diferentes conexiones. La consola del tomógrafo es donde principalmente se establece las 2 mas importantes funciones que son el monitoreo remoto y la transferencia de archivos.

3.7.2.1. ***Sistema de monitoreo y control remoto de la consola***

Es el servicio más provechoso que provee el sistema CYMREM. En comparación con INNERVISION este no provee mencionada funcion, sino más bien se enfoca en la generación y envío de alertas. Para el diseño del monitoreo remoto se contempla principalmente el acceso remoto no supervisado y ejecutado en un segundo plano. Esto quiere decir que podemos monitorear el trabajo del operador en tiempo real sin generar una alerta en la consola o interrumpir su trabajo. Además, es necesario comprender correctamente la arquitectura del software del tomógrafo para implementar el monitoreo remoto. Para la aplicación utilizaremos la herramienta de acceso remoto UltraVNC en su versión 1.3.2 de 64 bits. El programa nos muestra la pantalla de la consola del tomógrafo en la Pc de servicio y nos permitirá utilizar el teclado y mouse para controlarla. Para ello debemos hacer la instalación de la aplicación en modo server en el tomógrafo y el modo viewer en la Pc de servicio. Se opta el uso de UltraVNC como herramienta para el acceso remoto y no de aplicaciones más comerciales como Anydesk o Teamviewer porque estas se encuentran orientadas a la conexión remota por internet y no a la conexión local. Para establecer la conexión con estas aplicaciones es necesario habilitar más permisos en el tomógrafo para que este se ha compatible lo que no es recomendable debido a su rígida arquitectura. Además, estas generan una alerta de ingreso de control remoto que alerta al operador la acción de monitoreo.

3.7.2.1.1. Implementación en el tomógrafo

En la consola del tomógrafo se instala la aplicación UltraVNC en modo server. Para ello utilizamos un driver usb con el software el cual se conecta aun puerto de la consola ubicada dentro del gabinete de la unidad de reconstrucción. Se ingresa al explorador de archivos del tomógrafo y se copia el instalador en una dirección que no esté protegida y que permita acciones de escritura y lectura en las carpetas. Esta es una carpeta del usuario de aplicación del tomógrafo llamado KINGBIRD cuya ruta es c://user/kingbird/documents. Una vez copiado es necesario cambiar al usuario de servicio de Windows llamado CT_INSTALL quien posee los permisos de administrador necesarios para realizar cambios e instalar aplicaciones. Para realizar la instalación es necesario detener la aplicación tomográfica que se ejecuta en primer plano. De no realizar este paso se corre el riesgo de corromper la aplicación del tomógrafo.

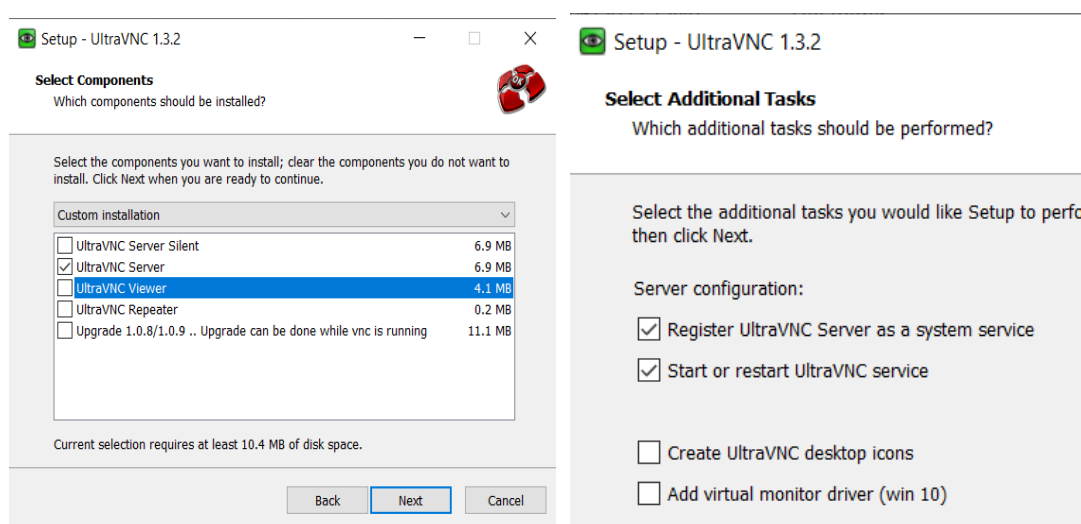


Figura 16. Instalación de aplicación UltraVNC. Fuente: Ultravnc

Una vez en el Windows de la consola inicializaremos el ejecutable de UltraVNC. En la configuración de los componentes es importante selección la instalación personalizada de UltraVNC como Viewer y en las tareas adicionales debe estar marcado la opción de registrar al UltraVNC Server como un servicio del sistema. Esto es indispensable porque al registrar el servicio la aplicación inicializara de forma automática cada vez que la consola se ha encendida.

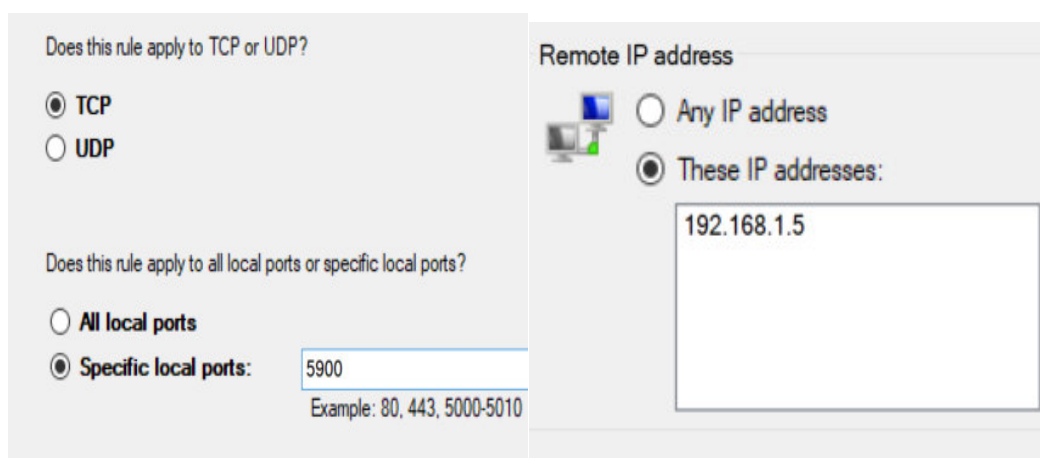


Figura 17. Configuración de puertos TCP e IPs de acceso. Fuente: Windows

Una vez terminado de instalar la aplicación debemos habilitar el puerto TCP 5900 que usa el servidor como protocolo de control de transmisión. Esto se crea como una regla de entrada en el firewall. Además, como medida de seguridad debemos en las propiedades de la regla creada agregar el uso exclusivo de la IP del pc de servicio como único punto de acceso remoto.

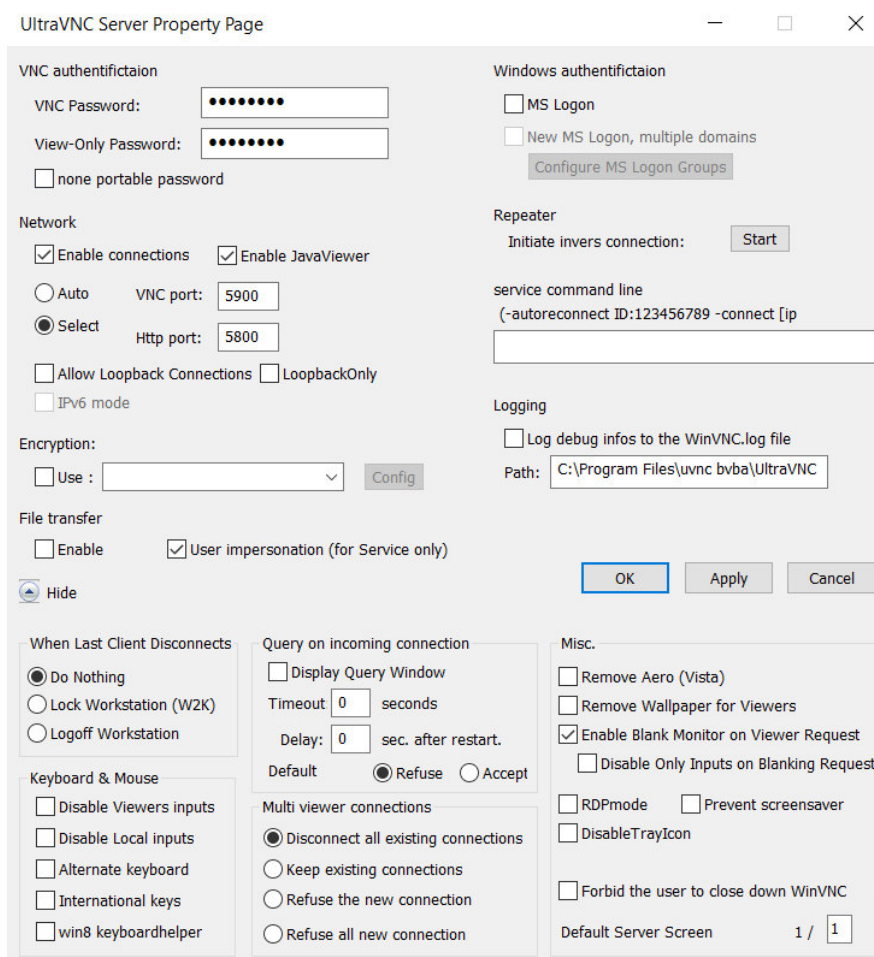


Figura 18. Configuración de aplicación UltraVNC. Fuente: UltraVNC

La aplicación se ejecutará automáticamente en segundo plano una vez terminada su instalación. En la barra de tareas abriremos las propiedades de administración del UltraVNC. Allí crearemos las credenciales para el acceso remoto, estableceremos el puerto de conexión TCP 5900, deshabilitaremos las conexiones lookback y ocultaremos las alertas de acceso remoto en el servidor.

