

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**DISEÑO Y VALIDACIÓN PILOTO DE DOS INTERFACES DE
USUARIO PARA UNA PLATAFORMA WEB DE TELEMONITOREO
Y TELEGESTIÓN DE UN VENTILADOR MECÁNICO PERUANO
PARA DIFERENTES TIPOS DE PÚBLICO OBJETIVO**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Biomédico

AUTOR:

Brad Edgar Guzmán Chanca

ASESOR:

Sandra Milena Pérez Buitrago

Lima, Agosto, 2023

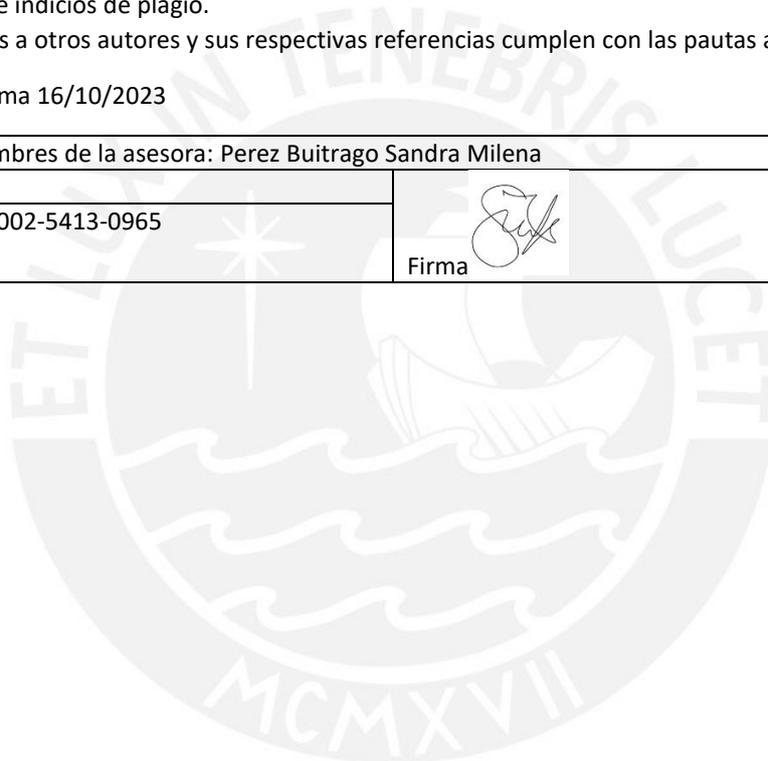
Informe de Similitud

Yo, Sandra Milena Pérez Buitrago, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesora de la tesis titulada Diseño y validación piloto de dos interfaces de usuario para una plataforma web de telemonitoreo y telegestión de un ventilador mecánico peruano para diferentes tipos de público objetivo, del autor Brad Guzmán Chanca, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 17%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 09/10/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima 16/10/2023

Apellidos y nombres de la asesora: Perez Buitrago Sandra Milena	
CE: 002107293	
ORCID: 0000-0002-5413-0965	
Firma	



RESUMEN

En el presente proyecto se planteó el diseño de dos interfaces las cuales responderán a las necesidades de un usuario en específico. La primera enfocada al personal médico que hará uso de la plataforma para realizar el proceso de monitoreo remoto del ventilador mecánico con nombre de interfaz clínica, y la segunda tendrá como principal usuario al equipo técnico encargado del mantenimiento de la plataforma, así como a los investigadores interesados en usar los datos provenientes del equipo para estudios posteriores teniendo como nombre interfaz técnica. Además, la metodología planteada tuvo en cuenta el uso del ventilador mecánico MASI y su plataforma de telemetría “Tele-MASI”,

El diseño de las dos interfaces se realizó mediante la metodología de la Asociación de Ingenieros Alemanes Verein Deutscher Ingenieure (VDI 2221). Si bien la metodología se usó solo una vez para el diseño de ambas interfaces en todo el proyecto, los resultados que se obtuvieron dentro de cada fase fueron diferentes. Adicionalmente al uso de la metodología VDI 2221 se emplearon las normas internacionales ISO 9241 – 161 (Guidance on visual user-interface elements) y 9241 – 210 (Human-centred design for interactive systems).

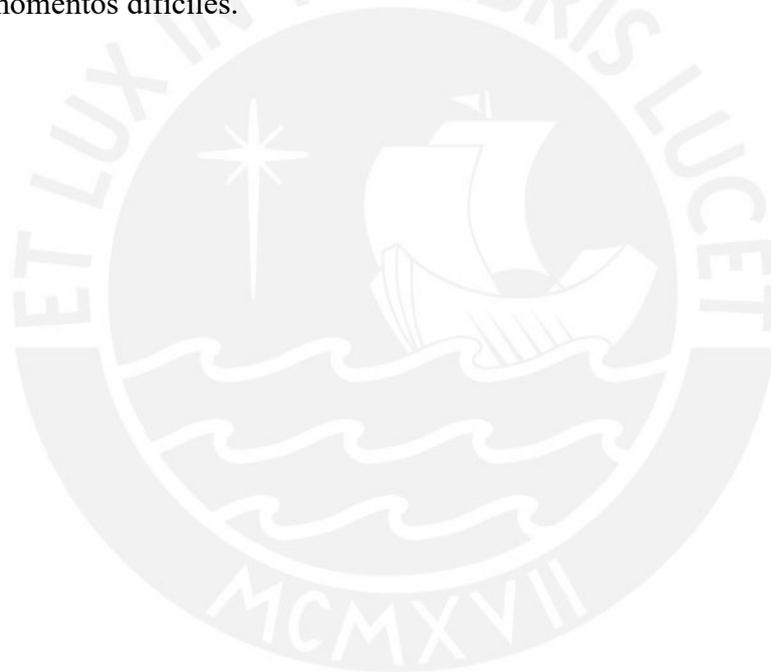
La validación del diseño de las vistas de ambas interfaces de usuario se realizó con personal del centro de médico PUCP, y personal que colaboró en el desarrollo del ventilador mecánico Masi, finalmente se realizó una documentación acerca de las interfaces creadas según los lineamientos normativos.

AGRADECIMIENTOS

Sandra Pérez Buitrago gracias por su paciencia y sus comentarios para poder mejorar el proyecto constantemente, así mismo por darme la oportunidad de participar en el Laboratorio de Metrología y Validación de Equipos Biomédicos (LABMET) para mi desarrollo profesional.

Asimismo, agradezco al Ingeniero Mauricio Córdova por su tutoría en el rumbo de la investigación de mi proyecto de tesis, así como su dedicación en el LABMET por enseñar el uso de los diferentes dispositivos biomédicos.

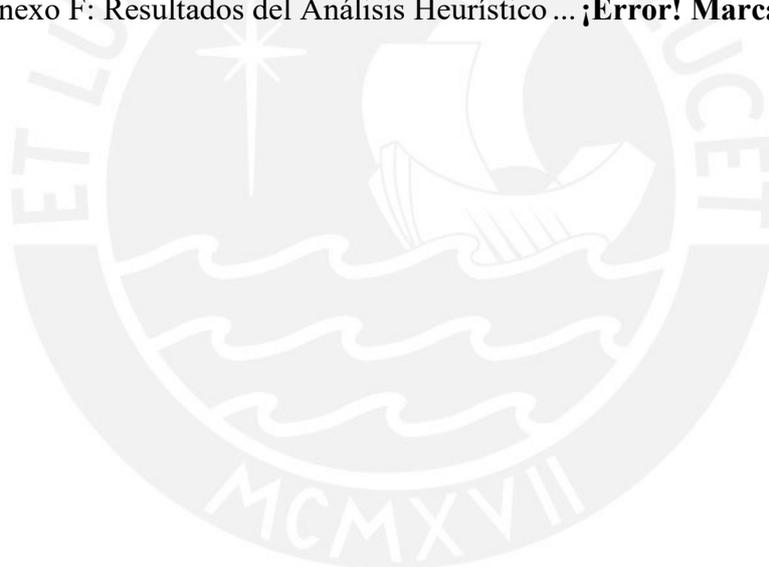
También quisiera agradecer a mis padres y a mi hermano por su apoyo en todo mi trayecto académico y personal, así como a mis amigos los cuales siempre estuvieron en los momentos difíciles.



ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	3
1.1 Situación actual del país respecto a la COVID 19.....	3
1.2 Telemedicina en el mundo	4
1.3 Telemedicina en Perú.....	9
1.4 Plataforma de Telemetría Tele-Masi:.....	12
DISEÑO CONCEPTUAL.....	13
2.1 Definición de la tarea	13
2.2 Determinación de las funciones	14
2.2.1 Requerimientos	16
2.3 Conceptos de solución.....	19
2.4 Evaluación de soluciones	21
2.4.1 Interfaz Clínica	21
2.4.2 Interfaz Técnica	23
2.4.3 Evaluación de los conceptos de solución.....	23
DISEÑO DE LAS INTERFACES DE USUARIO	26
3.1 Consideraciones preliminares	26
3.2 Elaboración del prototipo	26
3.2.1 Interfaz Clínica	26
3.2.2 Interfaz técnica	28
3.3 Documentación	29
3.3.1 Justificación de cada decisión tomada.....	29
3.3.2 Limitaciones impuestas y que surgieron durante la realización del proyecto	30
3.3.3 Características de las interfaces	30
3.3.4 Guía de uso de las características	33

VALIDACIÓN DE LAS INTERFACES DE USUARIO	34
4.1 Diseño de las entrevistas de satisfacción	34
4.2 Validación con los usuarios finales.....	34
4.3 Documentación final respecto a la validación (Conformidad)	36
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES	43
CONCLUSIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	50
Anexo A: Interfaces de la Plataforma de Telemetría.....	50
Anexo C: Guía de Grupo Focal	54
Anexo D: Consentimiento Informado para grupo focal	57
Anexo E: Consentimiento Informado para entrevistas.....	58
Anexo F: Resultados del Análisis Heurístico ...	¡Error! Marcador no definido.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las plataformas de tele monitorización de ventiladores mecánicos	9
Tabla 2. Extracción de Requerimientos iniciales.....	16
Tabla 3. Requerimientos agrupados de la interfaz Clínica	18
Tabla 4. Requerimientos agrupados de la interfaz Clínica	18
Tabla 5. Elementos visuales de una interfaz de usuario.....	19
Tabla 6 Evaluación del primer boceto de la interfaz clínica.....	24
Tabla 7 Evaluación del primer boceto de la interfaz técnica	25
Tabla 8. Caracterización de la interfaz clínica.....	31
Tabla 9 Caracterización de la interfaz clínica.....	32
Tabla 10. Validación de la interfaz clínica.....	34
Tabla 11 Validación de la interfaz técnica.....	35
Tabla 12 Conformidad de la interfaz clínica.....	38
Tabla 13 Conformidad de la interfaz técnica.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema ejemplo del uso del servicio Tele-UCI	5
Figura 2. Aplicación de visualización de hasta 24 Boxes simultáneamente de la empresa SMACS	8
Figura 3. Aplicativo SIGA utilizado para el área de Logística en Hospitales	11
Figura 4. Aplicativo PCOMAN utilizado para mantenimiento hospitalario en ESSALUD	12
Figura 5. Aplicativo SISMAC utilizado para mantenimiento hospitalario en ESSALUD	12
Figura 6. Proceso de análisis basado en el Muestreo	15
Figura 7. Interfaces de usuario típicos de un monitor de signos vitales	20
Figura 8. Ejemplo de un tablero médico.	21
Figura 9. Primer diseño de la Interfaz clínica (selección de equipo).	22
Figura 10. Primer diseño de la Interfaz clínica (monitoreo del paciente).	22
Figura 11. Primer diseño de la Interfaz técnica.	23
Figura 12. Prototipo de la Interfaz clínica (selección de equipo).	26
Figura 13. Prototipo de la Interfaz clínica (monitoreo del paciente).	27
Figura 14. Prototipo de la Interfaz clínica (monitoreo del paciente – ampliación de las gráficas de presión, flujo y volumen).	27
Figura 15. Prototipo de la Interfaz clínica (monitoreo del paciente – ampliación del registro de alarmas).....	28
Figura 16. Prototipo de la Interfaz técnica (Ventana principal con los parámetros globales de los ventiladores).....	28
Figura 17. Prototipo de la Interfaz técnica (Ampliación de los ventiladores de manera individual).....	29

Figura 18. Diagrama de clases de las interfaces	36
Figura 19. Interfaz clínica final (selección de equipo).....	37
Figura 20. Interfaz clínica final (monitoreo del paciente).....	37
Figura 21. Interfaz clínica final (monitoreo del paciente – ampliación del registro de alarmas).....	38
Figura 22. Interfaz clínica final (monitoreo del paciente – ampliación de las gráficas de presión, flujo y volumen).....	38
	39
Figura 23. Interfaz de Inicio de Sesión	39
Figura 24. Indicador de interfaz desbloqueada de acuerdo con el usuario ingresado en un menú vertical Nota. Elaboración propia	39
	40
Figura 25. Interfaz técnica final (Ventana principal con los parámetros globales de los ventiladores).	40
Figura 26. Interfaz técnica final (Ventana de alarma para los mantenimientos pendientes y próximos).....	40
Figura 27. Interfaz técnica final (Ampliación de los ventiladores de manera individual)	40

INTRODUCCIÓN

En el Perú existe una escasez de médicos especialistas, la cual se vio incrementada aún más con la llegada de la pandemia por COVID 19, ante lo cual el estado peruano promovió la implementación de nuevas tecnologías, entre ellas, una de las más usadas ha sido la telemedicina. Sin embargo, las herramientas de telemedicina requieren de una integración organizada para su correcta implementación (Hincapié et al., 2020), teniendo a la llamada resistencia al cambio la cual se define como una de las barreras principales en la adopción de esta tecnología en los centros médicos (Scott Kruse et al., 2018). Esta idea se ve reforzada con un estudio realizado durante la pandemia en el cual se buscó analizar las ventajas y desventajas en diferentes usuarios sobre la implementación del servicio de telesalud en un ambiente clínico, se vio que en los hospitales existía dificultades en cambiar el método de trabajo del personal al uso de la telemedicina (Hwei & Octavius, 2021). Sarah Fouquet y Andrew Miranda en su investigación realizada acerca de las barreras tecnológicas en telemedicina, detallan que esta situación es debido a que en el planteamiento de proyectos de telemedicina se suele dejar de lado la participación del usuario final (Fouquet & Miranda, 2020).

Se planteó el diseño de interfaces de usuario para la plataforma de TeleMasi, contando con la participación de los usuarios con el objetivo de mejorar su adaptación en un entorno real del Perú, teniendo en cuenta el termino usabilidad, el cual en el rubro médico se conoce como la interacción entre usuarios y la tecnología médica (Frith et al., 2019). La incorporación de estos actores en la etapa temprana del desarrollo de un proyecto ha demostrado tener un alto impacto en la adopción de nuevas tecnologías como menciona Carl Rudolf et al en su investigación sobre diálogos tempranos en la evaluación de tecnologías, en ella también se describe que el tener una retroalimentación temprana del usuario permite a los fabricantes maximizar aquellas características que serán de mayor utilidad, debido a que el usuario recibirá lo que espera de la tecnología, evitando así una brecha de información (Blankart et al., 2021).

Los objetivos para el presente trabajo fueron: Diseñar la interfaz de usuario clínico para el ambiente de atención del paciente siguiendo los requerimientos de usabilidad del producto como foco principal de acuerdo con normas internacionales, diseñar la

interfaz de usuario para los técnicos e investigadores de apoyo orientado hacia la estructuración de datos para su posterior análisis y validar las interfaces con los usuarios y variables correspondientes, en sus ambientes simulados. El alcance de este proyecto de investigación tecnológica propositiva es el diseño de las vistas de dos interfaces, las cuales se validaron en pruebas piloto con los usuarios correspondientes (médicos, investigadores, técnicos), mediante ambientes simulados.

Los resultados obtenidos fueron: Lista de requerimientos para la plataforma web, un diseño piloto por cada interfaz de usuario, documentación sobre las interfaces y un informe sobre la validación de cada diseño por parte de su público objetivo. Producto de los diseños pilotos, nuevos estudios podrían generarse acerca de la importancia de las características en una interfaz de usuario aplicada a dispositivos médicos, además de incentivar a la adaptación de nuevas tecnologías, como es el caso del telemonitoreo, adicionalmente la obtención de datos de los ventiladores mecánicos MASI será más accesible permitiendo mejorar la gestión del mantenimiento de estos dispositivos médicos, pudiendo ser tomado como un primer boceto en Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPRESS) que no cuentan con un software propio de mantenimiento.

Dentro del rubro social se espera una mejor comprensión del personal de salud sobre la utilidad de nuevas tecnologías en el monitoreo, aumentando así su incorporación en espacial en las zonas donde la falta de personal especializado es uno de los factores principales para una alta tasa de mortalidad al no tener un seguimiento constante de los pacientes y del equipamiento biomédico, teniendo así una menor dependencia de recursos humanos externos por parte de otras IPRESS y/o proveedores de tecnologías médicas.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo se expone una breve descripción de las disposiciones hechas por el estado peruano respecto a la pandemia, y como esto incentivó la implementación de nuevos modelos de telemedicina, así como diferentes tipos de programas usados en la gestión del equipamiento biomédico en centros de salud a lo largo del país, además se realiza una revisión de la tecnología de telemedicina y gestión en el mundo enfocado en el uso de ventiladores mecánicos.

1.1 Situación actual del país respecto a la COVID 19

Se considera al personal de salud como uno de los pilares fundamentales para hacer frente ante cualquier amenaza hacia la salud según la Organización mundial de la salud (Organization, 2021) y sin embargo en el año 2010 la OMS (Organization, 2010) identificó una escasez de al menos 4.3 millones de personal de la salud a nivel mundial. La falta de personal de la salud (médicos, enfermeras, técnicos) producto de la precaria atención a la salud pública, se declara un factor importante ante la gran cantidad de fallecimientos en el país según un informe publicado por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Villarán et al., 2021). Para el año 2021 Perú ocupaba el segundo puesto en mayor número de fallecidos en América Latina con 1324.04 muertes/millón de habitantes según datos recopilados por el banco mundial (Cifuentes-Faura, 2021) y en el año 2022 Perú ocupó el primer lugar con 626.40 muertes/cien mil habitantes según datos recopilados por la universidad de medicina Johns Hopkins (Sullivan & Meyer, 2022).