3.7.2.1.2. Implementación en el Pc de servicio

En la consola se instalará la aplicación UltraVNC en modo viewer. Es necesario habilitar el puerto TCP 5900 y TCP 5500. Este último puerto es necesario para realizar la función de listening mode que nos permite visualizar la pantalla de la consola del tomógrafo.

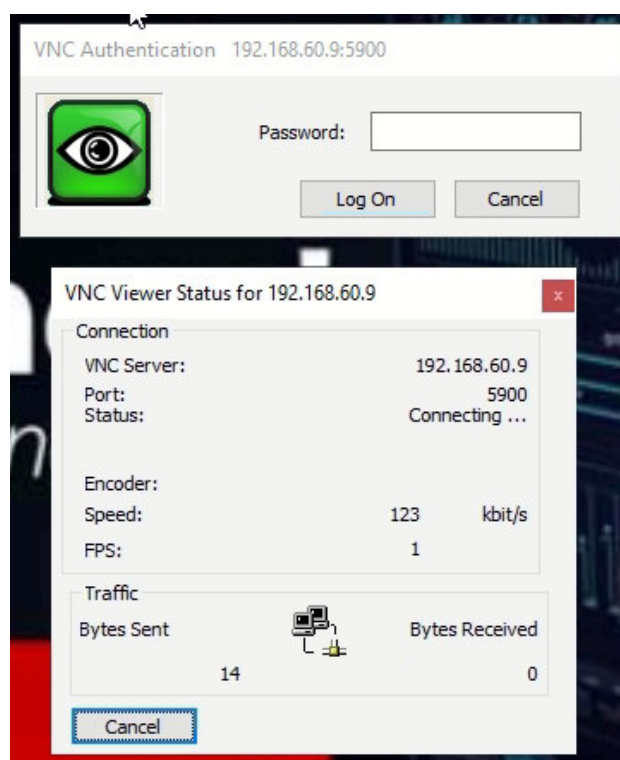


Figura 19. UltraVNC en el pc de servicio. Fuente: UltraVNC

3.7.2.1.3. **Conexión Física**

La conexión física se da a través del puerto de la unidad de reconstrucción llamado REC HUB PORT que es un puerto de entrada RJ45

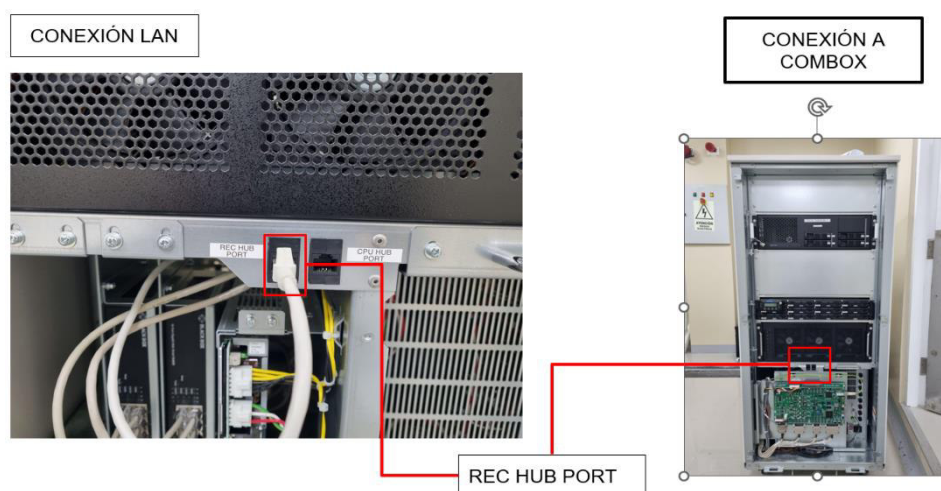


Figura 20. Conexión física a la unidad de reconstrucción. Fuente: propia

3.7.2.1.4. *Pruebas de operatividad*

El enlace lo establece el pc de servicio. Para direccionar se ingresa la Ipv4 de la consola del tomógrafo y se ingresa las credenciales de acceso. Automáticamente visualizaremos la pantalla de la consola del tomógrafo y podremos controlar remotamente.

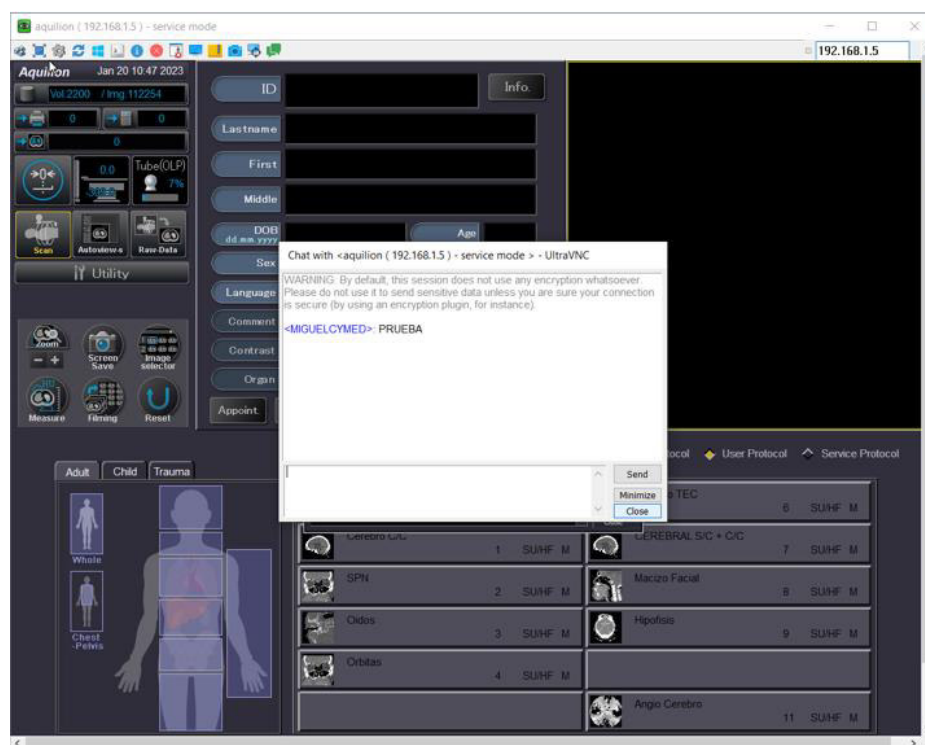


Figura 21. Control remoto en el tomógrafo por UltraVNC. Fuente: UltraVNC

Con el control remoto podemos realizar todos los procedimientos de aplicaciones clínicas y acceder a funciones de ingeniería para el diagnóstico. Dentro de las funciones más útiles tenemos la creación y modificación de protocolos de estudios, esto es para corregir parámetros de adquisición. Calibraciones de detector y revisión de sinograma, esto ayuda a corregir arcos o artefactos de las imágenes clínicas. Test de transmisión de fibra y hardware que son herramientas utilizadas para el diagnóstico de la unidad de reconstrucción. Ajuste de corrientes y revisión del contador de disparo, esto principalmente son medidas preventivas que permiten preservar el óptimo funcionamiento del tomógrafo y llevar un registro del desgaste natural del tubo de rayos x.

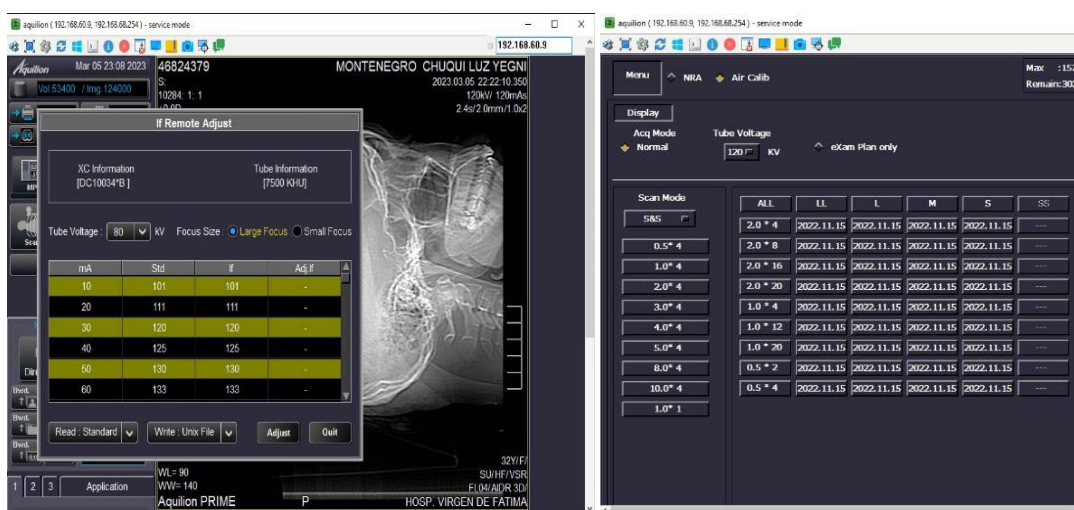


Figura 22. Calibración y ajuste de corrientes remota. Fuente: UltraVNC

El control remoto no inhabilita las acciones del operador en la consola. Por lo que permite realizar un monitoreo en segundo plano. Como funciones adicionales podemos establecer un cuadro de comunicación con el operador del tomógrafo que se visible en la consola, explorar los archivos del Windows y tomar captura de pantallas.

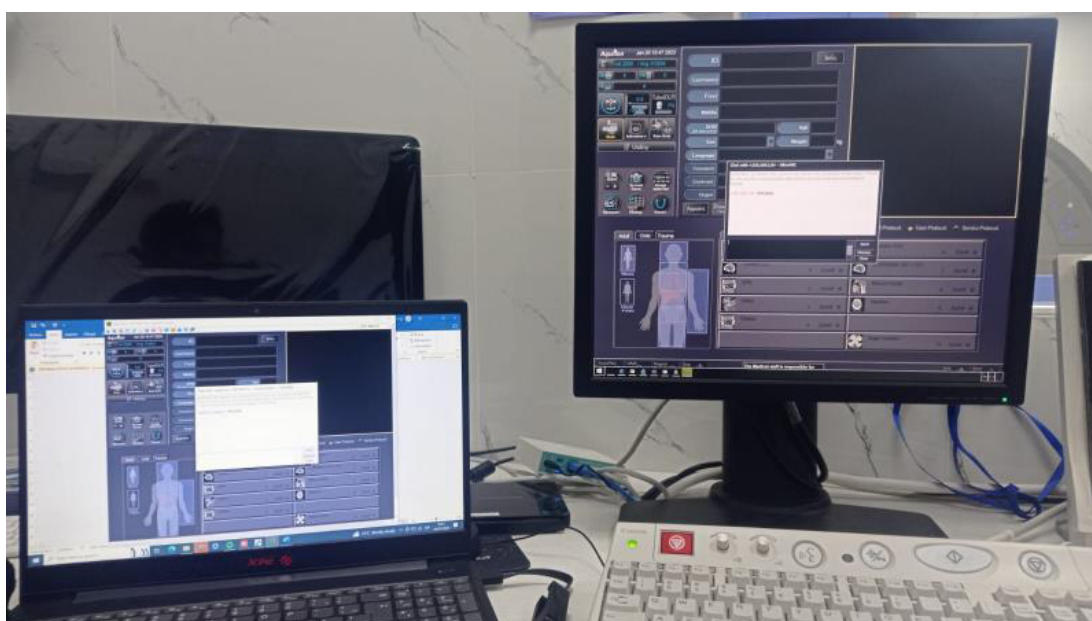


Figura 23. Acceso remoto al pc de servicio. Fuente: propia

3.7.2.2. **Sistema de transferencia y exploración archivos**

Para esta función utilizaremos el protocolo FTP y la aplicación AceFPT. La conexión física es la misma utilizada para la función del control remoto a través del puerto REC HUB PORT de la unidad de reconstrucción.

3.7.2.2.1. **Implementación en el tomógrafo y consola**

Para habilitar el protocolo FTP es necesario agregar las características de FTP Server que se encuentran dentro IIS en la consola del tomógrafo. Para este paso es necesario detener la aplicación tomográfica. Luego crearemos una regla de entrada en firewall para habilitar los puertos TCP 20 y 21 que son estándares para la autenticación y transferencia de archivos del protocolo FTP. Seguidamente crearemos una regla de entrada para habilitar el protocolo de mensajes de internet (ICMP) en su versión IPv4, esto es necesario para el diagnóstico y control del enlace FTP realizando su función nivel de capa de red. Por último, en las propiedades de ambas reglas creadas se añade la IP del pc de servicio como exclusiva para establecer el enlace remoto.

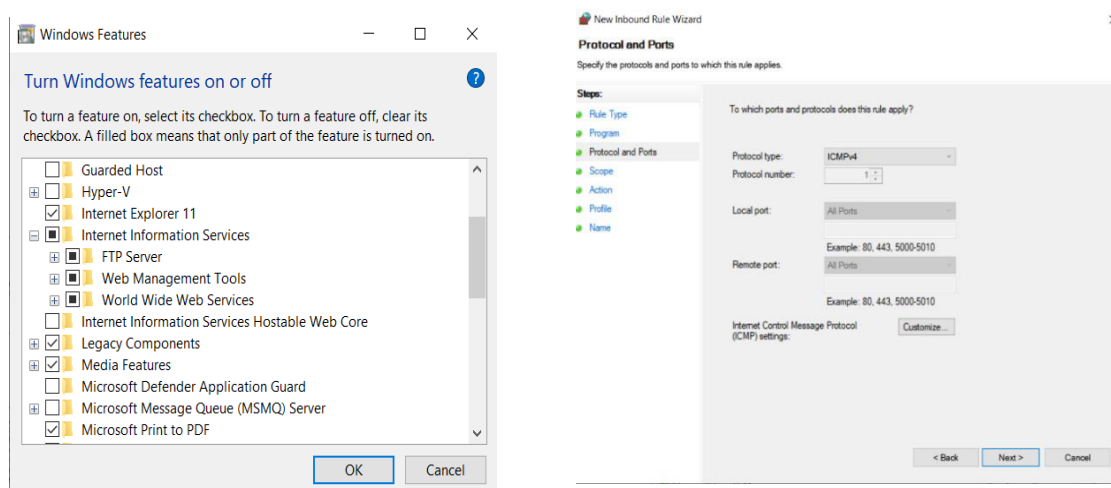


Figura 24. Instalación de características de FPT. Fuente: Windows 10

En la pc de servicio se configura y habilita lo mismo que en la consola del tomografo. Aquí nosotros instalaremos la aplicación AceFTP v1. La instalacion no requiere alguna configuracion especial para su funcionamiento. La aplicación es de uso libre y la utilizaremos como interfaces para la exploracion y transferencia de archivos

3.7.2.2.2. **Pruebas de transferencia y exploración**

Para la prueba se ejecuta la aplicación AceFTP en el pc de servicio. Nos va a pedir la IP y las credenciales del usuario del tomógrafo. Se usa las credenciales del usuario KINGBIRD que es el usuario de aplicación de la consola del tomógrafo.