Antes del estado de emergencia producto de la pandemia por COVID-19, Perú ya sufría de una brecha de salud muy notable producto de la escasez de médicos, de atención médica y de servicios de salud (Herberth Cuba, 2021), la investigadora Natali Loayza señala que la llegada de la pandemia al Perú solo empeoró esta situación, debido a que una gran cantidad de personal de la salud fue retirada de sus áreas de trabajo por ser población en riesgo (Loayza-Salvatierra et al., 2021), adicionalmente

una gran cantidad resultó contagiada, lo cual resultó en el diversos fallecimientos, dando como resultado que para el año 2020 el Colegio Médico del Perú reportó que se tuvo un total de 1 867 médicos con COVID 19 y 73 375 médicos activos en todo el Perú (Galán-Rodas et al., 2020), lo cual deja en el personal de salud activo grandes niveles de presión emocional, carga laboral, riesgo de contagio, aislamiento familiar y cansancio físico como lo menciona el neurólogo Luis Fernando (Arriola Torres et al., 2021). Adicionalmente Perú a la fecha de esta investigación sólo cuenta con aproximadamente 800 médicos que están capacitados para operar dentro de un área UCI, entre intensivistas, anestesiólogos, y otras especialidades, según datos obtenidos por la página web de la Sociedad Peruana de Medicina Intensiva (*Sociedad Peruana de Medicina Intensiva*, n.d.).

Según se reportó en la OMS esta falta de personal de la salud llevó al gobierno peruano tomar medidas como ser más flexible y menos exigente en la inclusión de nuevo personal mediante la contratación llamada CAS-COVID, también se reasignó un total de 80202 trabajadores de salud al tratamiento de paciente con COVID-19 (Organization, 2021), otra medida fue la inclusión de médicos recién egresados los cuales mediante una encuesta realizada por el grupo de trabajo de Natali Loayza que tuvo como muestra a 352 médicos, dieron a conocer que solo uno de cada dos de los médicos se sentía capaz de atender a pacientes COVID-19, ya que sentían que les hacía falta más conocimientos y experiencia en el campo laboral (Loayza-Salvatierra et al., 2021), adicionalmente el estado peruano incluyó soluciones de telemedicina, comenzando con la asignación de los médicos con factores de riesgo al cuidado remoto de los pacientes con COVID-19, además se incentivó el diseño de ventiladores mecánicos tanto por instituciones privadas como instituciones públicas.

1.2 Telemedicina en el mundo

Las herramientas de telemedicina han sido utilizadas en los últimos años cuando se requiere atención remota en tiempo de real de diversas enfermedades como diabetes, asma, insuficiencia cardiaca entre otras (Kofoed et al., 2012), esto es esencialmente importante en la situación de pandemia ya que evita un contacto prolongado del personal de la salud con paciente contagiados con COVID 19 evitando así que el número de personal activo siga bajando. Además, estos servicios de telemedicina

suelen tener herramientas para almacenar toda la información relacionada al estado del paciente que fue recopilada durante el día, la cual pueda ser analizada después por un médico, esto es esencial debido a que el personal no puede estar en todo momento solo con un paciente (Basholli et al., 2018)

Los servicios de telemedicina pueden ser implementados en diversos sectores dentro de un centro de salud, cuando es aplicado al área de cuidados intensivos (UCI) se le conoce como Tele-UCI, el cual puede dividirse en dos diferentes estructuras administrativas para su mejor comprensión, el primero consiste en la suministración de servicios de Tele-UCI a pequeños hospitales rurales por parte de un sistema central que puede ser un hospital con mejores equipamientos, el segundo se basa en la subcontratación de personal de salud por parte de un centro de salud a otro, que generalmente pertenece al mismo sistema de salud. Adicionalmente a las estructuras administrativas de los servicios de Tele-UCI también existe una división en el modo en que se ofrece el servicio de atención comenzando con el modelo continuo, el cual consiste en el monitoreo remoto por parte del personal de salud las 24 horas del día; el modelo episódico, en este modelo el monitoreo es intermitente y puede ser tanto programado como no; y modelo receptivo, ocurre cuando el monitoreo solo ocurre cuando una alarma o una señal es enviada al centro de atención principal; un esquema ejemplo de cómo se gestiona el servicio de Tele-UCI se puede observar en la Figura 1, la cual pertenece al servicio de Philips eCareManager (Herasevich & Subramanian, 2019).

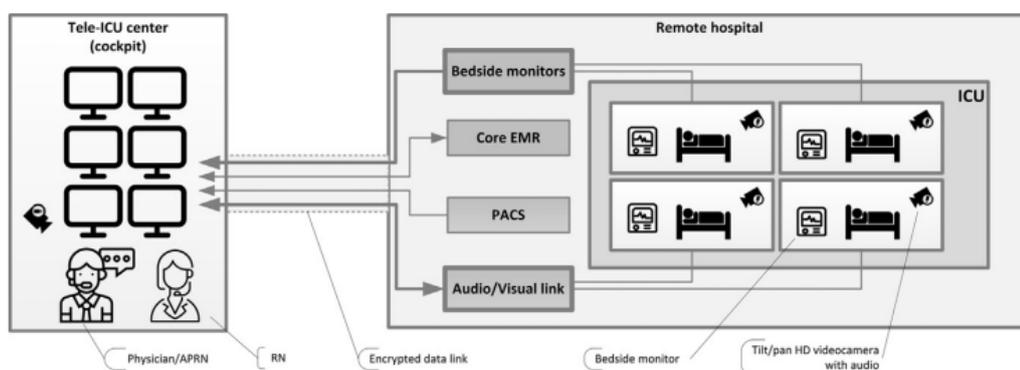


Figura 1. Esquema ejemplo del uso del servicio Tele-UCI
Tomada de (Herasevich & Subramanian, 2019)

El uso de Tele-UCI ya es un servicio que ofrecen diversas compañías en los Estados Unidos, entre ellas Eagle la cual cuenta con diferentes servicios remotos, incluyendo tele UCI, dentro del cual mencionan su importancia debido a cuatro razones: En los Estados Unidos cada año son tratados más de cinco millones de pacientes, siguiendo si los médicos intensivistas atienden a todos los pacientes en el área UCI, habría una reducción del 40% en la mortalidad, además para una cobertura de 24 horas los siete días de la semana en el área UCI se requiere usualmente cuatro especialistas y un costo aproximado de 1.2 millones de dólares y finalmente se predice que la capacidad laboral del personal puede bajar hasta en un 30%. Debido a estas razones la compañía Eagle provee al centro de salud con sus propios especialistas los cuales atenderán las emergencias en un máximo de 15 minutos las 24 horas del día mediante el servicio de tele-Uci, lo cual busca reducir el traslado innecesario de pacientes a otros centros de salud para su atención debido a la falta de personal (*Telemedicine Services Company for Hospitals | Eagle Telemedicine, n.d.*).

El objetivo de la compañía Eagle el cual es reducir la tasa de mortalidad en el área UCI ha sido probado por varios otros grupos científicos, en el mes de abril del año 2021 se realizó un estudio observacional descriptivo en 11 hospitales pertenecientes al estado de São Paulo acerca de la implementación del servicio de tele-UCI por parte de la empresa Incor, el cual contaba con la capacidad de monitorización remota de pacientes con ventilación mecánica invasiva, adicionalmente se tenía dos salas desde las cuales se capacitaba al personal por parte del equipo especialista de Incor, la primera encargada para el análisis de datos y la segunda para la administración remota, cada una poseía monitores de alta resolución, una cámara, un micrófono con cancelación de eco y un dispositivo de reproducción de audio, el estudio dio como resultado que producto de diversos factores incluyendo la implementación del servicio de tele-UCI lograron una disminución de la tasa de mortalidad la cual empezó con un 73.2% para el área UCI y el hospital en general, terminando para el mes de Julio con una tasa de 58.7% y 64.7 % para el área UCI y el hospital en general respectivamente (Rocha de Macedo et al., 2021). Adicionalmente otro estudio realizado en cinco hospitales en la región sur de Florida logró demostrar que la implementación de un servicio de telemedicina en el área de unidades de atención progresiva decreció la tasa de mortalidad en un 20%, teniendo como grupo de muestra 8901 pacientes para el análisis

de los que recibieron el servicio de telemedicina, y a 8000 pacientes para los que no la recibieron (Armaignac et al., 2018).

Por otra parte, existen también soluciones de Smart UCI que han sido implementadas para optimizar los cuidados de pacientes en estado crítico, este término engloba todas las herramientas usadas para un cuidado total del paciente, teniendo el procesamiento de información para su visualización de una manera cómoda como unas de sus características, lo cual incluye, pero no se limita al uso de telemedicina. Una implementación ideal debe contar un cableado que permita la instalación de diversos equipos que ayuden al procesado rápido de la información, como lo puede ser el uso de alarmas, además de un sistema inalámbrico que permite conectar los datos de los diversos dispositivos, con el centro de control dentro del área UCI, así como con el hospital en general mediante diversos nodos (Halpern, 2014); dentro de estos dispositivos se encuentran los de monitoreo de parámetros básicos del paciente así como del ambiente de la habitación donde este se encuentra, para lo cual se tienen diversas ideas como lo es el uso de un microcontrolador Arduino UNO conectado con sensores que permitan el monitoreo de temperatura, nivel de oxígeno y humedad del paciente además de un sensor adicional para la temperatura del cuarto, los cuales estarán conectados con un microcontrolador ESP-32 encargado de la conexión WI-FI con un servidor, mediante protocolos MQTT y ZigBee, desde donde la información podrá ser visualizada (Sharif et al., 2021), si se requiere un control más exhaustivo del cuarto se podría implementar el uso de una cámara Raspberry, para lo cual sería necesario realizar cambios, comenzando con el microcontrolador a uno Raspberry así como la compra de un cable HDMI para un mejor resolución de video (Chettri et al., 2018).

Al igual que en los servicios de Tele-UCI, las compañías Philips y SMACS en unión crearon su propio servicio sobre Smart UCI el cual permite la colección de información de diversos dispositivos médicos (respiradore, monitores, bombas de infusión, sensores de entorno, ICU HIS e indicadores de terceros), para luego ser procesados mediante el software interno presente en el sistema instalado, luego esta información puede ser vista en cualquier computador o teléfono móvil con conexión a internet, además se puede visualizar hasta 24 pantallas simultáneamente de los diversos dispositivos como se muestra en la *Figura 2*, los cuales pueden ser ampliados para una

mejor observación de un equipo en específico, adicionalmente este servicio de Smart UCI cuenta con la capacidad de incorporar cámaras de vigilancia así como diversos sensores para los cuartos de los pacientes (*UCI SMART DISPLAY*, n.d.).

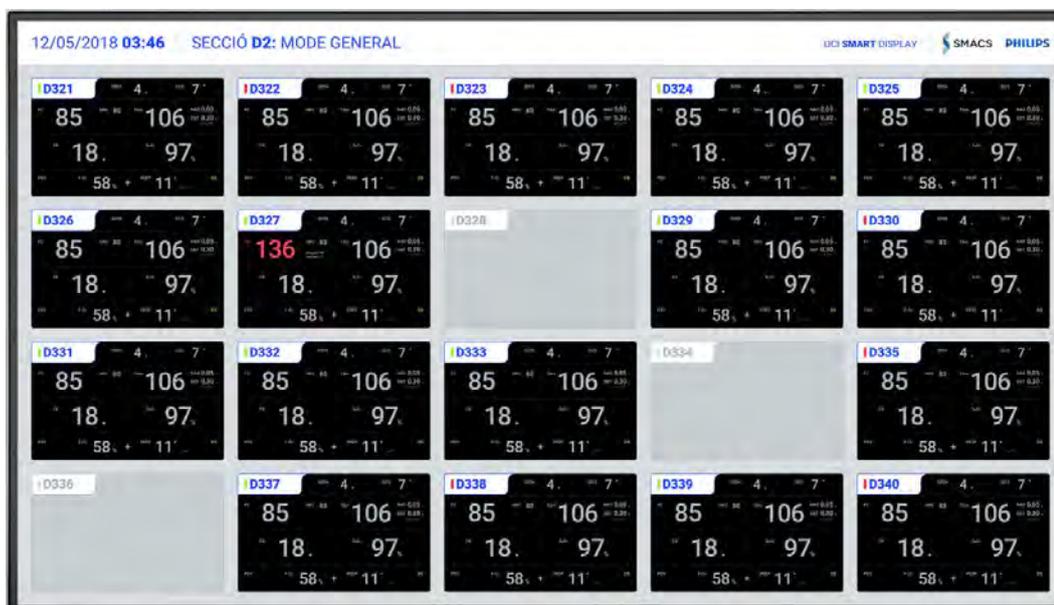


Figura 2. Aplicación de visualización de hasta 24 Boxes simultáneamente de la empresa SMACS Tomada de (*UCI SMART DISPLAY*, n.d.)

Si bien hay diversos tipos de servicios que conllevan el uso de telemedicina todas dependen de que los equipos usados tengan la capacidad de conectarse a uno de los tantos sistemas antes revisados, el servicio de telemonitoreo se ha vuelto una práctica muy usual en los últimos años debido a que permite el control del paciente de forma remota por el médico a cargo permitiendo la creación de nuevas tecnologías como los ventiladores portátiles, los ventiladores con capacidad de monitoreo remoto pueden ser usados desde el hogar del paciente evitando así gastos adicionales de una estadía en un centro médico y permitiendo que el cuidado del paciente este parcialmente a cargo por parte de algún familiar, enviando la información del paciente a un centro de monitoreo remoto donde un médico especialista pueda tomar las decisiones adecuadas de acuerdo a lo visualizado en la plataforma de monitoreo del ventilador mecánico, el cómo se conectan depende de cada fabricante así como del modelo, en la Tabla 1 se tiene un resumen de cuatro plataformas de monitoreo para ventiladores mecánicos, las cuales se encuentran disponibles para su compra en el mercado (Ackrivo et al., 2021).

Tabla 1.
Características de las plataformas de tele monitorización de ventiladores mecánicos

Plataforma de monitoreo	Fabricante	Modelos de dispositivos	Frecuencia de inserción de datos	Conexión	Integración de monitores externos
Care Orchestrator	Philips Respironics (Philips, Amsterdam, The Netherlands)	Dream Station, Trilogy, Trilogy Evo	Diario o cada 8 horas	WIFI, Celular, Bluetooth	SpO ₂ , PtcCO ₂
AirView	ResMed (Sydney, Australia)	AirSense, AirCurve 10, AirMini, Astral, Stellar	Diario	Celular	SpO ₂
Multi-View	Ventec Life Systems (Bothel, Washington, Estados Unidos)	VOCSN	-	Celular, WIFI, GPS, Bluetooth	SpO ₂ , etCO ₂
EveryWare	Breas (Mölnlycke, Sweden)	Vivo 45, Vivo 65	-	Celular	FiO ₂ SpO ₂ , etCO ₂ , PtcCO ₂

Nota. etCO₂ = dióxido de carbono de marea final; GPS = sistema de posicionamiento global; VNI = ventilación no invasiva; PtcCO₂ = dióxido de carbono transcutáneo; SpO₂ = saturación de oxígeno capilar periférico; WiFi = fidelidad inalámbrica. Adaptado de (Ackrivo et al., 2021)

1.3 Telemedicina en Perú

En el Perú producto de la pandemia muchos sectores médicos en el país se vieron afectados por el continuo riesgo de poder contraer la enfermedad, en el Instituto Nacional Materno Perinatal (INMP) debido a esto, se realizó la implementación de un modelo mixto de atención, el cual comienza con el contacto al instituto vía WhatsApp, para luego realizar el relleno de un formulario sobre el servicio solicitado que llevará, seguidamente se procederá al pago del servicio si es que no se cuenta con un seguro integral de salud (SIS), para finalmente realizar la programación de la tele consulta, la cual estará a cargo de médicos ginecólogos que se encuentran en su casa por contar con algún factor de riesgo de infección por COVID-19, dentro de la tele

consulta el médico también programará una cita presencial para los exámenes que son indispensables de acuerdo a la edad gestacional de la paciente (Meza-Santibañez et al., 2021).

Dentro del Perú en el área de tele monitoreo se tiene la experiencia vivida en el Hospital Hermilio Valdizán (HHV) durante el estado de emergencia del año 2020, el primer paso que dieron fue restablecer las conexiones con los computadores dentro del hospital mediante el software AnyDesk el cual permitió el acceso al aplicativo “intranet HHV”, el cual llevaba registro de los diagnósticos, fechas de control así como reportes diarios hechos por el personal, con esta herramienta se comenzó las comunicaciones necesarias para la entrega de medicamentos a los pacientes, por lo que el tele monitoreo consistió en el seguimiento constante del flujo de los medicamentos, mas no de parámetros biomédicos (Alva-Arroyo et al., 2021).

Asimismo, el 13 de abril del 2020 el Ministerio de Salud publicó el aplicativo web “Teleatiendo” mediante el cual se brindan servicios de tele orientación y tele monitoreo. El funcionamiento del sistema empieza con la solicitud de un ciudadano en el aplicativo, luego de lo cual este es asignado a un servicio de tele monitoreo mediante llamada de voz, o de tele orientación mediante mensajería en línea (DIGTEL, 2020); además producto de la escasez de dispositivos médicos la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) inició el proyecto MASI, el cual es un respirador mecánico basado en una bolsa resucitadora para su funcionamiento, la cual es controlada mediante las variables de presión, flujo y el volumen de todo el sistema, esta información puede ser presentada en una pantalla táctil dependiendo del modo de ventilación elegido (volumen control, presión control y presión soporte), la elección de uno de los modos dependerá enteramente del doctor a cargo, así como el estado del paciente, y un punto importante a considerar es que cuenta con su propia plataforma de telemetría conocida como “Tele-MASI”(Chang et al., 2021).