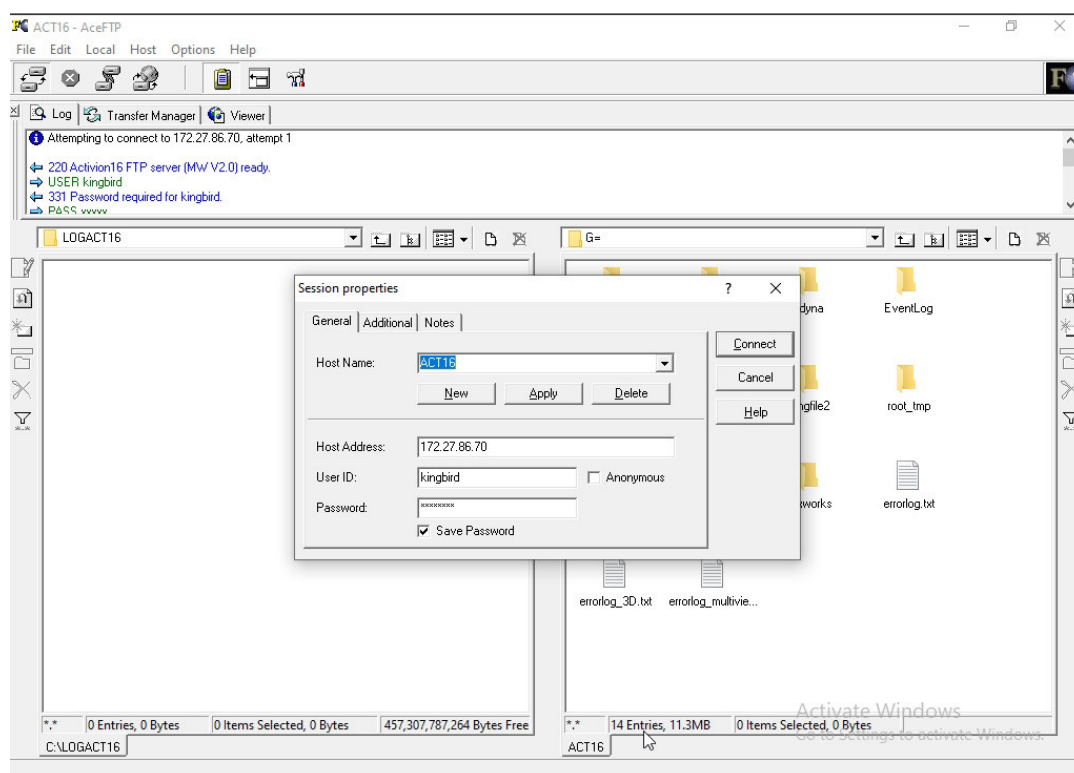


Figura 25. Exploración de archivos por FTP. Fuente: AceFTP

El uso de la interfaz de la aplicación es intuitivo. Al lado izquierdo se encuentra el explorador del pc de servicio y al lado derecho el de la consola del tomógrafo. Se utilizan las flechas ubicadas en el medio de los dos exploradores para recibir

o enviar archivos. Esta acción no interrumpe el uso del tomógrafo ni genera alertas al operador ya que se ejecuta en un segundo plano. Además en la parte derecha se encuentra una opción que nos permite abrir los archivos del tomógrafo y modificarlos. Esto es provechoso cuando se realizan procedimientos correctivos.

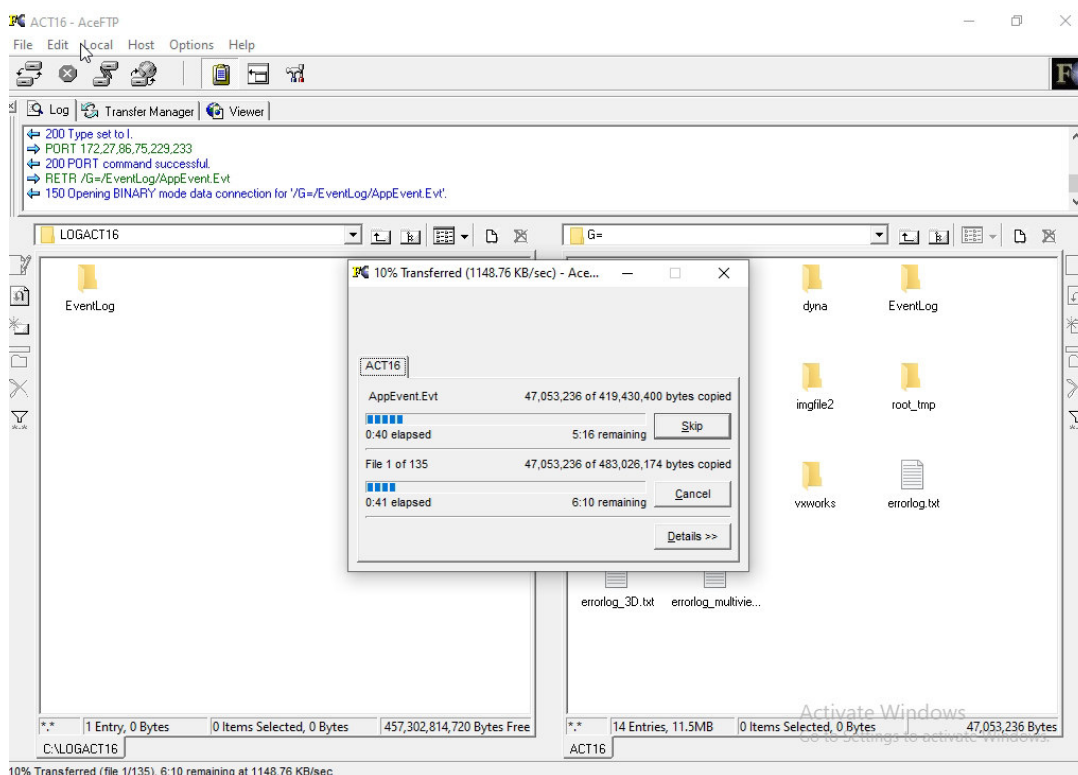


Figura 26. Transferencia de archivos por FTP. Fuente: AceFTP

3.7.2.3. Acceso al host de los servidores

El acceso a cada host de los servidores se realiza desde el pc de servicio utilizando el Internet Explorer apuntando a la IP del respectivo servidor. La conexión física es a través del puerto REC HUB PORT de la unidad de reconstrucción. Las IPs principales para el modelo PRIME SP son la 192.168.1.100 asignada al módulo de reconstrucción y la 192.168.1.200 asignada a la consola. Otros modelos pueden tener instalado servidores adicionales como una segunda consola o una unidad de reconstrucción en tiempo real a los cuales podemos acceder de la misma forma. Para poder ingresar necesitamos ingresar distintas credenciales dados por la marca

Canon. En la plataforma de cada host principalmente podemos monitorear los componentes físicos de los mismo.

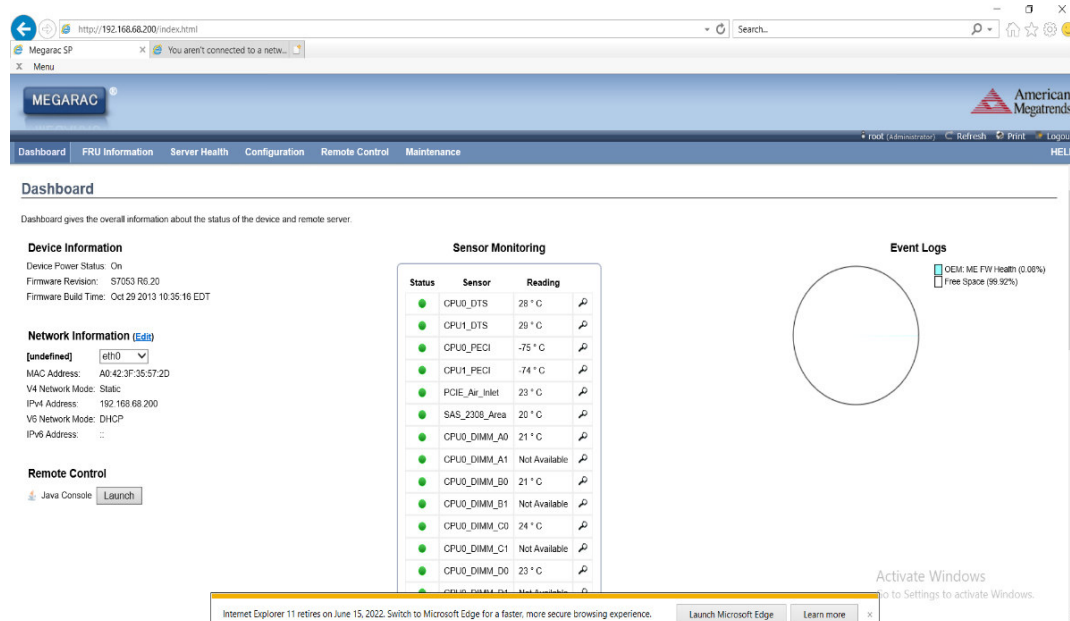


Figura 27. Panel de control del módulo de reconstrucción. Fuente: Propia

El monitoreo consta de un tablero donde se visualiza las mediciones de todos los sensores de temperatura de cada servidor y el rendimiento de cada ventilador. En la opción de revisión podemos visualizar el estado de los principales componentes del servidor que son las tarjetas ram, los procesadores, la tarjeta grafica y los puertos de interface. En la opción de redes se corrobora la correcta configuración de las conexiones entre los servidores.

3.7.2.4. Acceso al utilitario del arreglo de discos

El utilitario del arreglo de discos de data es un menú de funciones que nos permite configurar, recuperar y adicionar discos de memorias. Además de administrar su RAID y detectar los fallos mecánicos. La aplicación usada por el pc de servicio para acceder al utilitario es el Teraterm que es un emulador de terminal.

3.7.2.4.1. **Conexión Física**

Conexión se realiza por la parte trasera del arreglo de discos a través de su puerto serial. Se utiliza el cable serial especial detallado por fabrica.

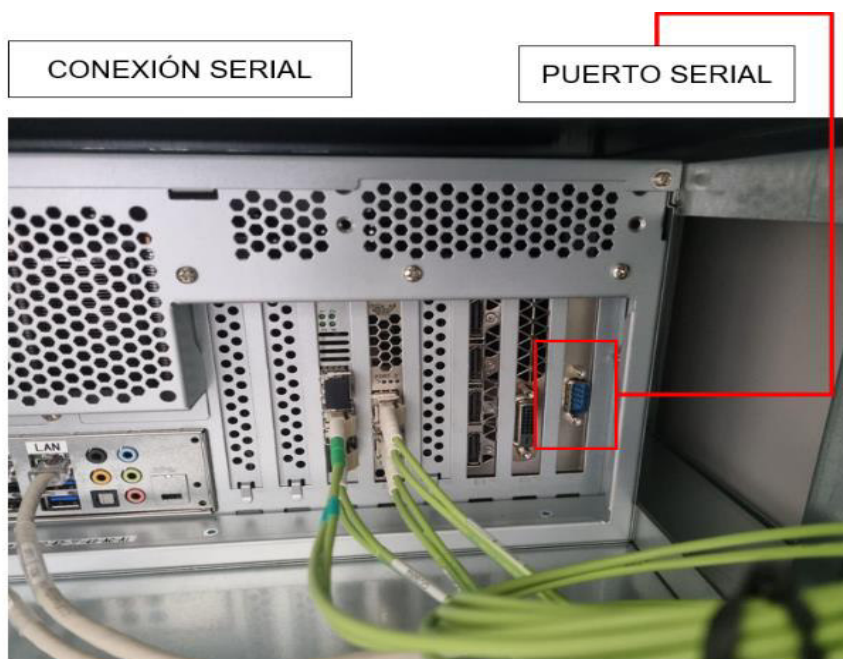


Figura 28: Puerto serial unidad de reconstrucción. Fuente: propia

3.7.2.4.2. **Pruebas de operatividad**

Una vez montada la conexión física abrimos el Teraterm y realizaremos la configuración del puerto serial. El puerto debe ser siempre COM1, la velocidad de baudios debe estar en 115200 y la data es de 8 bits sin paridad. Como alternativa de acceso podemos establecer una conexión TCP/IP con el Teratem apuntando a la IP 192.168.68.65 empleando el servicio Telnet y el puerto TCP 22. Ambas conexiones nos permiten realizar las mismas funciones.

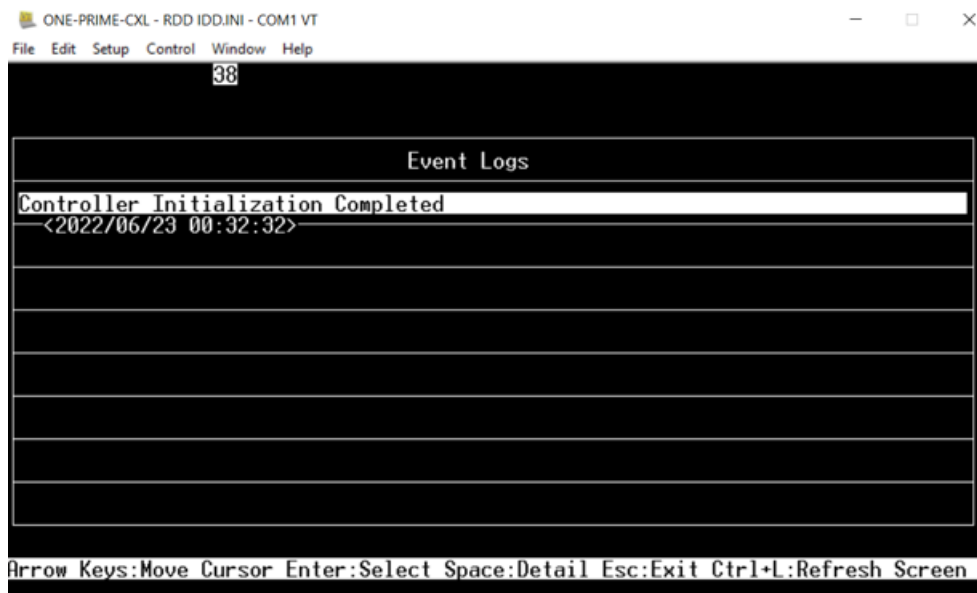


Figura 29. Utilitario de arreglo de discos por puerto serial. Fuente: Teraterm

El monitoreo y revisión del estado de los discos puede realizarse sin interrumpir el trabajo del operador. Sin embargo, cualquier función correctiva acredita realizar un procedimiento en la consola del tomógrafo. Este procedimiento puede ser llevado a cabo remotamente utilizando la función de control remoto del CYMREM.

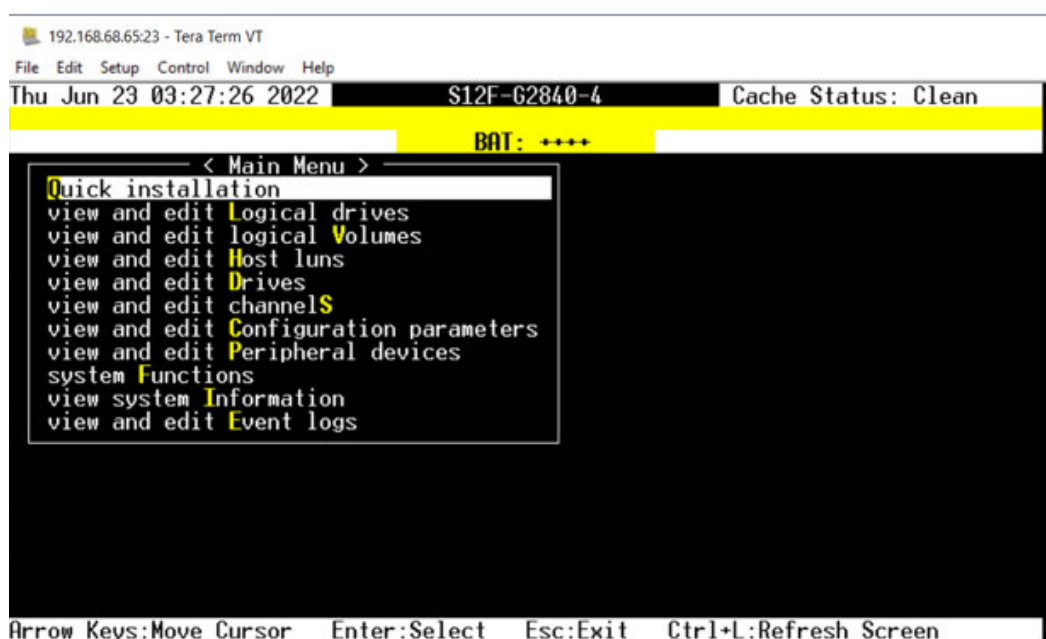


Figura 30. Utilitario de arreglo de discos por IP. Fuente: Teraterm

3.7.2.5. Acceso al utilitario del gantry y mesa

El utilitario es dado por la tarjeta de control llamada GMS. Esta herramienta permite principalmente realizar configuraciones de los movimientos y posicionamiento del gantry y la mesa. Es posible realizar un test de velocidad de rotación de la parte móvil del gantry. La aplicación usada por el pc de servicio para establecer la comunicación es el emulador de terminal llamado Teraterm.

3.7.2.5.1. Conexión Física

La conexión es un cable serial directo que va directo al puerto DB9 de la tarjeta GMS que se ubica en la parte posterior del gantry. Esta conexión va desde el gantry ubicado en la sala de exámenes hasta el pc de servicio ubicado en la sala de control. Como alternativa se puede utilizar un cable tipo USB B para establecer la comunicación. Sin embargo, no se optó por esta opción debido a que no es comercial adquirir este cable con el metraje necesario.