1.4 Gestión de salud en Perú:

En Perú la implementación de tecnologías en gestión se dieron incluso antes de la pandemia, como es el caso del Sistema Integrado de Gestión Administrativa (SIGA) él cual es un aplicativo creado por el Ministerio de Economía y Finanzas que se implementó en el sistema público de salud en el año 2004, teniendo como objetivo

unificar y estandarizar la gestión de bienes y servicios en diferentes módulos como Logística y Patrimonio y es usado hasta el día de hoy en los hospitales pertenecientes al Ministerio de Salud (MINSA) teniendo como principal problema la falta de personal capacitado, lo cual conlleva a una deficiencia en el incremento de la ejecución presupuestal como se demostró en las investigaciones realizadas en los hospitales Santa Rosa, Victor Ramos Guardia y Manuel Núñez Butrón (García Rodríguez, 2017; Huaman Yucra, 2022; Ramos Figueroa & Vino Pazce, 2019)

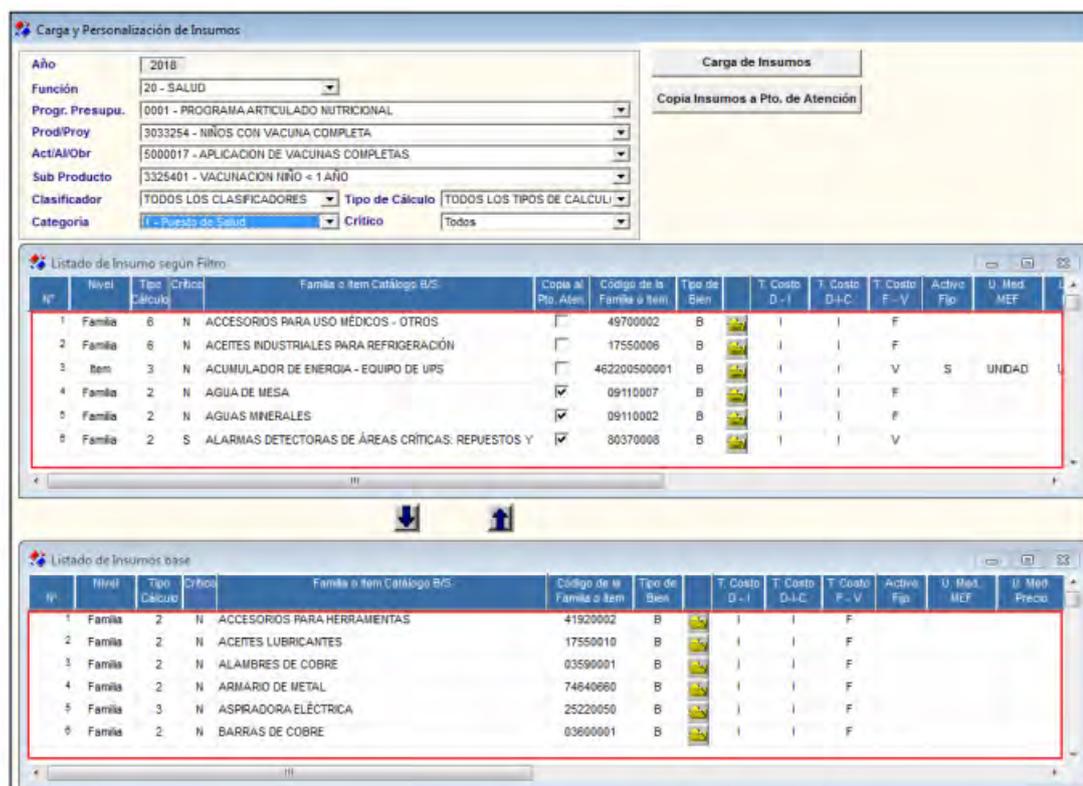


Figura 3. Aplicativo SIGA utilizado para el área de Logística en Hospitales

Tomada de (García Rodríguez, 2017; Huaman Yucra, 2022; Ramos Figueroa & Vino Pazce, 2019)

Otro aplicativo usado es el de Planeamiento y Control del Mantenimiento Hospitalario (PCOMAN) implementado en el Seguro Social de Salud (ESSALUD) en 1999, diseñado inicialmente para realizar una gestión de mantenimiento de equipos e infraestructura hospitalaria, contando con la capacidad de ingresar la ficha técnica del equipo, inventario, actividades de mantenimiento y generación de reportes, este aplicativo sería remplazado por el Sistema de Mantenimiento de Activos (SISMAC) a inicio del 2019 el cual mejora la interfaz de usuario del aplicativo PCOMAN agregando también actualización en tiempo real de todo el seguimiento del equipamiento biomédico (ESSALUD, 2000, 2019)

CAPÍTULO 2

DISEÑO CONCEPTUAL

En el presente capítulo se exponen las consideraciones que se han tomado en cuenta para el diseño de las interfaces de usuario, así como la metodología usada para incorporar a los usuarios en todo el proceso, con el objetivo de obtener las características finales que se requieren prototipar para cada interfaz.

2.1 Definición de la tarea

En esta etapa se buscó realizar una lista de requerimientos preliminares a partir de la obtención de datos mediante entrevistas, ver Anexo B y grupos focales, a personal médico del centro médico PUCP y personal que colaboró en el desarrollo del ventilador mecánico Masi respectivamente, este último método permite ahorrar tiempo en comparación a las entrevistas individuales, sin embargo requiere que todos los participantes dispongan de un mismo horario de disponibilidad (Associates, 2005), por lo que la elección de un método por sobre otro dependió del horario de los participantes para ambas interfaces. Cabe aclarar que, para la participación tanto en la entrevista como en los grupos focales, se les solicitó completar un consentimiento informado a cada uno de los participantes ver Anexo D y E.

En el uso del grupo focal se tuvo un mínimo de dos participantes, para la duración se usó un tiempo de entre 20 a 45 minutos, debido a que se busca una mayor objetividad en las respuestas, además de la implementación de una agenda focal ver Anexo C, en la cual se buscará un intercambio de ideas entre los participantes mediante un mediador y un tomador de notas, para el presente proyecto ambos roles fueron realizados por la misma persona (*How to Run a Focus Group for Your Business*, n.d.).

Adicionalmente a los datos obtenidos en los grupos focales y/o entrevistas individuales se realizó una revisión del estado del arte sobre interfaces en dispositivos médicos comerciales, así como proyectos de investigación, teniendo como principales palabras clave de búsqueda para la primera interfaz de usuario: monitores de signos vitales, equipos de anestesia y ventiladores mecánicos; y para la segunda interfaz de usuario: “data analytics” y mantenimiento.

2.2 Determinación de las funciones

La determinación de las funciones que tienen las interfaces de usuario fueron producto del análisis de los datos obtenidos, el cual se hizo mediante un enfoque que permite agrupar los requerimientos en funciones más grandes además de realizar una validación de calidad de lo obtenido.

La segmentación correcta de todos los requerimientos de cada interfaz se realizó mediante el enfoque de muestro teórico o también conocido como “Teoría fundamentada” el cual se basa en cuatro pasos fundamentales (Chandrasegaran et al., 2017):

- Open coding: Identificar los conceptos de mayor interés de la adquisición de la data
- Axial coding: Buscar una relación entre los conceptos mediante el razonamiento inductivo
- Selective coding: Englobar los conceptos en un “concepto central”
- Theory formation: Plantear una teoría para las relaciones creadas

El uso de la teoría fundamentada puede variar de acuerdo al proyecto que se desea realizar, en esta investigación se hizo uso del enfoque planteado por el equipo de desarrollo de N. Costa ver *Figura 6*, los cuales diseñaron una interfaz gráfica de usuario para maniobras de barcos, se escogió esta variación debido a que no busca plantear una teoría con los datos si no crear grupos de temas que engloben los requerimientos que necesitan los usuarios, (Costa et al., 2017); adicionalmente en el paso de Open coding se realizará una validación de la calidad de los requerimientos mediante las siguientes cuatro especificaciones propuestas por la norma ISO 9241-210 (*ISO - ISO 9241-210:2019 - Ergonomics of Human-System Interaction — Part 210: Human-Centred Design for Interactive Systems*, n.d.).

- Establecido en términos que permitan pruebas posteriores
- Verificado por las partes interesadas pertinentes
- Internamente consistente
- Actualizado según sea necesario durante la vida del proyecto.

La aplicación de la teoría fundamentada se realizó para cada grupo de datos, por lo que se obtuvieron requerimientos agrupados que luego se usaron en funciones principales

para cada interfaz de usuario; los temas de los grupos son propuestos por la ISO 9241-161 (ISO - ISO 9241-161:2016 - *Ergonomics of Human-System Interaction — Part 161: Guidance on Visual User-Interface Elements*, n.d.) pero además se podrán crear otros temas de acuerdo a los requerimientos obtenidos:

- Descripción de los elementos de la interfaz de usuario
- Información de soporte
- Estado del sistema
- Datos de la aplicación
- Agrupación de elementos de la interfaz de usuario visual
- El conjunto de datos es estable/no variable
- El conjunto de datos es variable/dinámico
- Modificar una vista
- Escribir datos alfanuméricos
- Misceláneas

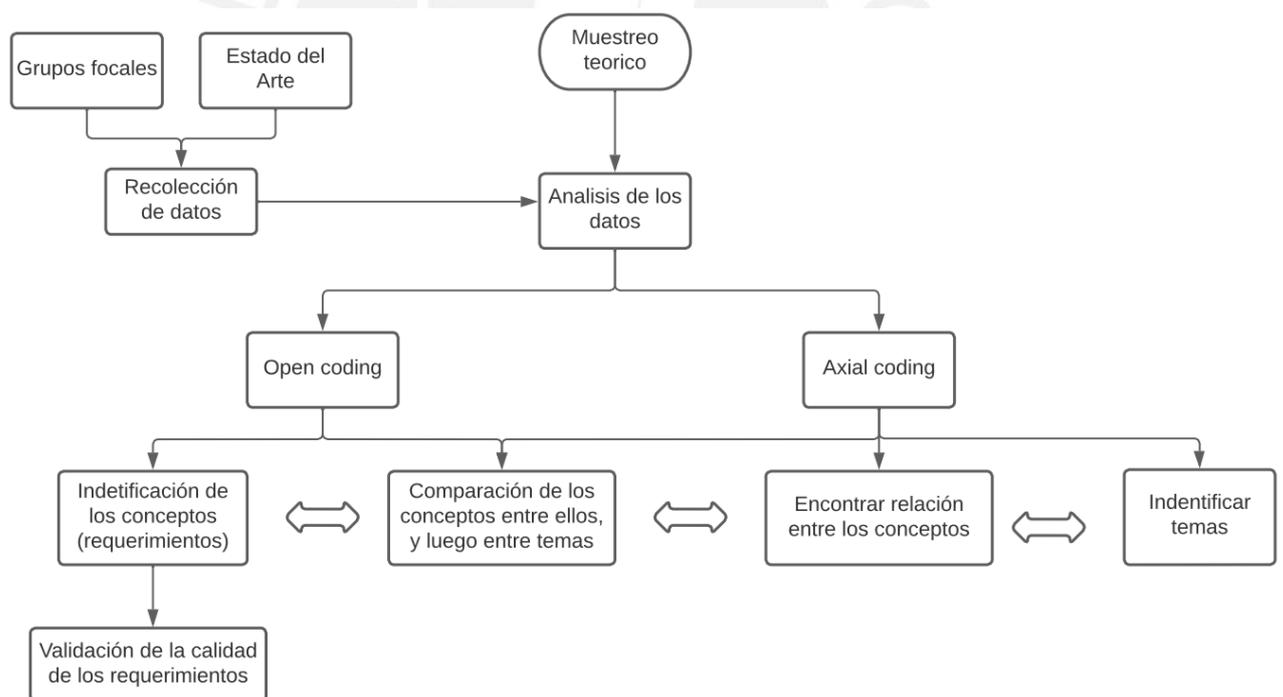


Figura 6. Proceso de análisis basado en el Muestreo

Nota. Durante todo el proceso de la Teoría Fundamental el open y axial coding se realizaron en simultaneo, permitiendo realizar cambios a medida que se encuentren nuevas relaciones en los datos o temas. Adaptado de (Costa et al., 2017)

2.2.1 Requerimientos

La obtención de los requerimientos iniciales son mostrados en la Tabla 2, la cual se dio en conjunto del estado del arte, las entrevistas y los grupos focales; teniendo como referente una prueba de usabilidad realizada a la plataforma actual de Tele-Masi, basada en el análisis heurístico en el que se usó los diez requerimientos planteados por Jacob Nielsen, debido a que engloban en sus métricas la mayoría de todas las funciones presentes en la plataforma: Visibilidad del estado del sistema, Coincidencia entre el sistema y el mundo real, Control y libertad del usuario, Consistencia y estándares, Prevención de errores, Reconocimiento en lugar de recuerdo, Flexibilidad y eficiencia de uso, Diseño estético y minimalista, Ayuda a reconocer y recuperarse de errores, Ayuda y Documentación; donde se clasificó la severidad de cada uno de los resultados obtenidos ver Anexo F, donde la severidad se clasificó del uno al cinco, siendo uno un requerimiento prescindible y el cinco uno obligatorio.

Tabla 2.
Extracción de Requerimientos iniciales

Fuente	Requerimiento	Interfaz
Estado del Arte y Prueba de Usabilidad	Código del paciente	Ambas
	Visualización de varias pantallas a la vez	Clínica
	Espacio para alarmas	Clínica
	Reporte de alarmas	Técnica
	Cambios en el tiempo de parámetros fisiológicos	Técnica
	Cantidad de equipos en uso	Técnica
	Aumentar el tamaño de letra	Clínica
	Añadir gráfica de Presión vs Volumen	Clínica
Entrevistas	Presentar Gráfico de presión	Clínica
	Presentar gráfico de volumen	Clínica
	Presentar gráfico de flujo	Clínica

Fuente	Requerimiento	Interfaz
	Espacio para alarmas	Clínica
	Tamaño de letra visible	Clínica
	Valores fisiológicos (PEEP, PIP, FIO2)	Clínica
	No este cargado de gráficas	Clínica
Grupo Focal	Fecha del último mantenimiento preventivo, así como del próximo mediante un aviso	Técnica
	Número de serie de Masi	Técnica
	Cantidad de horas usadas por equipo	Técnica
	Ubicación del equipo	Técnica
	Visualizar a que red de internet está conectado el ventilador	Técnica
	Ver el registro histórico en tiempo de las variables (flujo, presión, volumen) mediante la grabación de los datos cada cierto tiempo	Técnica

A partir de los requerimientos obtenidos se agruparon en categorías similares dependiendo del tipo de interfaz; en la Tabla 3 se tiene el resumen de la interfaz clínica, la primera categoría de indispensables corresponde aquellos requerimientos que deben ser mostrados de manera obligatoria para poder realizar un correcto monitoreo del paciente, y como segunda categoría se tuvo los de usabilidad, aquellos que si bien no son obligatorios en el monitoreo del paciente, si mejoran la eficiencia en el uso de la plataforma, así como la capacitación de nuevo personal. En la Tabla 4 se reunió los requerimientos de la interfaz técnica, la primera categoría de gestión corresponde al seguimiento de los ventiladores para poder tomar decisiones respecto a su ciclo de vida, la segunda categoría de investigación engloba los requerimientos que faciliten la obtención de datos estadísticos para investigaciones sobre ventilación.

Tabla 3.
Requerimientos agrupados de la interfaz Clínica

Categoría	Requerimiento
Requerimientos indispensables	Presentar Gráfico de presión
	Presentar gráfico de volumen
	Presentar gráfico de flujo
	Espacio para alarmas
	Valores fisiológicos (PEEP, PIP, FIO2)
Requerimientos de usabilidad	Visualización de varias pantallas a la vez
	Tamaño de letra visible
	No este compuesto por muchas gráficas
	Añadir gráfica de Presión vs Volumen

Tabla 4.
Requerimientos agrupados de la interfaz Técnica

Categoría	Requerimiento
Requerimientos de Gestión	Fecha del último mantenimiento preventivo, así como del próximo
	Cantidad de horas usadas por equipo
	Ubicación del equipo
	Reporte de alarmas
Requerimientos para Investigación	Ver el registro histórico en tiempo de las variables (flujo, presión, volumen) mediante la grabación de los datos cada cierto tiempo
	Número de serie de Masi
	Visualizar a que red de internet está conectado el ventilador

2.3 Conceptos de solución

Una vez obtenidas las funciones principales las cuales agrupan a los diferentes requerimientos producto del análisis y recolección de datos, se diseñó la arquitectura de las interfaces de usuario, teniendo presente la norma ISO 9241 -161, en la cual se detallan los elementos visuales ver Tabla 5, el uso o no de estos elementos visuales dependió de su adaptación a los requerimientos y funciones obtenidas.

Tabla 5.
Elementos visuales de una interfaz de usuario

Elementos		
Acordeón	Elemento de formulario analógico/deslizador	Carrusel
Casilla de verificación/botón de verificación	Contenedor plegable	Selector de color
Cuadro combinado/cuadro combinado	Cursores	Selector de fecha
Cuadro de diálogo	Cuadro de diálogo	Cuadro de lista desplegable
Campo de entrada/campo de entrada	Campo de entrada con botón de diálogo	Mapa geográfico
Grupo/caja de grupo	Mango	Lista jerárquica/vista de árbol/listas de árbol
Designador implícito	Información instructiva	Tokenizador de entrada
Etiquetas	Leyenda/tecla de gráfico	Enlace/hipervínculo
Cuadro de lista	Botón de lista/botón de menú	Menú/barra de menú

Para la interfaz clínica se tuvo como referencia los requisitos planteados por el equipo de investigación de Evismar Andrade et al, los cuales en su investigación sobre nuevos diseños de interfaz para aplicaciones de monitorización de pacientes en medicina de cuidados intensivos realizan una revisión de cuatro interfaces. La primera interfaz que mencionan es la tradicional, está compuesta tanto por datos numéricos como alarmas,

y señales de onda ver Figura 7 a.; la segunda interfaz es numérica, esta presenta solo números y no señales de onda, además todas las etiquetas son abreviaciones Figura 7 b; la tercera interfaz es de histograma, a diferencia de la numérica esta si presenta gráficos, pero no de señales de onda, si no histogramas sobre los principales valores fisiológicos del paciente Figura 7 c; finalmente la última interfaz se basa en un polígono, el cual estará acompañado de datos numéricos, y los principales valores fisiológicos estarán en las aristas del polígono Figura 7 d. (Andrade et al., 2020).