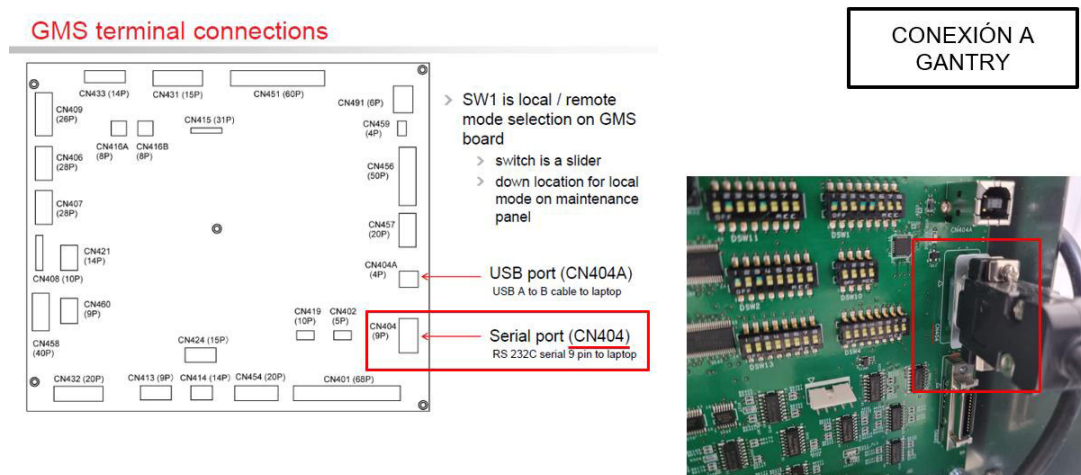


Figura 31. Conexión tarjeta GMS del gantry. Fuente: propia

3.7.2.5.2. *Pruebas de operatividad*

Se abre aplicación TeraTerm y realizaremos la configuración del puerto serial. El puerto puede ser cualquier menos es COM1 que es utilizado para establecer la conexión entre el pc de servicio y el arreglo de discos. La velocidad de baudios debe estar en 115200 y la data es de 8 bits sin paridad. Toda configuración o test realizado por el utilitario debe realizarse parando el funcionamiento del equipo debido a que se está modificando parámetros de movimiento.

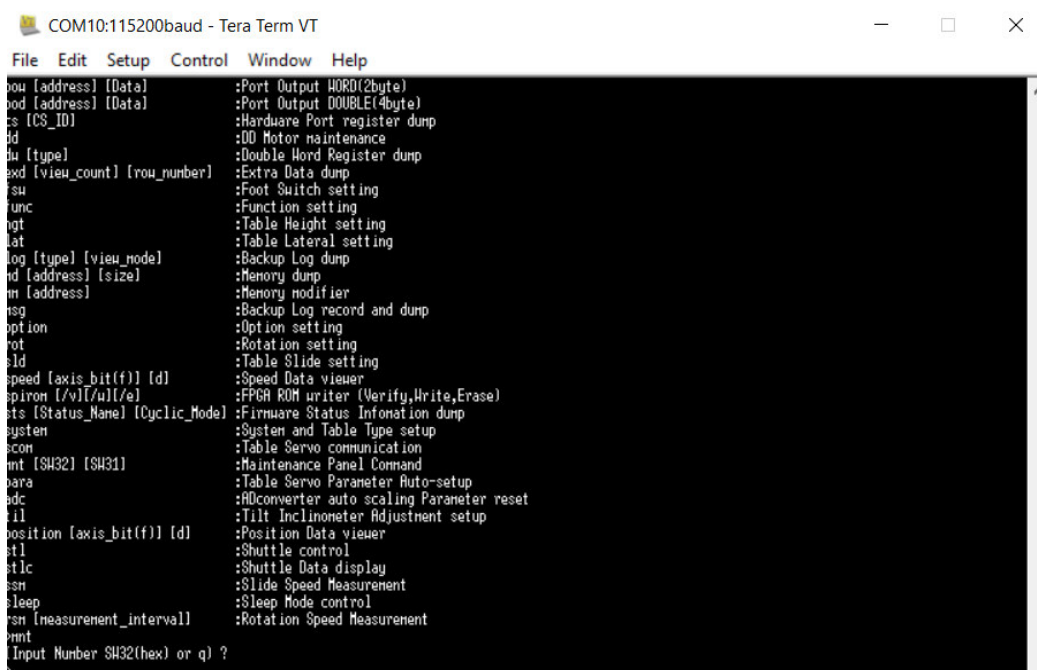


Figura 32. Configuración de gantry y mesa. Fuente: TeraTerm

Mencionar que si hubiese un problema o fallo en el gantry o la mesa al momento de encender el equipo la tarjeta arrojará un pequeño diagnóstico en forma de arranque del sistema.

```

COM10:115200baud - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help

>GMS Maintenance Terminal
2000.00.00.00:00:00.500,5C223,FHR_CNT:EEPROM read start.
2000.00.00.00:00:00.502,5C224,FHR_CNT:EEPROM read end.
2022.06.22,14:44:34.502,1C1FF,FHR_INF:GMS Firmware start up.
2022.06.22,14:44:34.502,1C205,FHR_INF:Firmware Version [Ver][Rev],0x00000025(37),0x00000000(0)
2022.06.22,14:44:34.502,1C206,FHR_INF:Firmware DC Number DC70404,0x00070404(459780),0x00000020(32)
2022.06.22,14:44:34.502,1C207,FHR_INF:FPGA Version [main][sub],0x00005218(21016),0x00003305(13061)
2022.06.22,14:44:34.502,1C208,FHR_INF:FPGA DC Number [DC][Rev],0x00070288(459400),0x00000042(66)
2022.06.22,14:44:34.502,1C209,FHR_INF:[DSH1][DSH11],0x00000011(17),0x00000012(18)
2022.06.22,14:44:34.502,1C209,FHR_INF:[DSH41][DSH13],0x00000000(0),0x00000000(0)
2022.06.22,14:44:34.502,1C20A,FHR_INF:[DSH21][DSH10],0x00000005(5),0x00000000(0)
2022.06.22,14:44:34.502,1C204,FHR_INF:Lateral Option OFF,0x00000000(0),0x00000001(1)
2022.06.22,14:44:34.502,1C200,FHR_INF:System Name judgement is OK.
2022.06.22,14:44:34.502,1C214,FHR_INF:[TSX-303A/A- (Aquila PRIME)]
2022.06.22,14:44:34.502,1C21E,FHR_INF:[CBTB-031A]
2022.06.22,14:44:34.504,1304C,ROT_INF:Rmotor ON
2022.06.22,14:44:34.512,6C13E,FHR_INF:cyclic interval time(10ms) over,0x00001588(5512)
2022.06.22,14:44:34.602,1403F,TIL_INF:Latch Tilt encoder position.,0x00000200(512)
2022.06.22,14:44:34.612,1A060,OPE_INF:Left and Right Gantry Panel type is match.,0x00000000(0),0x00000000(0)
2022.06.22,14:44:37.532,16043,HGT_INF:D Adjust compare OK.,0x00000040(64),0x00000040(64)
2022.06.22,14:44:39.512,13053,ROT_INF:Rotation Servo Ready.
2022.06.22,14:44:39.552,19008,OPT_INF:OPT Type[0-1], ROM[0-3],0x31330000(825425920),0x44433730(1145255728)
2022.06.22,14:44:39.552,19009,OPT_INF: ROM[4-7], ROM[8-9],0x33363620(859190816),0x20200000(538968064)
2022.06.22,14:44:39.562,13052,ROT_INF:Rotation Servo Version [Major][Minor],0x00000002(2),0x0000002A(42)
2022.06.22,14:44:39.582,1C02D,FHR_INF:### GMS Firmware READY ###
2022.06.22,14:44:39.673,5C134,FHR_CNT:[U]:41
2022.06.22,14:44:39.673,5C135,FHR_CNT:[U]:COMPLETE

```

Figura 33. Inicialización de la tarjeta GMS. Fuente: Teraterm

3.7.2.6. Conexión con otros periféricos

La conexión del tomógrafo con otros periféricos se da a través de un switch Mikrotik creando una red local interna o tomográfica. Este switch une principalmente el tomógrafo, la estación de post procesamiento, la impresora de placas, el pc de servicio y opcionalmente a la red del hospital. La conexión física es un cable de ethernet de puerto RJ45.



Figura 34. Switch local Mikrotik. Fuente: propia

Para el acceso al interfaz de administración de switch Mikrotik es necesario instalar en el pc de servicio la aplicación llamada Winbox el cual nos permite designar una lista de direcciones IPs y crear reglas para el uso de puertos. Esta administración es indispensable cuando la red tomográfica se une con la red del hospital debido que en estas condiciones el tomógrafo se vuelve vulnerable a la duplicidad de IPs y a los ataques de cibernéticos.

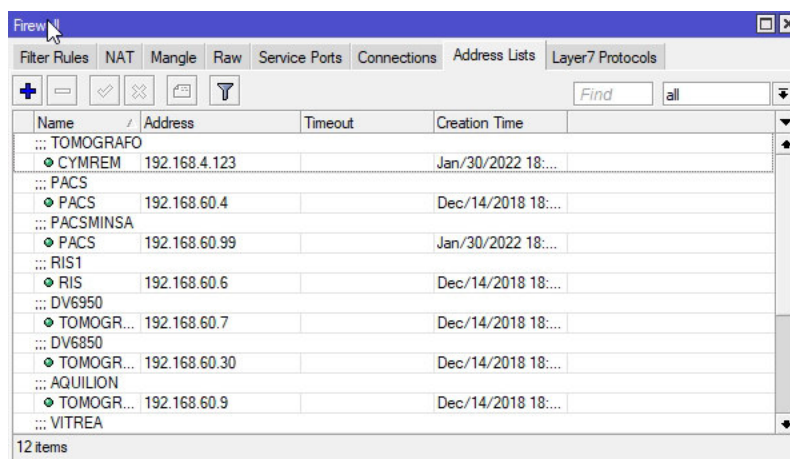


Figura 35. configuración de firewall de Mikrotik. Fuente: Winbox

El ingreso al utilitario de la impresora a placas se hace a través del Internet Explorer apuntando a su ip o hostname.

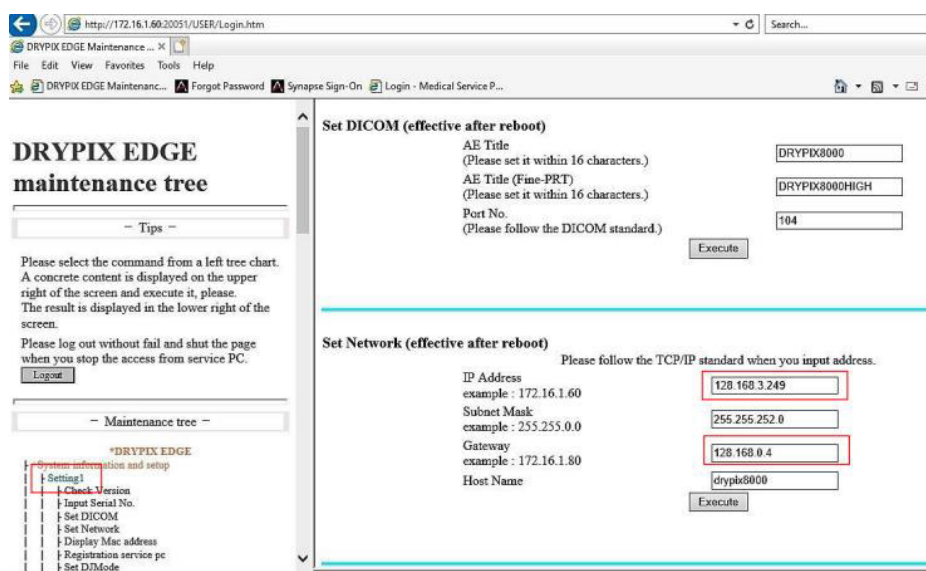


Figura 36: Utilitario de impresora de placas. Fuente: Internet Explorer

3.7.2.7. Monitoreo de temperatura y humedad

Se conecta el dispositivo de registrador al pc de servicio mediante su cable USB A – USB mini B. Se instala la aplicación ElitechLog V6 en el pc de servicio. Automáticamente detectare el dispositivo y le daremos en el botón de reinicio rápido para que comience a sensor los valores de temperatura y humedad. Allí mismo podemos establecer los rangos para las alarmas.

The screenshot displays the ElitechLog V6.2.0 application window. The interface is organized into several sections:

- Top Bar:** Contains icons for various functions: Leer datos, Resumen, Parámetro, Gráfico, Historia, Importar, Correo, Sistema, Acerca, Ayuda, and Salida.
- Información del dispositivo:** A grid of fields for device details.

Modelo de dispositivo GSP-6	Hora del dispositivo 2023-03-08 00:56:19	Número de serie EFG213111575	Versión de firmware V2.6	Descripción del viaje GSP-6 temperature & humidity Data Logger
Intervalo de registro(H:M:S) 1:00	Estado de registro No empezado.	Retraso del inicio 0.0	Unidad de temperatura °C	Detener registro
Hora de inicio N/A	Hora de parada esperada N/A	Tiempo de grabación N/A	Modo de almacenamiento Modo de onda cuadrada	
Presiona el botón Habilitar	Tono de notificación Habilitar	Alarma 10 veces	Memoria total 16000	Intervalo de registro acortado en alarma N/A
- Información estadística:** A grid showing current and historical data.

Puntos totales 0	Lecturas actuales 0	Primera lectura N/A	Última lectura N/A	Primera alarma(Temperatura) N/A
Máximo(Temperatura) 888.8	Mínimo(Temperatura) 888.8	Promedio(Temperatura) N/A	MKT 0.0	Reinicio rápido Puede configurar rápidamente los parámetros actuales en el registrador de datos
Máximo(Humedad) N/A	Mínimo(Humedad) N/A	Promedio(Humedad) N/A	Primera alarma(Humedad) N/A	
- Información de alarma:** A table showing alarm status for temperature and humidity.

Alarma		Estado de alarma		
H1:	29.0°C	Normal		
Zona ideal				
L1:	17.0°C	Normal		
H1:	81.0%	Normal		
Zona ideal				
L1:	39.0%	Normal		

Figura 37: Monitoreo de temperatura y humedad. Fuente: Elitech V6

CAPITULO IV: CONCLUSIONES

4.1. Despliegue de sistema de mantenimiento remoto en el Perú

El sistema de mantenimiento remoto ha sido instalado hasta la fecha en 13 diferentes instituciones de salud pública. Pertenecido casi el 70% a la red prestadora de seguros Essalud. Los departamentos donde se han instalado son: Amazonas, Apurímac, Arequipa, Cajamarca, Lambayeque, Moquegua y San Martín. Se ha diseñado e implementado el CYMREM para 5 distintos modelos de tomógrafos y 1 modelo de angiógrafo. El primer prototipo puesto en marcha fue el del Hospital I de Alto Mayo con el modelo Aquilion Prime. La asignación de los sistemas CYMREM ha tenido dos marcadas tendencias. La primera la implementación en tomógrafos de modelos antiguos como los Aquilion RXL y Aquilion CX ya que el desgaste natural de sus componentes los hacen propensos a fallar. La segunda es por los modelos modernos de gama media como los Aquilion Prime y Aquilion Lightning ya que el diseño del sistema CYMREM en estos modelos permiten realizar todas funcionalidades descritas en este trabajo. Con respecto a los modelos de alta gama, no se ha instalado ningún sistema hasta la fecha ya que generalmente los procesos de adquisición de estos equipos por parte de la entidad generalmente contemplan incluir al Innervision, sistema de mantenimiento remoto de la propia marca Canon, dentro de sus requerimientos. Sin embargo, cabe señalar que el funcionamiento del sistema CYMREM e Innervision son compatibles permitiéndose funcionar al mismo tiempo.

*Tabla 2. Listado de los sistemas CYMREM instalado en Perú.
Fuente: Datos CYMED MEDICAL*

ITEM	CLIENTE	UBICACIÓN	EQUIPO	FECHA DE INSTALACIÓN
CYMREM 1	ESSALUD HOSPITAL I ALTO MAYO	SAN MARTIN	AQUILION PRIME	28/09/2021
CYMREM 2	ESSALUD HOSPITAL TUMAN	LAMBAYEQUE	AQUILION PRIME	03/10/2021
CYMREM 3	ESSALUD SANTA MARGARITA DE ANDAHUAYLAS	APURIMAC	AQUILION PRIME	12/10/2021
CYMREM 4	ESSALUD HOSPITAL II HUANCANELICA	HUANCANELICA	AQUILION PRIME	24/11/2021
CYMREM 5	ESSALUD HOSPITAL II TARAPOTO	SAN MARTIN	AQUILION RXL	25/11/2021
CYMREM 6	ESSALUD HOSPITAL LUIS HEYSEN	LAMBAYEQUE	ACTIVION 16	02/12/2021
CYMREM 7	HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	AQUILION CX	06/12/2021
CYMREM 8	ESSALUD HOSPITAL BASE II MOQUEGUA	MOQUEGUA	ACTIVION 16	09/12/2021
CYMREM 9	INSTITUTO REGIONAL DE ENFERMEDADES NEOPLASTICAS	AREQUIPA	AQUILION PRIME	22/12/2021
CYMREM 10	ESSALUD HOSPITAL ALMANZOR AGUINAGA	LAMBAYEQUE	ANG INFINIX	03/01/2022
CYMREM 11	ESSALUD HOSPITAL II ABANCAY	APURIMAC	ACTIVION 16	22/02/2022
CYMREM 12	HOSPITAL REGIONAL VIRGEN DEL FATIMA	AMAZONAS	AQUILION PRIME	05/03/2022
CYMREM 13	HOSPITAL JOSE SOTO CABANILLAS	CAJAMARCA	AQUILION LIGHTNING	07/03/2022

4.2. Evaluación Económica

Como se mencionó en el presente trabajo, el sistema CYMREM se planteó como una alternativa gratuita al sistema Innversion. En lo económico se logró obtener un sistema de mantenimiento remoto integral sin ningún costo recurrente a excepción del pago mensual del plan de internet de la tarjeta SIM instalada en el router Tp-link. Sin embargo, este gasto puede ser eliminado si es que la entidad de salud nos brinda acceso a internet a través de su red. De ser así, solo se consideraría un gasto único para la implementación, instalación y puesta en marcha del sistema CYMREM

*Tabla 3. Gastos de instalación del sistema CYMREM para el modelo Aquilion Prime.
Fuente: Datos de CYMED MEDICAL*

Item	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total (S/.)
1	MINI PC HP PRODESK 4000G	1	2,950	2,950
2	Licencia Windows 10 Pro ENG	1	180	180
3	Router TP-Link TL-MR6400	1	349	349
4	Chip de datos	1	56	56
5	Módulo Conversor USB-Serial (TU-S9), Marca Trendnet	2	90	180
6	Módulo Adaptador USB-RJ45 , Marca TPLink	2	95	190
7	Cable de Red Categoría 6 (15 metros)	1	55	55
8	Cable de Red Categoría 6 (5 metros)	2	35	70
9	Cable de 4 Hilos 15m	1	75	75
10	Cable de 9 Hilos 15 m	1	135	135
11	Conectores Seriales	8	16	128
			Total:	S/. 4,368

Para los distintos sistemas CYMREM que se instalan por modelos existen unas cuantas diferencias técnicas en su estructura y conectividad que hacen variar ligeramente el costo final.