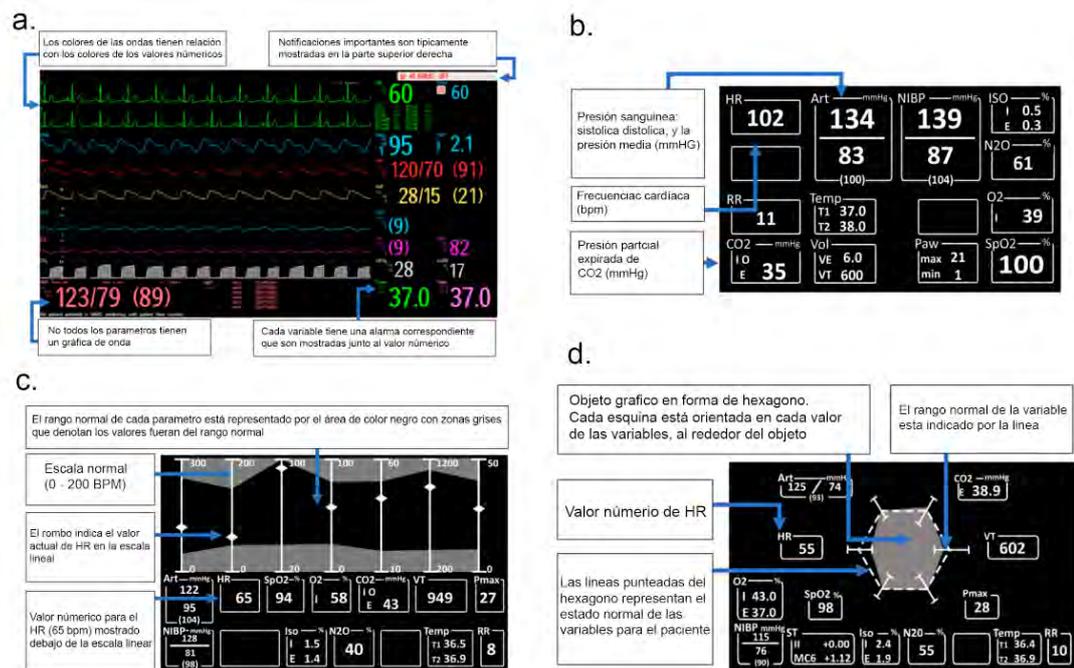


Figura 7. Interfaces de usuario típicas de un monitor de signos vitales

Nota. a) Interfaz tradicional, b) Interfaz Numérica, c) Interfaz de histograma, d) Interfaz poligonal,

Adaptado de (Andrade et al., 2020)

Respecto a la interfaz técnica se hizo uso de los tableros también conocidos como “dashboards” los cuales permiten tener información estadística sobre los datos de un sistema mediante la incorporación de gráficos y cuadros que permiten una mejor visualización del sistema, teniendo como principales funciones el proceso de seguimiento y evaluación del desempeño de la organización sanitaria (Rouhani & Zamenian, 2021), sin embargo para este proyecto la evaluación estuvo enfocado solo a un mismo equipo.

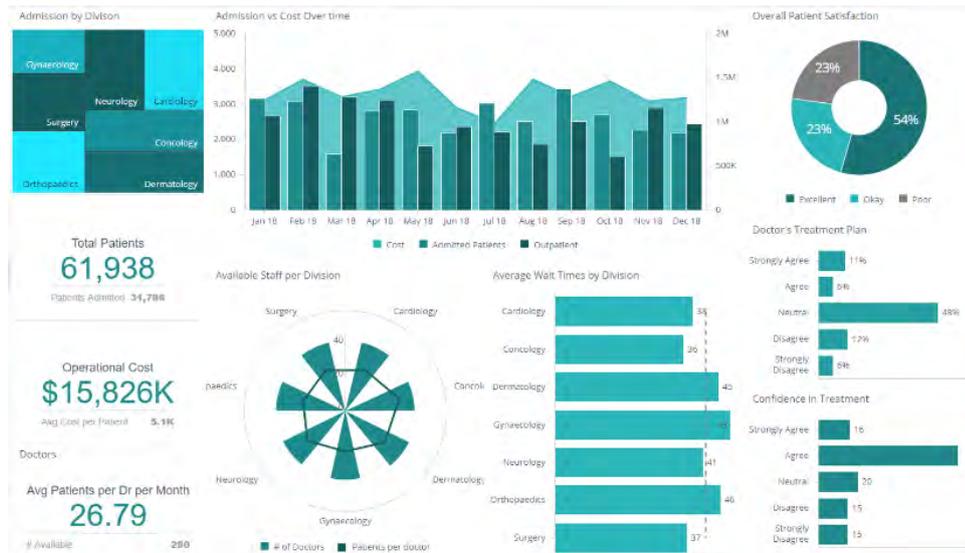


Figura 8. Ejemplo de un tablero médico.

Nota. El diseño del tablero médico mostrado es referencial y no será usado obligatoriamente en el diseño.

Tomada de (*Healthcare Dashboard Examples & Templates | Sisense, n.d.*)

2.4 Evaluación de soluciones

La evaluación de las soluciones se realizó mediante entrevistas y/o grupos focales con los usuarios antes definidos para lo cual se presentaron borradores de cada interfaz con la mayoría de los requerimientos obtenidos en las entrevistas, así como una elección preliminar de colores.

2.4.1 Interfaz Clínica

En esta interfaz se consideró la visualización de diversos parámetros fisiológicos del paciente desde la selección del equipo a monitorear ver Figura 7, teniendo así un control en una mayor cantidad de equipos a la vez, dentro de esta característica se consideró usar un color rojo para aquellos dispositivos que actualmente cuentan con una alarma no solucionada, adicionalmente lo parámetros fisiológicos más importantes considerados para mostrar fueron: PEEP, FIO₂, PIP y MVE; mientras que los parámetros de gestión del dispositivo son: Alarmas, estado, horas de uso y porcentaje de batería del equipo.



Figura 9. Primer diseño de la Interfaz clínica (selección de equipo).

Nota. Elaboración propia

Dentro de la interfaz de monitoreo ver Figura 8, se aumentó el tamaño de letra utilizado para los valores de los parámetros fisiológicos, adicionalmente se agregó un contenedor permanente en la parte superior para la visualización de las alarmas, también se agregó el gráfico de Presión vs Volumen, el cual se omitió en la implementación de la actual plataforma de TeleMasi, finalmente se agregó un apartado para la visualización de todas las alarmas que han ocurrido mientras el equipo estuvo prendido.



Figura 10. Primer diseño de la Interfaz clínica (monitoreo del paciente).

Nota. Elaboración propia

2.4.2 Interfaz Técnica

En la interfaz técnica se planteó la gestión de todos los ventiladores mecánicos, obteniendo parámetros globales, como lo son todas las alarmas que han sonado, el número de equipo operativos, y el tiempo de uso de estos, el gráfico más usado para dichos parámetros son los del tipo tabla, mientras que para el número de equipos se usó un gráfico circular basándose en otros tableros médicos que muestran la misma información, también se añadió un gráfico de barras referente a la cantidad de tiempo de uso de los ventiladores mecánicos mediante su número de serie, adicionalmente se agregó un apartado para la cantidad de pacientes atendidos así como un gráfico lineal de la cantidad de alarmas que han sonado en los último 7 días.



Figura 11. Primer diseño de la Interfaz técnica.
Nota. Elaboración propia

2.4.3 Evaluación de los conceptos de solución

Las evaluaciones hechas se resumen en las tablas 6 y 7, en estas se obtuvo la opinión de los usuarios si se está cumpliendo los requerimientos que se plantearon en el punto anterior, así como cuales otros se deberían incluir o excluir de acuerdo con el primer boceto de ambas interfaces. La elección de la mejor solución estará orientada a plantear los requerimientos finales producto de la visualización del primer borrador de las interfaces de usuario, así como la disposición final de estos requerimientos.

Tabla 6.
Evaluación del primer boceto de la interfaz clínica

Categoría	Requerimiento	Comentario
Requerimientos indispensables	Gráfico de presión	Las tres gráficas presentadas resultan eficientes, además al momento de añadir la funcionalidad real los datos graficados deben ser precisos con respecto a los valores muestreados de manera individual
	Gráfico de volumen	
	Gráfico de flujo	
	Espacio para alarmas	El añadir un espacio para visualizar todas las alarmas del día resulta en un fácil seguimiento del paciente, sin embargo, se debería agregar la función de silenciar las alarmas por un tiempo estimado de 180 segundos.
	Valores fisiológicos (PEEP, PIP, FIO2)	Los valores han sido agregados correctamente, y se agradece la implementación de todos los demás parámetros fisiológicos
Requerimientos de usabilidad	Visualización de varias pantallas a la vez	El añadir esta interfaz permite una rápida respuesta del médico ante varias alarmas que pueden suceder en diferentes dispositivos
	Tamaño de letra visible	El tamaño de letra es visible, pero no se denota como una característica importante.
	No este cargado de gráficas	Se uso una buena disposición de las características en ambas interfaces, lo cual no resulta en estar sobrecargado
	Gráfica de Presión vs Volumen	Es un buen añadido, pero sigue siendo dispensable

Tabla 7.
Evaluación del primer boceto de la interfaz técnica

Categoría	Requerimiento	Comentarios
Requerimientos de Gestión	Cantidad de horas usadas por equipo	Es preferible mostrar la cantidad de horas con el gráfico de barras que, en una tabla, teniendo que esta es repetitiva.
	Reporte de alarmas	El añadir el reporte de alarmas resultó crucial, y nominado con un excelente añadido, de ambas formas (tabla, y gráfico lineal)
Requerimientos para Investigación	Número de serie de Masi	Su uso junto con la gráfica de cantidad de horas de funcionamiento resulta eficiente.
Requerimientos adicionales	Color	La paleta de colores usadas para los fondos es muy oscura y asemeja al modo noche de otras plataformas, usar colores más iluminados, en consistencia con otras plataformas médicas.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LAS INTERFACES DE USUARIO

3.1 Consideraciones preliminares

La elaboración del prototipo de las interfaces de usuario debe contar con las siguientes consideraciones con el fin de demostrar cada característica de manera funcional:

- El prototipo debe contar con archivos multimedia que simulen un funcionamiento real de la plataforma
- Los botones y menús si deben contar con su funcionalidad real

3.2 Elaboración del prototipo

Los prototipos desarrollados fueron basados en los comentarios hechos al primer boceto de ambas interfaces, para ambas interfaces se usó la paleta de colores del logo Masi, además se añadió un encabezado con el logo, y un menú desplegable con un icono de rayas.

3.2.1 Interfaz Clínica

En la interfaz de selección de equipo perteneciente a la interfaz clínica se añadió las características de buscador y el uso de páginas para la visualización de más dispositivos, así como una disminución en el tamaño de las cajas que contenían los parámetros de los dispositivos con el objetivo de poder visualizar hasta 14 dispositivos a la vez.



Figura 12. Prototipo de la Interfaz clínica (selección de equipo).

Nota. Elaboración Propia

En la interfaz de monitoreo principal se agregó el botón para silenciar las alarmas, así también se añadió una codificación del equipo: MS1-Número de serie del equipo, Habitación (R) – N°; adicionalmente se enlazaron los iconos de la interfaz que permitan descargar y ampliar el registro de alarmas, gráficos de presión, flujo y volumen; con el objetivo de simular un ambiente más real al momento de realizar la validación final.

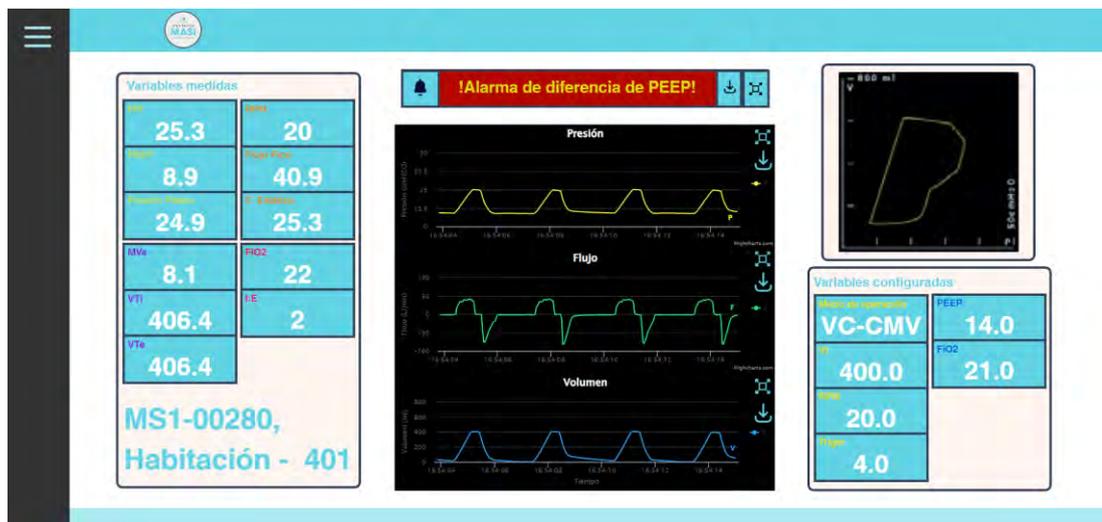


Figura 13. Prototipo de la Interfaz clínica (monitoreo del paciente).

Nota. Elaboración Propia

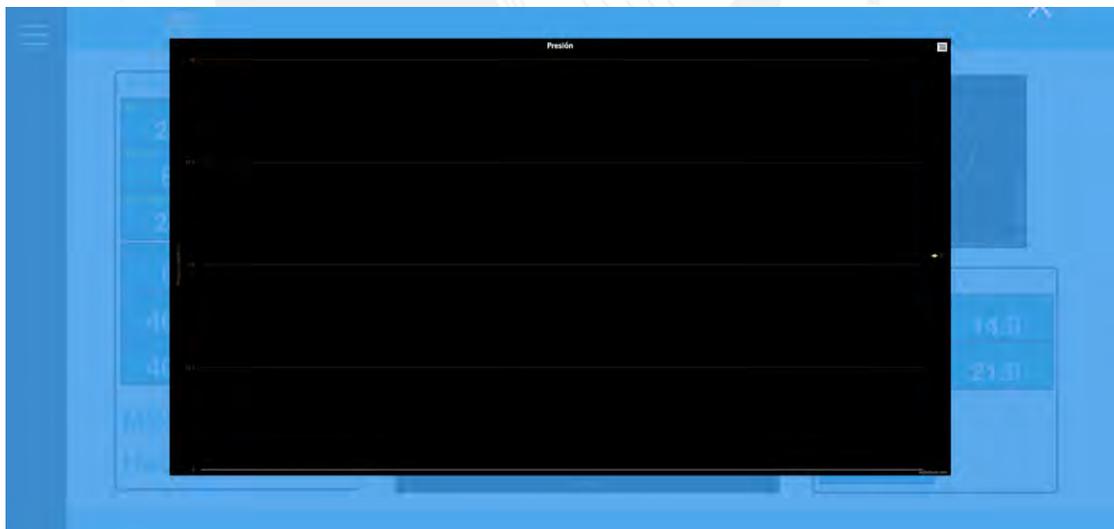


Figura 14. Prototipo de la Interfaz clínica (monitoreo del paciente – ampliación de las gráficas de presión, flujo y volumen).

Nota. Elaboración Propia

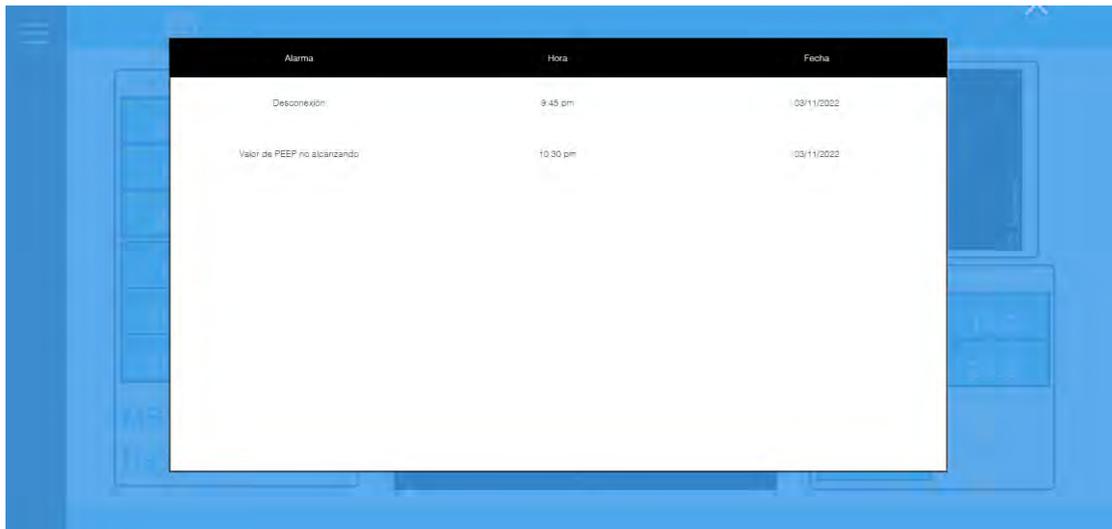


Figura 15. Prototipo de la Interfaz clínica (monitoreo del paciente – ampliación del registro de alarmas).

Nota. Elaboración Propia

3.2.2 Interfaz técnica

La interfaz técnica cuenta con dos interfaces, la primera y principal es una donde se muestran los valores en grupo de los ventiladores Masi ver Figura 14, incluyendo un gráfico de barras con las horas acumuladas de cada ventilador en función a su número de serie, así como un gráfico de alarmas de todos los equipos en los últimos 10 días, también cuenta con una tabla donde se tiene presente las fechas del último y próximo mantenimiento preventivo, las alarmas y la ubicación de cada ventilador por separado, en la zona inferior izquierda se tiene un contador del total de pacientes atendidos y un registro sobre la cantidad de equipos que están en uso, libre y los que se encuentran actualmente en mantenimiento.



Figura 16. Prototipo de la Interfaz técnica (Ventana principal con los parámetros globales de los ventiladores).

Nota. Elaboración Propia

Dentro de la tabla sobre las especificaciones de cada ventilador se despliega una ventana ver Figura 15, dentro de ella se cuenta con información adicional a la de la tabla como la red de internet desde la cual el equipo esta enviando los datos a la plataforma, así como la cantidad de horas que ha estado usando, adicionalmente cuenta con tres gráficos pertenecientes a la presión flujo y volumen, las cuales pueden ser controladas por los botones de la parte superior, para así poder visualizar un mayor rango de valores para su calibración del equipo biomédico, adicionalmente cuenta con un registro de alarmas con la hora y fecha.



Figura 17. Prototipo de la Interfaz técnica (Ampliación de los ventiladores de manera individual).
Nota. Elaboración propia

3.3 Documentación

Con la finalización del diseño de ambos prototipos se realizó la documentación respectiva como lo sugiere la norma ISO 9241-210, esto con el objetivo de poder comunicar las ideas propuestas para el diseño:

3.3.1 Justificación de cada decisión tomada

- Elección de la metodología: Se eligió la metodología VDI 2221, debido a que no requiere de una gran cantidad de recursos humanos, y además permite también la iteración de los procesos con el usuario, sin embargo, se realizaron cambios en la elección de la alternativa de solución ya que no se busca crear un producto como tal, sino un diseño, y una metodología centrada en el usuario proveniente de las normas ISO 9241-210.

- Obtención de los Requerimientos: La elección de las entrevistas en vez un grupo focal para los usuarios fue debido a los horarios no compatibles de los médicos que estuvieron de acuerdo en participar en el proyecto.
- Elección del software de prototipado: El prototipado de las interfaces de usuario se realizó en la plataforma WIX, ya que permitía simular la funcionalidad esperada de las interfaces.
- Normas usadas en el diseño y validación: Se decidió trabajar con normas centradas solo en el diseño de interfaz de usuario como lo son la ISO 9241-210 y la ISO 9241-161, excluyendo normas como la IEC 62304 o la ISO 82304-2 que se centran en dispositivos médicos y programación de la plataforma y no en las vistas de una plataforma externa.

3.3.2 Limitaciones impuestas y que surgieron durante la realización del proyecto

- El presente proyecto no requiere del aval de un comité de ética como requisito obligatorio por lo que se usarán solo consentimientos informados para la recolección de información.
- El diseño de las interfaces de usuario será solo con respecto a las vistas, por lo que no se trabajará con el código interno del software de Tele-Masi.
- Todo el diseño estará enfocado en satisfacer las necesidades para la plataforma de telemetría del ventilador mecánico Masi.
- La validación de las interfaces se realizará mediante ambientes simulados dentro del mismo diseño de la página web.
- Hubo limitaciones en la cantidad de personal empleado para las entrevistas y los grupos focales, ya que no todos contaban con el tiempo suficiente para poder apoyar en las tres reuniones, por lo que se trabajó con el personal disponible.

3.3.3 Características de las interfaces

En las tablas 8 y 9 se muestran las características por cada requerimiento obtenido en las reuniones con los usuarios de cada interfaz, agrupados por sus categorías correspondientes, describiendo su ubicación y funcionalidad esperada.

Tabla 8.
Caracterización de la interfaz clínica

Categoría	Requerimiento	Características
Requerimientos indispensables	Gráfico de presión	Las tres gráficas se muestran en la zona central de la interfaz de monitoreo, adicionalmente se pueden ampliar y descargar los datos en formato CSV.
	Gráfico de volumen	
	Gráfico de flujo	
	Espacio para alarmas	Se tiene un espacio para alarmas en la zona superior donde se puede en el icono de una campana se puede detener el ruido de la alarma, adicionalmente tiene un botón para ampliar y ver el registro de todas las alarmas que ha sufrido el equipo, así como la descarga de estas.
	Valores fisiológicos (PEEP, PIP, FIO2)	Se agregaron todas las variables que ya se encontraban presentes en la interfaz original de la plataforma de monitoreo de Masi (Variables medidas y configuradas)
Requerimientos de usabilidad	Visualización de varias pantallas a la vez	Se creó una interfaz que permite el monitoreo de 14 ventiladores mecánicos Masi a la vez mediante cajas que contienen cuatro parámetros fisiológicos (PEEP, FIO2, PIP, MVe) y del equipo (Alarmas, estado, horas de uso y batería), teniendo que el apartado de “Alarmas” tendrá un color rojo si es que hay alguna.
	Tamaño de letra visible	Se uso un tamaño de letra de 40 px para los valores fisiológicos de monitoreo.
	No este compuesto por muchas gráficas	Dentro de la interfaz principal de monitoreo solo se usaron cuatro gráficas, mientras que para la interfaz de selección de equipo no se usó ninguna.
	Añadir gráfica de Presión vs Volumen	Se añadió la gráfica Presión vs Volumen, dispuesta en la zona lateral derecha de la interfaz principal de monitoreo

Tabla 9
Caracterización de la interfaz clínica

Categoría	Requerimiento	Características
Requerimientos de Gestión	Fecha del último mantenimiento preventivo, así como del próximo	La información sobre el mantenimiento preventivo se agregó de manera grupal en una tabla, adicionalmente se puede ver las fechas por separado dentro de la ventana emergente de cada ventilador.
	Cantidad de horas usadas por equipo	La cantidad de horas por equipo (número de serie) se visualiza la zona superior izquierda con un gráfico de barras, adicionalmente esta información también está en cada ventana emergente del equipo correspondiente.
	Ubicación del equipo	Sé encuentra de manera grupal en la tabla de la interfaz principal y en la ventana emergente de cada equipo.
	Reporte de alarmas	El número de alarmas de cada equipo se encuentra dentro de la tabla de la interfaz principal, además se añadió en la zona superior derecha un gráfico de tendencia del número total de alarmas en los últimos 10 días, finalmente el informe detallado de cada alarma se encuentra en la ventana emergente de cada equipo.
Requerimientos para Investigación	Ver el registro histórico en tiempo de las variables (flujo, presión, volumen) mediante la grabación de los datos cada cierto tiempo	Dentro de las ventanas emergentes se agregaron los gráficos de flujo, presión y volumen, junto con los botones de inicio, pausa, y detener, para poder determinar que rango de valores del ventilador se quiere analizar.
	Número de serie de Masi	El número de serie de Masi se agregó por cada característica individual tanto en la tabla de la interfaz principal como en las ventanas.
	Visualizar a que red de internet está conectado el ventilador	La información sobre la red de internet en la cual se encuentra conectado el dispositivo está presente en las ventanas de cada ventilador.
Requerimientos adicionales	Paleta de colores	La paleta de colores elegida está relacionada con los usados en la creación del logo del ventilador mecánico Masi

	Gráfico circular de los estados de los ventiladores	Gráfico de tres secciones: rojo, amarillo y azul; los cuales representan la cantidad de ventiladores sin un paciente conectado, en mantenimiento y actualmente en uso respectivamente
	Etiqueta de la cantidad de pacientes tratados	Icono de un paciente con el número total de pacientes tratados

3.3.4 Guía de uso de las características

- Selección de interfaz: Dentro de la plataforma web se podrá elegir entre dos páginas, la primera es un resumen de todos los ventiladores mecánicos enlazados al sistema mediante gráficos y tablas (interfaz técnica) que a la vez cuenta con la capacidad de generar una ventana por cada ventilador, la segunda es la selección de un ventilador en específico, para esto primero se tendrá una pantalla que muestra 14 dispositivos a la vez, cada una con una visión resumida de los valores más importantes del paciente, para después poder elegir el resumen completo de uno de los ventiladores mecánicos (interfaz clínica).
- Visualizar Alarmas: Ambas interfaces cuentan con un monitoreo constante de alarmas, teniendo la interfaz técnica un registro total de todas las alarmas, mientras que en la interfaz clínica cada registro es individual.
- Extracción de datos: Exporta todos los datos vistos en la interfaz técnica a un archivo csv para su posterior análisis, adicionalmente dentro de las ventanas emergentes se puede definir desde que momento empezar la grabación de datos de las variables presión flujo y volumen; y en la interfaz clínica los gráficos de presión, volumen, flujo, así como el registro de alarmas se pueden descargar.

CAPÍTULO 4

VALIDACIÓN DE LAS INTERFACES DE USUARIO

4.1 Diseño de las entrevistas de satisfacción

Las evaluaciones de satisfacción constaron de tres diferentes tipos de preguntas: Preguntas de Si/No, preguntas con escala Likert de uno a cinco (uno, no cumple en absoluto con su función asignada y cinco, que cumple todas las expectativas con respecto a la funcionalidad) y preguntas con respuestas abiertas, las cuales tuvieron como patrón el Anexo B y C, los cuales son una adaptación de una evaluación de la satisfacción sobre la implementación de un servicio de telemedicina (Ruiz-Romero et al., 2021), para el resultado final se obtuvo el promedio de todos los puntajes obtenidos por cada entrevistado.

4.2 Validación con los usuarios finales

La validación de la interfaz clínica se realizó con dos doctores que contaban con experiencia en el uso de ventiladores mecánicos, en donde las recomendaciones de ambos se resumen en la Tabla 10; mientras para la validación de la interfaz técnica se tuvo un grupo focal de tres ingenieros con experiencia en dispositivos médicos y que estuvieron involucrados en mayor o menor medida en la creación de Masi y se resumió sus recomendaciones en la Tabla 11. Adicionalmente se creó un diagrama de clases ver Figura 18. la cual tiene el objetivo de mostrar la relación entre las diferentes funciones de cada una, y como se esperaría que termine funcionando una interfaz real.

Tabla 10.
Validación de la interfaz clínica

Categoría	Requerimiento	Cumple con su función	Escala Likert de funcionalidad	Recomendaciones
Requerimientos indispensables	Gráfico de presión	Sí	4.5	Añadir la capacidad de ver los valores exactos en las gráficas
	Gráfico de volumen	Sí	4.5	
	Gráfico de flujo	Sí	4.5	
	Espacio para alarmas	Sí	4	Si hay más de una alarma presente estas deben ser visualizadas a la vez.
	Valores fisiológicos (PEEP, PIP, FIO2)	Sí	4.5	Cambiar el color amarillo por uno con mayor contraste.

Requerimientos de usabilidad	Visualización de varias pantallas a la vez	Sí	4	La cantidad de equipos visibles deber ser solo seis u ocho. Añadir la capacidad de elegir que parámetros fisiológicos monitorizar.
	Tamaño de letra visible	Sí	5	-
	No este compuesto por muchas gráficas	Sí	4	La interfaz de selección debe mostrar menos equipos.
	Gráfica de Presión vs Volumen	Sí	4	Añadir numeración en los ejes del gráfico.

Tabla 11
Validación de la interfaz técnica

Categoría	Requerimiento	Cumple con su función	Escala Likert de funcionalidad	Recomendaciones
Requerimientos de Gestión	Fecha del último mantenimiento preventivo, así como del próximo	Sí	4	Agregar una alarma de recordatorio para los mantenimientos preventivos que se encuentren cercanos (siete días como mimo), así mismo agregar un gráfico acumulado con la cantidad a los cuales ya se les ha ejecutado el mantenimiento preventivo y de aquellos que aún están pendientes, a la fecha actual.
	Cantidad de horas usadas por equipo	Sí	5	Agregar una barra de desplazamiento horizontal en el gráfico de horas acumuladas por equipo, adicionalmente ordenar el número de horas de manera descendente
	Ubicación del equipo	Sí	5	Agregar un espacio para las coordenadas del equipo
	Reporte de alarmas	Sí	5	Agregar cuanto tiempo ha estado sonando cada alarma
Requerimientos para Investigación	Ver el registro histórico en tiempo de las variables (flujo, presión, volumen) mediante la grabación de los datos cada cierto periodo de tiempo	Sí	3	Cambiar los gráficos de tiempo continuo a uno de tendencia donde el parámetro usado para dichas gráficas pueda ser elegido por el usuario (media, promedio, etc), y la numeración debe tener como máximo la hora y los minutos
	Número de serie de Masi	Sí	5	-
	Visualizar a que red de internet está conectado el ventilador	Sí	5	-
Requerimientos adicionales	Paleta de colores	Sí	5	Cambiar el color crema de la ventana emergente por uno blanco

	Gráfico circular de los estados de los ventiladores	Sí	5	Aumentar el grosor del grafico circular y cambiar el color azul del mismo por uno con mayor contraste (verde)
	Etiqueta de la cantidad de pacientes tratados	No	-	Quitar de la interfaz, no es necesario, finalmente generar un inicio de sesión que delimite la información del paciente que puede observar el personal que usará la interfaz técnica.

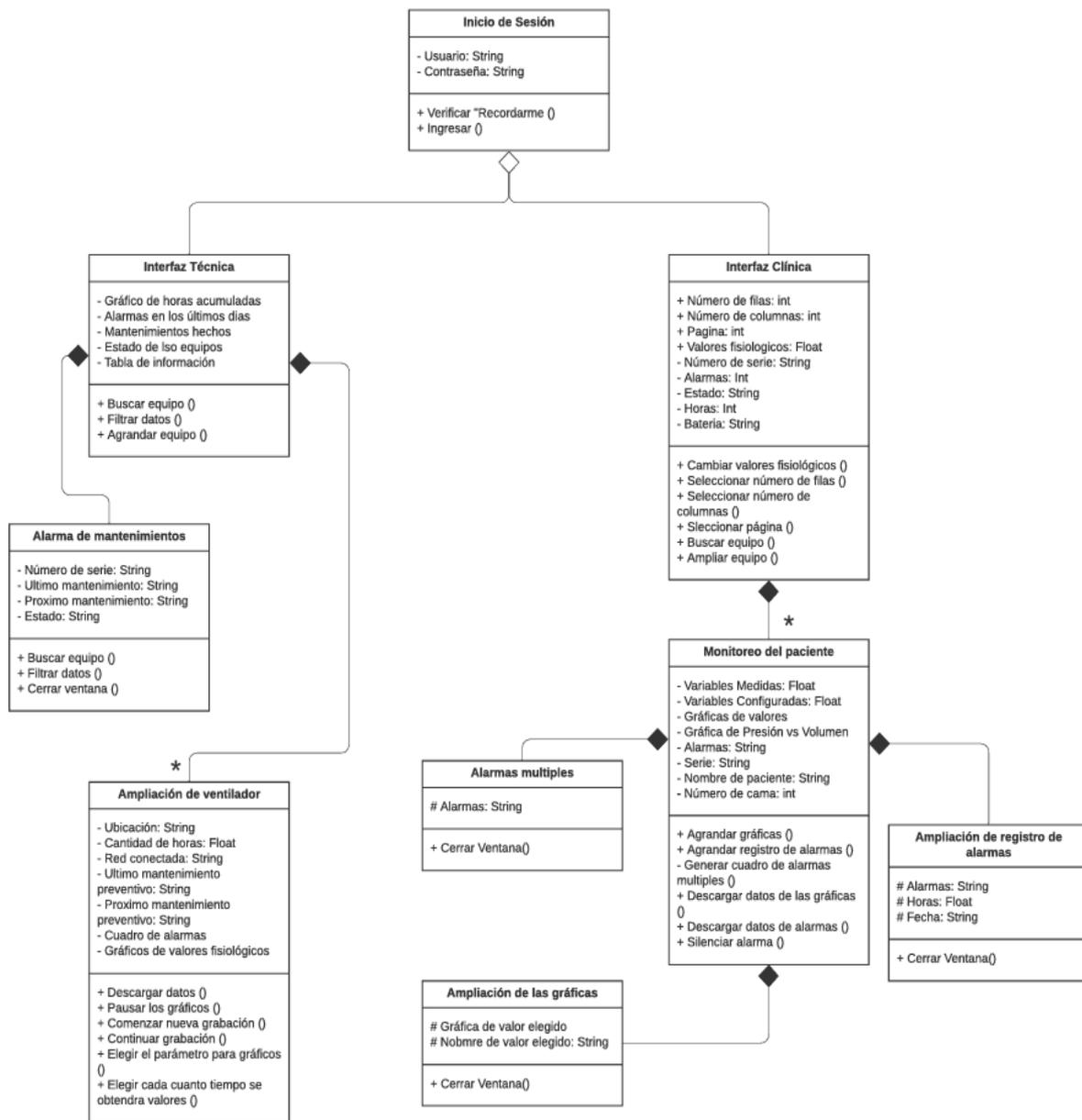


Figura 18. Diagrama de clases de las interfaces
 Nota. Elaboración propia

4.3 Documentación final respecto a la validación (Conformidad)

Conforme a la norma ISO 9241-210, el documento final del diseño corresponde a la conformidad la cual incluye saber si todos los requerimientos fueron satisfechos, identificar las recomendaciones aplicables, explicación del porque alguna recomendación no es aplicable y finalmente indicar si se han seguido las recomendaciones y de qué forma. En la tabla 12 se muestra dicha conformidad de la interfaz clínica, y las Figuras 18-21 las interfaces con las recomendaciones realizadas; finalmente en la tabla 13 corresponde a la interfaz técnica, y las Figuras 24-26 las interfaces finales, mientras que las Figuras 22 y 23 son recomendaciones que aplicaron a toda la plataforma.



Figura 19. Interfaz clínica final (selección de equipo).

Nota. Elaboración propia

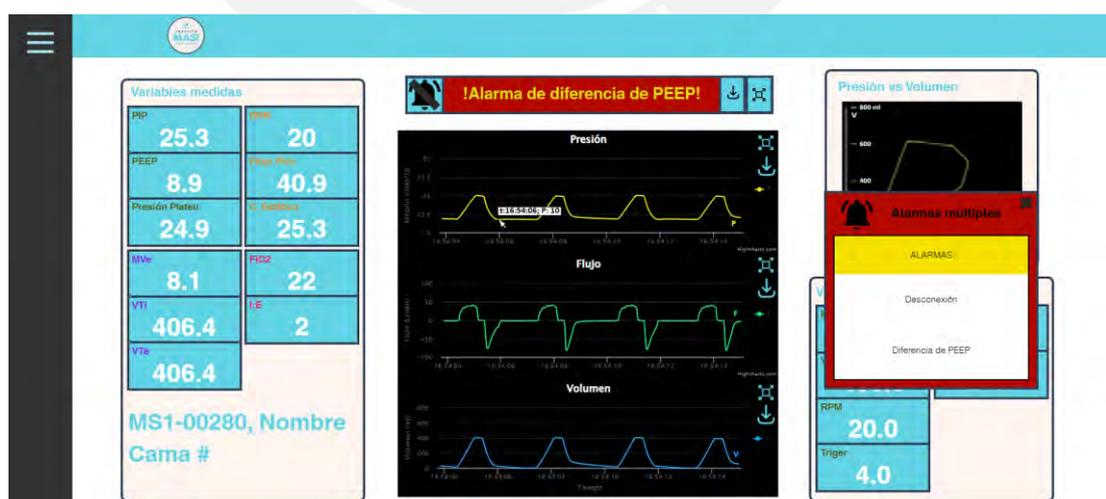


Figura 20. Interfaz clínica final (monitoreo del paciente).