Tabla 4. Gastos totales de la instalación de todos los sistemas CYMREM. Fuente: Datos de CYMED MEDICAL

Item	Modelo	Numero	Precio unitario
1	Aquiion Prime	6	4,368
2	Alexion Advance	0	4,103
3	Activion 16	3	4,358
4	Aquilion RXL	1	4,509
5	Aquilion CX	1	4,608
6	Aquilion Lightning	1	4,368
7	Angiografo Infinix	1	4,060
	Total	13	56,827

CYMREM permite ahorrar costos a la empresa CYMED MEDICAL principalmente en pagos de transporte de personal y sus viáticos. Como ahorro indirecto podemos plantear que las revisiones matutinas remotas pueden prevenir daños en el tomógrafo por mal operación por parte del usuario.

Tabla 5. Gasto promedio por viaje de personal especializado a provincia. Fuente: Datos de CYMED MEDICAL

Concepto	Gasto (S/.)
Transporte Lima	96.6
Transporte Provincia	65.25
Pasaje Aéreo Latam Ida - Vuelta	819.1
Alimentación	150
Hospedaje	130
Total	S/. 1,261

En un promedio estadístico de CYMED MEDICAL, el gasto para trasladar el personal de servicio para realizar una revisión o diagnóstico de un tomógrafo en provincia por 1 día es apropiadamente 1,261 soles peruano. Lo que arrojaría que mínimamente en 4 visitas técnicas ya se ha recuperado la inversión realizada por instalar e implementar el sistema CYMREM.

4.3. Evaluación Técnica

El pc de servicio ha cumplido con las expectativas previstas en cuanto a su funcionalidad. Su arquitectura compacta y optima le permite dar acceso remoto al operador sin alterar el flujo de trabajo en la sala de tomografía. A nivel de software, la utilización de aplicaciones prácticas y específicas facilita la implementación del sistema CYMREM en diferentes modelos siendo lo mínimamente invasivo con el software del tomógrafo. Esto es imperante debido a que alterar significativamente el software base de la consola del tomógrafo puede incurrir en una falta grave con el fabricante que concluye en la pérdida total de la garantía del equipo. A nivel de hardware la pc resulta muy estable para el monitoreo remoto ya que no tiende a recalentarse o acumular suciedad ya que cuenta con una estructura hermética y compacta que lo hace prescindir de mantenimiento programados.

4.4 Conclusiones

El presente trabajo llego a demostrar la importancia de tener un sistema de mantenimiento remoto para los tomógrafos Canon. Sin la necesidad de costear gastos recurrentes se ha diseñado e implementado un sistema practico y escalable que brinda soporte remoto a los tomógrafos de forma ininterrumpida. El sistema resulta ser compatible con diferentes modelos de la marca Canon lo

que ha sido provechoso para la expandir la red de monitoreo remoto a 13 tomógrafos de 6 modelos diferentes.

El costo de instalación e implementación del sistema CYMREM es viable teniendo en cuenta el ahorro acumulado por los traslados del personal de servicio de la capital a provincia. En promedio el costo inicial de instalación se recupera con 4 fallos o errores ocurridos en el tomógrafo que se han resuelto por el sistema de mantenimiento remoto. De allí en adelante representaría un ahorro para la empresa prestador de servicio CYMED MEDICAL SAC ya que el sistema CYMREM no cuenta con gastos recurrente ni de mantenimiento.

Los tecnólogos han mostrado una amplia aceptación del servicio de mantenimiento remoto principalmente porque el sistema permite atenderlos más rápido y en muchos casos resolver fallos inmediatamente. A nivel de aplicación clínica ha servido para reajustar los protocolos de estudios radiológicos y brindar un reforzamiento en el funcionamiento del equipo al operador.

Por último, recalcamos el impacto social que ha tenido la implementación del sistema de mantenimiento remoto en los tomógrafos. El anticiparnos a ciertos fallos y prever los mantenimientos correctivos permite mantener el tiempo medio entre fallos lo más alto posible y reducir el tiempo medio de reparación del equipo. Esto genera un bienestar social ya que los tomógrafos monitoreados se encuentran instalados en instituciones de salud pública los cuales generalmente no pueden cubrir la demanda de exámenes tomográficos diarios lo que conlleva a largas colas de espera por parte de los pacientes. En este sentido hay un beneficio social al mantener operativo al tomógrafo lo más posible.

CAPITULO V: RECOMENDACIONES

- Si el servicio de internet es dado por el hospital, es recomendable hacer una serie de pruebas de conectividad ya que es muy común que la red hospitalaria maneje cortafuegos que bloqueen puertos y puede inhabilitar el acceso remoto via Anydesk.
- Se debe indicar a los operadores del tomógrafo que el pc de servicio debe estar encendido todo el tiempo para que no intenten apagar el pc cuando termine su jornada laboral o en un cambio de turno. En algunos casos el pc de servicio se ha instalado dentro de la unidad de reconstrucción para que el usuario no interactúe con el sistema de mantenimiento remoto
- Por cuestiones de seguridad es recomendable establecer la conexión remota usando un segundo factor de autenticación. Esto debido a que el uso de contraseñas fijas no es una garantía de seguridad y teniendo en cuenta que el tomógrafo almacena información clínica confidencial de pacientes es imperante resguardar la seguridad de esta data.
- El cableado entre del sistema CYMREM y el tomógrafo debe ser verificado cuidadosamente. Los conectores y el propio cable deben ser de alta calidad para evitar falsos contactos o interferencia. Debido a que el CYMREM se conecta con diferentes tarjetas y módulos de control, un cable defectuoso puede inhibir el trabajo del tomógrafo o arrojar alertas en la consola.

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFÍA

- Founes Burgos, D. E. & Veloz Aguirre, H. E. (2017). *Desarrollo de prototipo para monitorización y diagnostico remoto de parámetros de motores de taxis para mantenimiento preventivo*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral de Ecuador].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/44714/1/D-CD106460.pdf>
- Puente Cardoso, C. A. & Veliz Gamarra W. J. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control remoto mediante tecnología GSM para vehículos Nissan Sentra V16 en la empresa de taxis inversores puente SAC*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma].
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2465>.
- Valencia Armas, V. F. (2013). *Control y mantenimiento remoto de sistemas de navegación aérea*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional de Ecuador].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5731/1/CD-4671.pdf>.
- Tenicela Mendoza, C. R. (2009). *Implementación de un sistema de monitoreo remoto y diseño del módulo electrónico (CRPE) como herramientas de gestión de equipos pesados Caterpillar*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
<https://1library.co/document/y9glrmlq-implementacion-sistema-monitoreo-diseno-electronico-herramientas-gestion-caterpillar.html>

- Viera Mesa, A. E. (2009). *Mantenimiento y diagnostico remoto de un equipo mecatrónico usando un módulo GSM. Caso práctico empresa Cecattec*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/113/1/18T00401.pdf>.
- Masoni, R., Ferrise, F. & Bordegoni, M. (2017). Supporting remote maintenance in industry 4.0 through augmented reality. *Science Direct* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304651>.
- Primero, D. F., Diaz, J. C., Garcia, I. F. & Gonzáles, A. (2015). Manual para la gestión del mantenimiento correctivos de equipos biomédicos en la fundación valle del Lili. *Revista Biomédica de la escuela de Ingeniería de Antioquia - Universidad CES* <https://metarevistas.org/Record/oai:ojs.revistas.eia.edu.co:articleojs-771>.
- Organización Mundial de la salud (2012). Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44830/9789243501536_spa.pdf.
- Ruano Perez, J. L. (2011). *Mantenimiento de una planta de mecanizado* [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11370/TFMJos%C3%A9%20Luis%20Ruano%20P%C3%A9rez.pdf>.
- Ramírez Giraldo, J. C. & Arboleda Clavijo, C. (2008). Tomografía Computarizada por Rayos X: fundamentos y actualidad. *Revista de Ingeniería Biomédica de la escuela de Ingeniería de Antioquia - Universidad CES*. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-773340>.