Nota. Elaboración propia

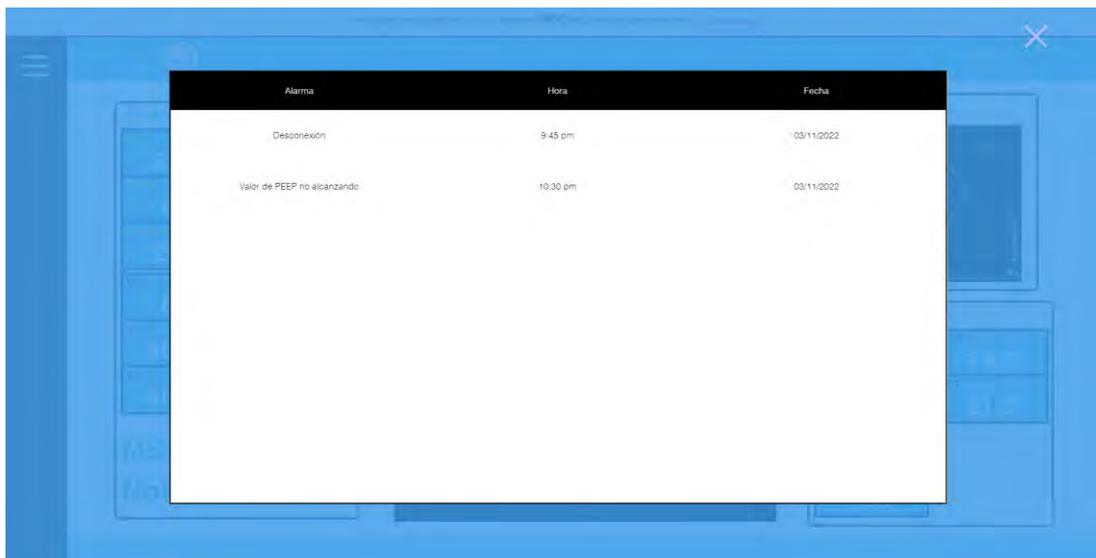


Figura 21. Interfaz clínica final (monitoreo del paciente – ampliación del registro de alarmas).
Nota. Elaboración propia



Figura 22. Interfaz clínica final (monitoreo del paciente – ampliación de las gráficas de presión, flujo y volumen).
Nota. Elaboración propia

Tabla 12
Conformidad de la interfaz clínica

Recomendación	Aplicabilidad		Conformidad	
	Si/No	Razón no aplicable	Si/No	Comentarios
Añadir la capacidad de ver los valores exactos en las gráficas	Si	-	Si	Se añadió un marcador con un cuadro blanco con la información del tiempo y del parámetro correspondiente donde el curso se encuentre.
Gráfico de volumen	Si	-	Si	
Gráfico de flujo	Si	-	Si	
Si hay más de una alarma presente estas deben ser visualizadas a la vez.	Si	-	Si	Se añadió una ventana emergente de alarmas, la cual aparecerá en el espacio de la gráfica de presión vs volumen, esta ventana contará con la capacidad de ser movida de posición y/o cerrada en cualquier momento.

Cambiar el color amarillo por uno con mayor contraste.	Sí	-	Sí	Se cambio el color amarillo por un verde oscuro
La cantidad de equipos visibles deber ser solo seis u ocho, además añadir la capacidad de elegir que parámetros fisiológicos monitorizar.	Sí	-	Sí	Se agrandó el tamaño de cada caja que contenía la información individual de los ventiladores mecánicos, con el fin de que ocupen el lugar de las cajas que serian eliminadas para poder monitorear un total de ocho ventiladores en simultaneo
La interfaz de selección debe mostrar menos equipos.	Sí	-	Sí	Fue realizada en la recomendación previa, en la sección de la interfaz de selección de múltiples equipos
Añadir numeración en los ejes del gráfico.	Sí	-	Sí	Se añadió la numeración correspondiente a ambos ejes.

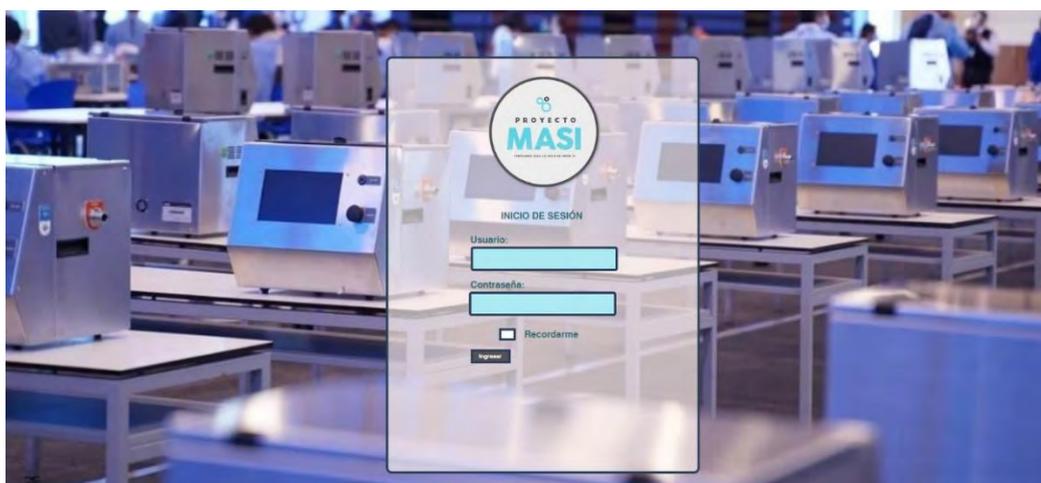


Figura 23. Interfaz de Inicio de Sesión
Nota. Elaboración propia



Figura 24. Indicador de interfaz desbloqueada de acuerdo con el usuario ingresado en un menú vertical

Nota. Elaboración propia



Figura 25. Interfaz técnica final (Ventana principal con los parámetros globales de los ventiladores).
Nota. Elaboración propia



Figura 26. Interfaz técnica final (Ventana de alarma para los mantenimientos pendientes y próximos).
Nota. Elaboración propia



Figura 27. Interfaz técnica final (Ampliación de los ventiladores de manera individual)
Nota. Elaboración propia

Tabla 13
Conformidad de la interfaz técnica

Recomendación	Aplicabilidad		Conformidad	
	Si/No	Razón no aplicable	Si/No	Comentarios
Agregar una alarma de recordatorio para los mantenimientos preventivos que se encuentren cercanos (7 días como mímimo), así mismo agregar un gráfico acumulado con la cantidad a los cuales ya se les ha ejecutado el mantenimiento preventivo y de aquellos que aún están pendientes, a la fecha actual.	Sí		Sí	Se agregó una ventana al inicio de la interfaz el cual se generará solo si hay algún equipo con un mantenimiento pendiente o muy cercano (7 días), esta ventana contiene la información de las fechas de los ventiladores que se encuentran en una de las dos situaciones mencionadas, adicionalmente se agregó el gráfico acumulado sobre aquellos equipos que ya tuvieron su mantenimiento preventivo, este cuadro fue hecho en Excel, también se usó un color rojo en la celdas de la tabla principal para denotar aquellos equipos que tienen el mantenimiento preventivo pendiente, mientras que se usó el color amarillo para los que tienen pronto su mantenimiento.
Agregar una barra de desplazamiento horizontal en el gráfico de horas acumuladas por equipo, adicionalmente ordenar el número de horas de manera descendente	Sí		Sí	Se agregó una barra de desplazamiento hecha con figuras geométricas, simulando así su funcionamiento, adicionalmente se ordenaron los datos de manera descendente en Excel.
Agregar un espacio para las coordenadas del equipo	Sí		Sí	Se agregaron las coordenadas de los equipos en la ventana individual de cada equipo.
Agregar cuanto tiempo ha estado sonando cada alarma	Sí		Sí	El tiempo de duración de cada alarma se agregó a la tabla del registro de alarmas presente en la ventana individual de cada equipo
Cambiar los gráficos de tiempo continuo a uno de tendencia, y la numeración debe tener como máximo la hora y los minutos	Sí		Sí	Los gráficos fueron hechos en Excel, adicionalmente se agregó una caja de selección que permita elegir cada cuanta muestra se generará un punto con el promedio de estas.
Cambiar el color crema de la ventana emergente por uno blanco	Sí		Sí	Se cambio el color de fondo de la ventana individual por uno blanco
Aumentar el grosor del grafico circular y cambiar el color azul del mismo por uno con mayor contraste (verde)	Sí		Sí	El grosor del gráfico circular fue cambiado en Excel, así mismo el color azul ahora es verde.

Quitar de la interfaz, no es necesario	Sí		Sí	Sé eliminó la cantidad de paciente atendidos, y en su lugar se posicionó el gráfico acumulado de mantenimientos preventivos hechos.
Agregar una interfaz de inicio de sesión que delimite el acceso de información de acuerdo con el usuario previsto	Sí		Sí	Sé diseño una interfaz de inicio de sesión con logo de MASI que permita ingresar un usuario y contraseña, así como una distinción del tipo de permiso que tiene el usuario para poder acceder a cada interfaz.



OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

La incorporación del usuario en el diseño de las interfaces se dio en la obtención de los requerimientos; validación de los primeros bocetos, los cuales contaban con la disposición inicial de los requerimientos; y finalmente se tuvo su participación en la validación de la propuesta de solución, sin embargo, se recomienda la creación de un grupo de trabajo más grande el cual permita distribuir roles, como en la metodología ágil SCRUM, en ella el rol de Scrum Master es encargado de mantener un contacto constante con los usuarios, permitiendo que la retroalimentación sea continua y no solo en ocasiones específicas.

Los dos diseños finales de las interfaces de usuario validados en todo el presente proyecto aún requieren de validaciones adicionales, para las cuales se debe añadir la funcionalidad real a dichas interfaces, incluyendo el envío y recojo de datos, así como el sistema de comunicación entre los ventiladores mecánicos y la plataforma de telemetría, dentro de estas validaciones se recomienda realizar otra vez el análisis heurístico.

Adicionalmente la incorporación de un sistema de enlace con la historia clínica del paciente se declara una funcionalidad útil por parte de los entrevistados para una versión final o más compleja de la plataforma de telemetría presentada debido a que permitiría diferenciar valores atípicos de acuerdo a los antecedentes de cada paciente por separado, ante lo cual se recomienda tener en cuenta la ley de 29733 acerca de la protección de datos personales para su futura incorporación.

CONCLUSIONES

Se realizó la implementación de la interfaz de usuario para el ventilador Masi con la capacidad de visualizar los parámetros fisiológicos (PEE, PIP, MVe, FiO₂) y los parámetros técnicos (Cantidad de alarmas, Estado, Horas de uso, Batería). Lo cual resultó ser uno de los agregados más importantes según la opinión de los médicos entrevistados, debido al control simultáneo de varios pacientes, avisando al médico cual requiere su pronta atención, sin necesidad de ingresar a cada interfaz individual generando un menor tiempo de respuesta, así mismo tener un control por fecha y hora permite el seguimiento constante de cada paciente aun cuando el médico a cargo no se encuentra presente.

Se diseñó la interfaz técnica la cual es una función completamente nueva para la plataforma de TeleMasi. La cual mejora el control de los parámetros de gestión y de mantenimiento de los equipos, contando con indicadores sobre los mantenimientos pendientes y aquellos que están próximo a suceder, así como un control constante de los valores obtenidos del equipo que ayuda a evaluar el funcionamiento de este. Según los usuarios esta interfaz es de suma importancia ya que el dispositivo es de alto riesgo al estar conectado directamente al paciente, por lo cual un desperfecto en el dispositivo que pudo ser prevenido es inaceptable en todo su funcionamiento.

En la validación de ambas interfaces los entrevistados dieron notas positivas, promedio mayor de 4, en la escala Likert de 1 a 5 para clasificar su nivel de facilidad de uso. Teniendo así que su incorporación en un ambiente real resultará más sencilla que la versión de emergencia implementada en la pandemia. Además, los comentarios hechos por el personal entrevistado refuerzan la idea de que realizar sesiones iterativas en el diseño de una interfaz de telemonitoreo permite entender mejor el contexto peruano real con respecto al uso de este tipo de tecnologías por usuarios reales.

BIBLIOGRAFÍA

- [ACKRIVO, 2021] Ackrivo, J., Elman, L., & Hansen-Flaschen, J. (2021). Telemonitoring for Home-assisted Ventilation: A Narrative Review. *Annals of the American Thoracic Society*, 18(11), 1761–1772. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202101-033CME>
- [ALVA-ARROYO, 2021] Alva-Arroyo, L. L., Núñez del Prado Murillo, J., Ancaya Martínez, M. del C. E., & Floréz-Ibarra, J. M. (2021). Experiencias de telesalud en un hospital especializado en salud mental durante la pandemia de COVID-19 en Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 38(4), 653–659. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2021.384.9220>
- [ANDRADE, 2020] Andrade, E., Quinlan, L., Harte, R., Byrne, D., Fallon, E., Kelly, M., Casey, S., Kirrane, F., O'Connor, P., O'Hora, D., Scully, M., Laffey, J., Pladys, P., Beuchée, A., & ÓLaighin, G. (2020). Novel Interface Designs for Patient Monitoring Applications in Critical Care Medicine: Human Factors Review. *JMIR Human Factors*, 7(3), e15052. <https://doi.org/10.2196/15052>
- [ARMAIGNAC, 2018] Armaignac, D. L., Saxena, A., Rubens, M., Valle, C. A., Williams, L.-M. S., Veledar, E., & Gidel, L. T. (2018). Impact of Telemedicine on Mortality, Length of Stay, and Cost Among Patients in Progressive Care Units. *Critical Care Medicine*, 46(5), 728–735. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002994>
- [ARRIOLA, 2021] Arriola Torres, L. F., Palomino Taype, K. R., & Quintana Castro, L. (2021). Calidad de sueño y antojo por azúcares en médicos residentes durante la pandemia de COVID-19 en el Perú. *Neurología Argentina*, 13(1), 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.neuarg.2021.01.004>
- [ASSOCIATES, 2005] Associates, E. &. (2005). Guidelines for Conducting a Focus Group. *Duke University Website*, 1–13.
- [BASHOLLI, 2018] Basholli, A., Lagkas, T., Bath, P. A., & Eleftherakis, G. (2018). Healthcare professionals' attitudes towards remote patient monitoring through sensor networks. *2018 IEEE 20th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services, Healthcom 2018*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/HealthCom.2018.8531090>
- [BLANKART, 2021] Blankart, C. R., Dams, F., Penton, H., Kaló, Z., Zemplényi, A., Shatrov, K., Iskandar, R., & Federici, C. (2021). Regulatory and HTA early dialogues in medical devices. *Health Policy*, 125(10), 1322–1329. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2021.07.010>
- [CHANDRASEGARAN, 2017] Chandrasegaran, S., Badam, S. K., Kisselburgh, L., Ramani, K., & Elmqvist, N. (2017). Integrating Visual

- Analytics Support for Grounded Theory Practice in Qualitative Text Analysis. *Computer Graphics Forum*, 36(3), 201–212. <https://doi.org/10.1111/cgf.13180>
- [CHANG, 2021] Chang, J., Acosta, A., Benavides-Aspiaz, J., Reategui, J., Rojas, C., Cook, J., Nole, R., Giampietri, L., Pérez-Buitrago, S., Casado, F. L., & Castaneda, B. (2021). Masi: A mechanical ventilator based on a manual resuscitator with telemedicine capabilities for patients with ARDS during the COVID-19 crisis. *HardwareX*, 9, e00187. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2021.e00187>
- [CHETTRI, 2018] Chettri, A., Raja, S., & Kumar, V. (2018). Embedded Based Smart ICU-For Intelligent Patient Monitoring. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 6(5), 193–199.
- [CIFUENTES, 2021] Cifuentes-Faura, J. (2021). COVID-19 Mortality Rate and Its Incidence in Latin America: Dependence on Demographic and Economic Variables. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 6900. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136900>
- [COSTA, 2017] Costa, N. A., Holder, E., & MacKinnon, S. N. (2017). Implementing human centred design in the context of a graphical user interface redesign for ship manoeuvring. *International Journal of Human Computer Studies*, 100, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.12.006>
- [DIGTEL, 2020] DIGTEL. (2020). *Informe técnico sobre los servicios de Teleorientación y Telemonitoreo canalizados mediante el aplicativo web TELEATIENDO*.
- [ESSALUD., 2000] ESSALUD. (2000). *Manual de Usuario del Sistema - Planeamiento y Control del Mantenimiento Hospitalario*.
- [ESSALUD., 2019] ESSALUD. (2019). *Manual de Usuario SISMAC*.
- [FOUQUET, 2020] Fouquet, S. D., & Miranda, A. T. (2020). Asking the Right Questions—Human Factors Considerations for Telemedicine Design. *Current Allergy and Asthma Reports*, 20(11). <https://doi.org/10.1007/s11882-020-00965-x>
- [FRITH, 2019] Frith, K. H., Alexander, S., & Haley, H. (2019). *Applied Clinical Informatics for Nurses, Second Edition*.
- [GALÁN-RODAS, 2020] Galán-Rodas, E., Tarazona-Fernández, A., & Palacios-Celi, M. (2020). Riesgo y muerte de los médicos a 100 días del estado de emergencia por el COVID-19 en Perú. *ACTA MEDICA PERUANA*, 37(2). <https://doi.org/10.35663/amp.2020.372.1033>

- [GARCÍA RODRÍGUEZ, Y. C., 2017] García Rodríguez, y. C. (2017). *EL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA MÓDULO LOGÍSTICA (SIGA-ML) Y SU INFLUENCIA EN LAS CONTRATACIONES PÚBLICAS DEL HOSPITAL SANTA ROSA IDEL DISTRITO DE TAMBOPATA - PERÍODO 2016.*
- [HALPERN, 2014] Halpern, N. A. (2014). Innovative Designs for the Smart ICU. *Chest*, 145(4), 903–912.
<https://doi.org/10.1378/chest.13-0005>
- [SISENSE, 2022] *Healthcare Dashboard Examples & Templates | Sisense.* (n.d.). Retrieved June 4, 2022, from <https://www.sisense.com/dashboard-examples/healthcare/>
- [HERASEVICH, 2019] Herasevich, V., & Subramanian, S. (2019). Tele-ICU Technologies. *Critical Care Clinics*, 35(3), 427–438.
<https://doi.org/10.1016/j.ccc.2019.02.009>
- [HERBET, 2021] Herberth Cuba. (2021). *Acciones, impactos y consecuencias del covid-19.*
- [HINCAPIE, 2020] Hincapié, M. A., Gallego, J. C., Gempeler, A., Piñeros, J. A., Nasner, D., & Escobar, M. F. (2020). *Implementation and Usefulness of Telemedicine During the COVID-19 Pandemic: A Scoping Review. In Journal of Primary Care and Community Health (Vol. 11).* SAGE Publications Inc.
<https://doi.org/10.1177/2150132720980612>
- [HUBSPOT, 2022] *How to Run a Focus Group for Your Business.* (n.d.). Retrieved May 30, 2022, from <https://blog.hubspot.com/marketing/how-to-run-a-focus-group>
- [HUAMAN YUCRA, S., 2022] Huaman Yucra, S. (2022). *Sistema integrado de gestión administrativa y la ejecución presupuestaria en el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón, Puno - 2020.*
- [HWEI, 2021] Hwei, L. R. Y., & Octavius, G. S. (2021). Potential advantages and disadvantages of telemedicine: A literature review from the perspectives of patients, medical personnel, and hospitals. *Journal of Community Empowerment for Health*, 4(3), 228.
<https://doi.org/10.22146/jcoemph.64247>
- [ISO, 2016] *ISO - ISO 9241-161:2016 - Ergonomics of human-system interaction — Part 161: Guidance on visual user-interface elements.* (n.d.). Retrieved May 30, 2022, from <https://www.iso.org/standard/60476.html>
- [ISO, 2019] *ISO - ISO 9241-210:2019 - Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems.* (n.d.). Retrieved May 30, 2022, from <https://www.iso.org/standard/77520.html>

- [KOFOED, 2012] Kofoed, S., Breen, S., Gough, K., & Aranda, S. (2012). Benefits of remote real-time side-effect monitoring systems for patients receiving cancer treatment. *Oncology Reviews*, 6(1), 51–63. <https://doi.org/10.4081/oncol.2012.e7>
- [LOAYSA-SALVATIERRA, 2021] Loayza-Salvatierra, N., Vilela-Estrada, M. A., Vallejos-Núñez, R., Paz-Campos, N. A., Esquivel-Marrón, R. M., & Mejía, C. R. (2021). Percepción y factores asociados a la posibilidad de atender a pacientes con COVID-19 en médicos recién egresados del Perú. *Revista Del Cuerpo Médico Del HNAAA*, 13(4), 366–371. <https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2020.134.771>
- [MEZA-SANTIBAÑEZ, 2021] Meza-Santibañez, L., H. Novoa, R., Torres-Osorio, J., Jáuregui-Canchari, V., Rodríguez-Hilario, N., Guevara-Ríos, E., Huang-Yang, X., & Ventura Laveriano, W. (2021). Implementación de un modelo mixto de atención prenatal, presencial y virtual durante la pandemia COVID-19, en el Instituto Nacional Materno Perinatal en Lima, Perú. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 67(2), 1–8. <https://doi.org/10.31403/rpgo.v67i2313>
- [WHO, 2010] Organization, W. H. (2010). *User's guide to the WHO global code of practice on the international recruitment of health personnel* (p. 34 p.). World Health Organization.
- [WHO, 2021] Organization, W. H. (2021). *Impact of COVID-19 on human resources for health and policy response: the case of Plurinational State of Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador and Peru*.
- [RAMOS FIGUEROA, D., & VINO PAZCE, G. M., 2019] Ramos Figueroa, d., & VINO Pazce, g. m. (2019). *OPERATIVIDAD DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA Y GESTIÓN PÚBLICA EN EL HOSPITAL "VÍCTOR RAMOS GUARDIA" – HUARAZ, PERIODO 2018*.
- [ROCHA DE MACEDO, 2021] Rocha de Macedo, B., Fernandes Garcia, M. V., Louvaes Garcia, M., Volpe, M., Laércio de Araújo Sousa, M., Freitas Amaral, T., Antônio Gutierrez, M., Pires Barbosa, A., Gobi Scudeller, P., Caruso, P., & Ribeiro Carvalho, C. R. (2021). Implementation of Tele-ICU during the COVID-19 pandemic. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 47(2), e20200545. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200545>
- [ROUHANI, 2021] Rouhani, S., & Zamenian, S. (2021). An Architectural Framework for Healthcare Dashboards Design. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021(1), 1–12. <https://doi.org/10.1155/2021/1964054>
- [RUIZ-ROMERO, 2021] Ruiz-Romero, V., Martínez-Pillado, M., Torres-Domínguez, Y., Acón-Royo, D., De Toro-Salas, A., Cruz-Villalón, F., & Rivera-Sequeiros, A. (2021). [User satisfaction with telephonic consultations carried out during the COVID-19 pandemic.]. *Revista Espanola de Salud Publica*, 95.

- [SCOTT, 2018] Scott Kruse, C., Karem, P., Shifflett, K., Vegi, L., Ravi, K., & Brooks, M. (2018). Evaluating barriers to adopting telemedicine worldwide: A systematic review. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 24(1), 4–12. <https://doi.org/10.1177/1357633X16674087>
- [SHARIF, 2021] Sharif, G. M., Al-Mamun, U., & Kabir, F. (2021). *Design and management of cloud assisted smart ICU for Covid-19 patients real-time health parameters measurement based on IoT's through wireless sensor network*. December. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5726340>
- [SOPEMI, 2022] *Sociedad Peruana de Medicina Intensiva*. (n.d.). Retrieved April 11, 2022, from <https://sopemi.org.pe/>
- [SULLIVAN, 2019] Sullivan, M. P., & Meyer, P. J. (2022). Latin America and the Caribbean: Impact of COVID-19. *Congressional Research Service*, 2019(24), 2021–2023.
- [EAGLE TELEMEDICINE, 2019] *Telemedicine Services Company for Hospitals | Eagle Telemedicine*. (n.d.). Retrieved May 1, 2022, from <https://www.eagletelemedicine.com/>
- [SMACS, 2022] *UCI SMART DISPLAY*. (n.d.). Retrieved May 1, 2022, from <https://smacs.es/es/solutions/smacs-icu>
- [VILLARÁN, 2021] Villarán, F., López, S., Ramos, M. del C., Quintanilla, P., Solari, L., Ñopo, H., & Álvarez, I. (2021). *Informe sobre las causas del elevado número de muertes por la pandemia del COVID-19 en el Perú*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

ANEXOS

Anexo A: Interfaces de la Plataforma de Telemetría

Interfaz de Acceso



Inicio de Sesión

Usuario

Contraseña

Recordarme

Ingresar

©2019 Todos los derechos reservados

Nota. Permite el inicio de sesión con usuario y contraseña, a la vez que cada usuario cuenta con sus credenciales para el monitoreo remoto

Interfaz de selección de MASI a usar



ID	Acción
MSI-00001	Ver
MSI-00002	Ver
MSI-00003	Ver
MSI-00004	Ver
MSI-00005	Ver
MSI-00006	Ver
MSI-00007	Ver
MSI-00008	Ver
MSI-00009	Ver
MSI-00010	Ver

Showing 1 to 10 of 322 entries

Nota. Permite la selección entre 322 ventiladores mecánicos mediante su número de serie, además el usuario podrá cuenta con filtros uy un buscador para su ayuda

Interfaz principal del MASI seleccionado



Nota. a) Variables medidas, b) Gráficos con respecto al tiempo, c) Sección de Alarmas, d) Variables configuradas.

Anexo B: Guía de Entrevista

A. Personal Centro Médico PUCP – Obtención de Requerimientos

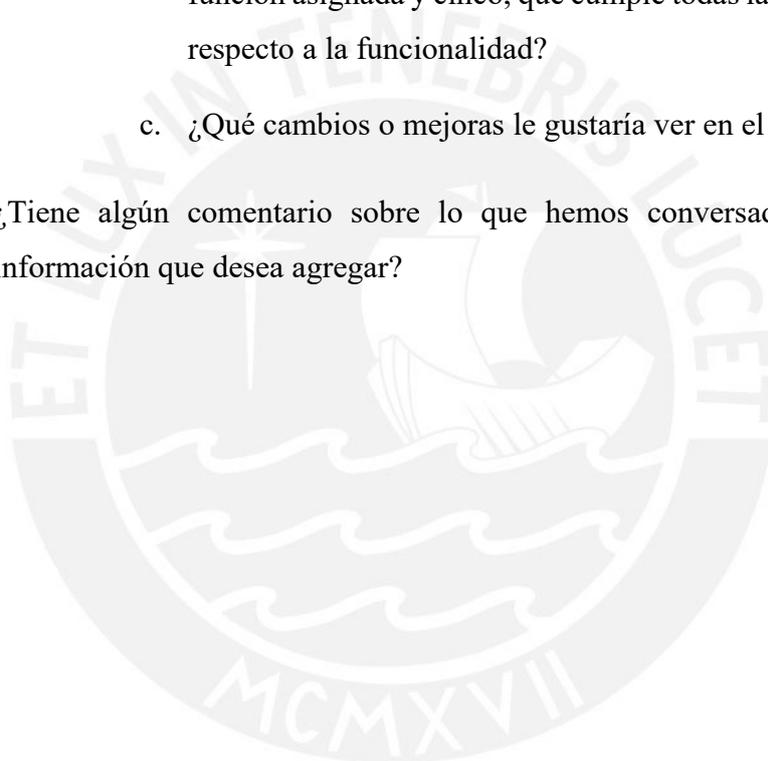
1. Nos interesa conocer su percepción con respecto al uso de plataformas de telemetría en ventiladores mecánicos.
 - a. ¿Cuáles son los datos que considera que debería brindar un ventilador que son indispensables para el monitoreo remoto de un paciente (parámetros fisiológicos)?
 - b. ¿Qué otras cualidades que no son indispensables agregarían facilidad y usabilidad a la plataforma?
2. Mostrar el funcionamiento de la plataforma de telemetría TeleMasi con un video.
 - a. ¿Qué cambios propondría realizar en el diseño de la interfaz de usuario de la plataforma?
3. ¿Tiene algún comentario sobre lo que hemos conversado o alguna otra información que desea agregar?

B. Personal Centro Médico PUCP – Validación del boceto

1. Nos interesa conocer su percepción con respecto al diseño del siguiente boceto de plataforma de telemetría de un ventilador mecánico.
 - a. ¿Qué características de las que se pueden visualizar en el boceto considera que lograron adaptarse de buena manera?
 - b. ¿Qué características de las implementadas considera que deberían ser descartadas?
 - c. ¿Sobre la disposición y el tamaño propuesto para cada característica consideraría realizar algún cambio?
 - d. ¿Qué otras características de las implementadas necesitan ser añadidas?
2. ¿Tiene algún comentario sobre lo que hemos conversado o alguna otra información que desee agregar?

C. Personal Centro Médico PUCP – Validación de la propuesta de solución

1. Nos interesa conocer su percepción con respecto al diseño del siguiente prototipo de plataforma de telemetría de un ventilador mecánico.
2. Mostrar el funcionamiento de la plataforma de telemetría TeleMasi con un video y la página web (El nombre de los requerimientos serán los obtenidos en el punto anterior).
 - a. ¿El requerimiento N cumple con su función?
 - b. ¿Con una escala del 1 al 5 que tan fácil de usar es el requerimiento N, donde uno, no cumple en absoluto con su función asignada y cinco, que cumple todas las expectativas con respecto a la funcionalidad?
 - c. ¿Qué cambios o mejoras le gustaría ver en el requerimiento N?
3. ¿Tiene algún comentario sobre lo que hemos conversado o alguna otra información que desea agregar?



Anexo C: Guía de Grupo Focal

A. Personal que colaboró en el desarrollo del ventilador mecánico Masi

1. Bienvenida
2. Introducción de mi persona, así como del tópico: Diseño de una interfaz de usuario para una plataforma de telemetría del ventilador mecánico Masi
3. Introducción de los participantes
4. Definición de las reglas:
 - a. Todos deben hablar
 - b. No hay respuestas incorrectas
 - c. Todo lo dicho en esta reunión no será compartido
5. Estaremos grabando toda la reunión, y los nombres de los participantes serán anónimos
6. Temas de las preguntas:

Nos interesa conocer su percepción con respecto al uso de plataformas de telemetría en ventiladores mecánicos, actualmente la plataforma de Masi cuenta solo con dos interfaces enfocadas a ser usadas por personal médico, por lo que ahora se quisiera implementar una nueva interfaz la cual tenga como principal usuario investigadores e ingenieros clínicos, el cual pueda ayudar en la gestión de los diferentes ventiladores conectados a la plataforma y el futuro procesado de los datos para fines de investigación.

- a. ¿Cuáles datos son relevantes cuando se realizan los procesos de gestión de los ventiladores dentro un área clínica, como podría la acción de realizar el inventario?
 - b. ¿Cuándo se realiza el mantenimiento preventivo del equipo que datos podrían ser de utilidad dentro de la plataforma para agilizar el proceso?
 - c. ¿Para identificar fallas de comunicación entre el sistema y el dispositivo, cuáles datos son relevantes de monitorear?
 - d. ¿Cuáles características podrían ayudar en obtener y procesar más rápido los datos para futuras investigaciones?
 - e. De todas las características mencionadas, cuales consideran que podrían ser presentadas de mejor manera con gráficos que con valores fijos.
7. ¿Tienen algún comentario sobre lo que hemos conversado o alguna otra información que desee agregar?
 8. Recapitular pensamientos finales
 9. Agradecimientos al grupo focal

B. Personal que colaboró en el desarrollo del ventilador mecánico Masi - Validación del boceto

1. Bienvenida
2. Introducción de mi persona, así como del tópico: Diseño de una interfaz de usuario para una plataforma de telemetría del ventilador mecánico Masi
3. Introducción de los participantes
4. Definición de las reglas:
 - a. Todos deben hablar
 - b. No hay respuestas incorrectas
 - c. Todo lo dicho en esta reunión no será compartido
5. Estaremos grabando toda la reunión, y los nombres de los participantes serán anónimos
6. Temas de las preguntas:

Nos interesa conocer su percepción con respecto al uso de plataformas de telemetría en ventiladores mecánicos.

 - a. ¿Qué características de las que se pueden visualizar en el boceto considera que lograron adaptarse de buena manera?
 - b. ¿Qué características de las implementadas considera que deberían ser descartadas?
 - c. ¿Sobre la disposición y el tamaño propuesto para cada característica consideraría realizar algún cambio?
 - d. ¿Qué otras características de las implementadas necesitan ser añadidas?
7. ¿Tiene algún comentario sobre lo que hemos conversado o alguna otra información que desee agregar?
8. Recapitular pensamientos finales
9. Agradecimientos al grupo focal

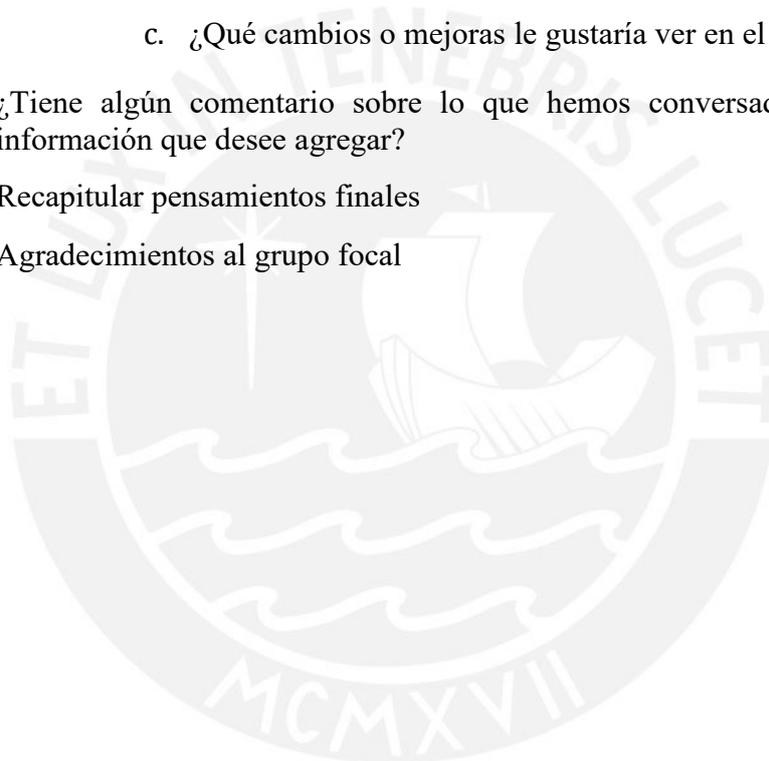
C. Personal que colaboró en el desarrollo del ventilador mecánico Masi - Validación de la propuesta de solución

1. Bienvenida
2. Introducción de mi persona, así como del tópico: Diseño de una interfaz de usuario para una plataforma de telemetría del ventilador mecánico Masi
3. Introducción de los participantes
4. Definición de las reglas:
 - a. Todos deben hablar
 - b. No hay respuestas incorrectas

- c. Todo lo dicho en esta reunión no será compartido
5. Estaremos grabando toda la reunión, y los nombres de los participantes serán anónimos
6. Temas de las preguntas:

Nos interesa conocer su percepción con respecto al uso de plataformas de telemetría en ventiladores mecánicos.

 - a. ¿El requerimiento N cumple con su función?
 - b. ¿Con una escala del 1 al 5 que tan fácil de entender es el requerimiento N donde uno, no cumple en absoluto con su función asignada y cinco, que cumple todas las expectativas con respecto a la funcionalidad?
 - c. ¿Qué cambios o mejoras le gustaría ver en el requerimiento N?
7. ¿Tiene algún comentario sobre lo que hemos conversado o alguna otra información que desee agregar?
8. Recapitular pensamientos finales
9. Agradecimientos al grupo focal



Anexo D: Consentimiento Informado para grupo focal

Buenos días / buenas tardes / noches:

Mi nombre es Brad Edgar Guzmán Chanca estudiante de la especialidad de Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesorado por la docente Sandra Milena Pérez Buitrago, docente de la facultad de Ingeniería Biomédica. Como les he comentado, quiero conversar con ustedes y solicitar su apoyo y consentimiento para incluirlos en un proyecto de investigación de tesis. Este se denomina “Diseño y Validación piloto de dos interfaces de usuario para una plataforma web de telemonitoreo y telegestión de un ventilador mecánico peruano para diferentes tipos de público objetivo”.

Para ello, ustedes participaran en un grupo focal que tomará de 45 a 90 minutos de su tiempo, teniendo como objetivo discutir los requerimientos de la interfaz de la plataforma, además todo lo que se diga será tratado de manera confidencial, es decir, sus identidades serán protegidas a través de un pseudónimo.

La información dicha por ustedes será grabada y utilizada únicamente con fines de investigación, además, esta investigación conlleva un riesgo mínimo, donde se realizará un adecuado tratamiento de los datos y sus identidades se tratará de forma confidencial. La transcripción de la grabación será guardada por el investigador en una carpeta de google drive, con restricción donde solo tendrán acceso los investigadores, por un periodo de cinco años luego de publicada la tesis.

Su participación en la investigación es completamente voluntaria y usted puede decidir interrumpirla en cualquier momento, sin que ello le genere ningún perjuicio. Si tuviera alguna consulta sobre la investigación, puede formularla cuando lo estime conveniente.

Si tienen alguna consulta sobre la investigación o quiere saber sobre los resultados obtenidos, puede comunicarse al siguiente correo electrónico: a20181019@pucp.edu.pe o al número 942115610 (agregar correo y número de teléfono)

Para concluir este procedimiento de consentimiento informado, si ustedes están de acuerdo en participar en la iniciativa, por favor indiquen su consentimiento diciendo su nombre y que están de acuerdo en participar en la iniciativa.

Anexo E: Consentimiento Informado para entrevistas

Buenos días / buenas tardes / noches:

Mi nombre es Brad Edgar Guzmán Chanca estudiante de la especialidad de Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesorado por la docente Sandra Milena Pérez Buitrago, docente de la facultad de Ingeniería Biomédica. Como le he comentado, quiero conversar con usted y solicitar su apoyo y consentimiento para incluirlo en un proyecto de investigación de tesis. Este se denomina “Diseño y Validación piloto de dos interfaces de usuario para una plataforma web de telemonitoreo y telegestión de un ventilador mecánico peruano para diferentes tipos de público objetivo”.

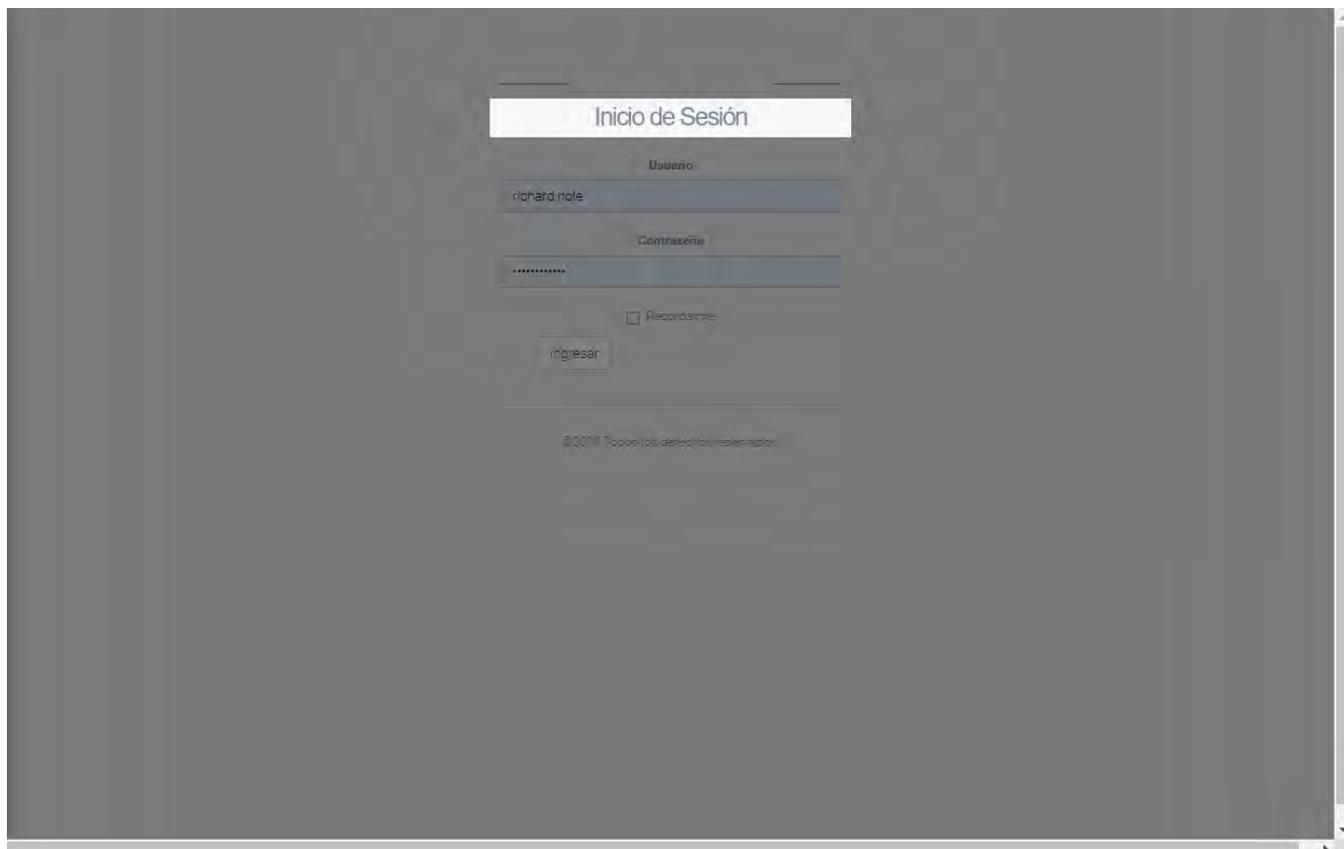
Si usted participa en esta entrevista ocurrirá lo siguiente:

- Le pediremos responder diversas preguntas sobre el tema antes mencionado, esto tomará aproximadamente de 20 a 40 minutos, teniendo como objetivo plantear los requerimientos de la interfaz de la plataforma, y todo lo que usted diga será tratado de manera confidencial, es decir, su identidad será protegida a través de un pseudónimo.
- La información dicha por usted será grabada y utilizada únicamente con fines de investigación.
- Esta investigación conlleva un riesgo mínimo, donde se realizará un adecuado tratamiento de los datos y su identidad se tratará de forma confidencial. La transcripción de la grabación será guardada por el investigador en una carpeta de google drive, con restricción donde solo tendrán acceso los investigadores, por un periodo de cinco años luego de publicada la tesis.
- Su participación es totalmente voluntaria. Usted puede detener su participación en cualquier momento sin que eso le afecte, así como dejar de responder alguna pregunta que le incomode.
- Si tiene alguna pregunta sobre la investigación, puede hacerla en el momento que mejor le parezca.
- Si tiene alguna consulta sobre la investigación o quiere saber sobre los resultados obtenidos, puede comunicarse al siguiente correo electrónico: a20181019@pucp.edu.pe o al número 942115610

Anexo F: Resultados del Análisis Heurístico

Heurístico: Visibilidad del estado del sistema

Severidad: 1



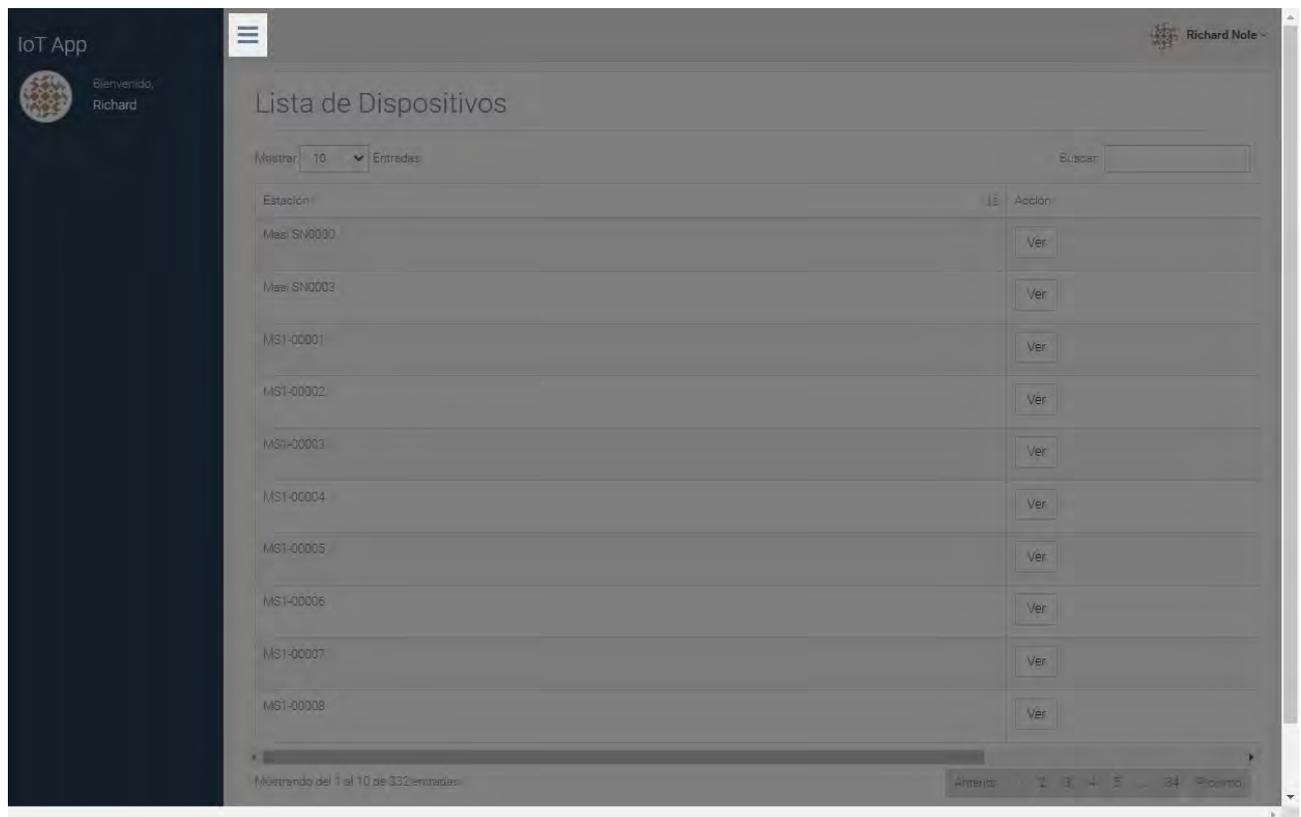
Notas:

No se menciona el nombre del proyecto principal o de la plataforma a la cual se plantea ingresar.

Recomendación:

Añadir un logo o un banner que explícitamente muestre el nombre de la plataforma

Heurístico: Diseño estético y minimalista
Severidad: 1



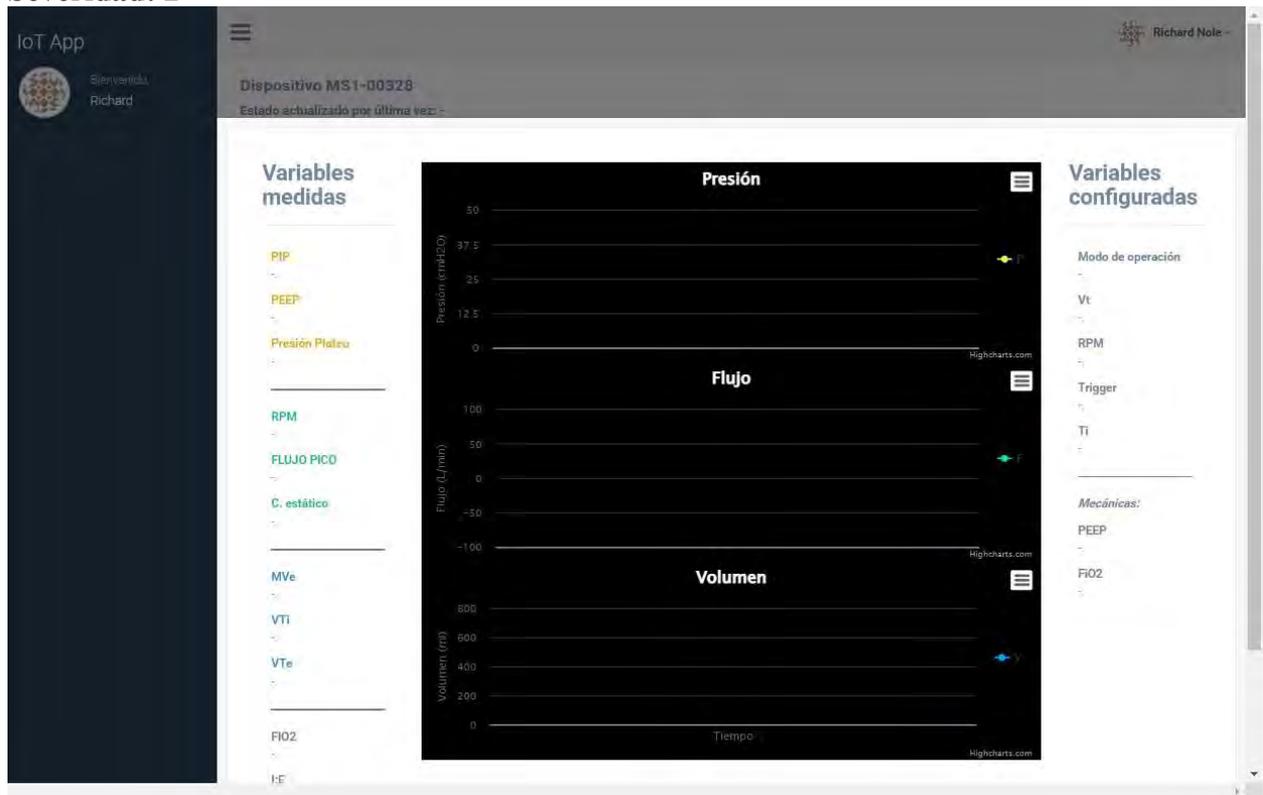
Notas:

El icono solo permite ocultar la barra vertical del lado izquierdo de la pantalla, cuando mayormente este icono es usado para implementar un menú

Recomendación:

Cambiar el icono, o implementar un menú desplegable a partir del botón

Heurístico: Diseño estético y minimalista
Severidad: 2



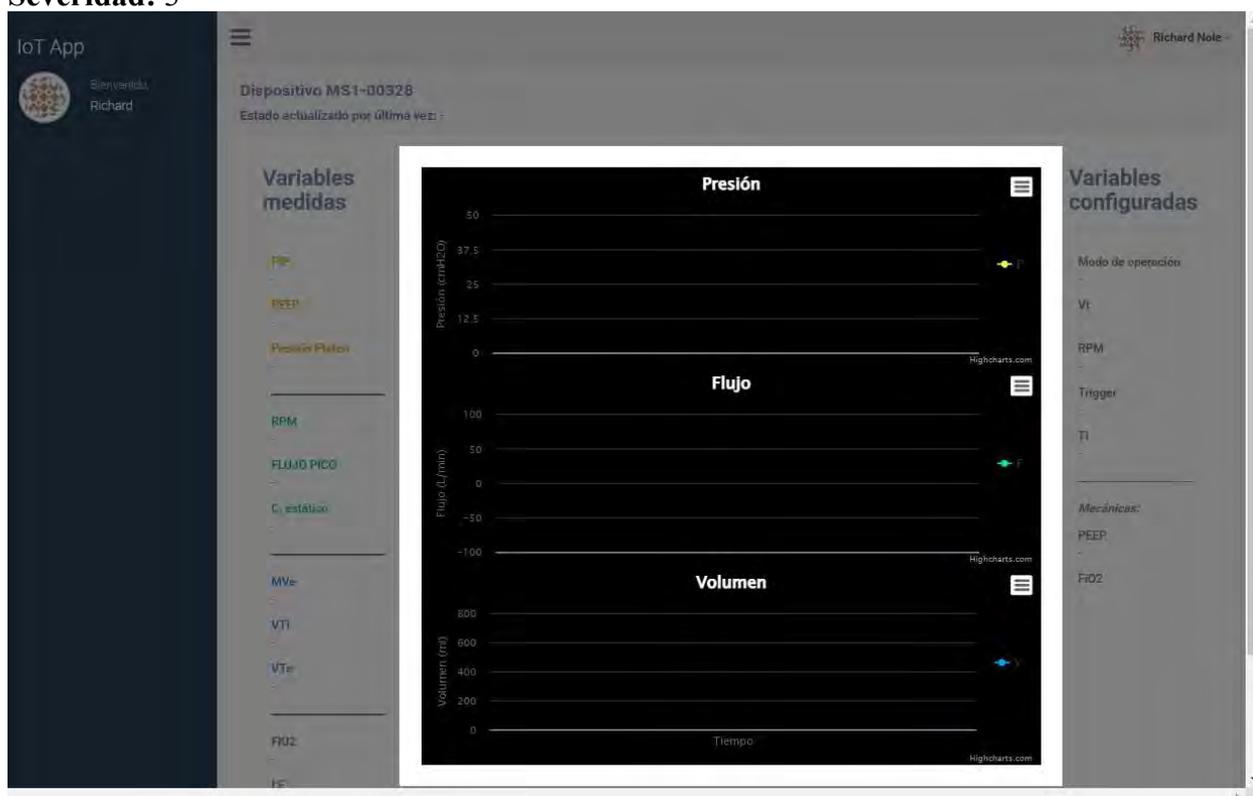
Notas:

El diseño resulta minimalista lo cual permite una rápida comprensión, sin embargo, la fuente escogida para los valores numéricos resulta un poco pequeña

Recomendación:

Aumentar el tamaño de letra de los valores numéricos, o cambiar el tipo de fuente

Heurístico: Relación entre el sistema y el mundo real
Severidad: 3



Notas:

No está presente la gráfica de presión vs volumen, la cual si se encuentra en el ventilador mecánico MASI.

Recomendación:

Agregar una opción para poder observar la gráfica de presión vs volumen, así como otras gráficas que puedan servir de ayuda.