



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**DESARROLLO DE SISTEMA DE ETIQUETADO CON CÓDIGO QR PARA EL ACCESO RÁPIDO
A LA INFORMACIÓN DE LOS EQUIPOS MÉDICOS**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN BIOMÉDICA

PRESENTADO POR:

PEDRO ANTONIO GARCÍA CÁRCAMO 21941019

ASESOR METODOLÓGICO: MANUEL GAMERO

SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.

MARZO 2024

DEDICATORIA

A mi familia ya que sin ellos nada de esto sería posible, gracias a todas las personas a mi alrededor que fueron de apoyo para seguir adelante a pesar de cada adversidad.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por el privilegio que me dio de tener un estudio y dirigirme siempre en el buen camino.

A mi padre, Pedro García, por ser un pilar importante desde la escuela hasta el día de hoy, su apoyo y consejos fueron de suma importancia para lograr todo esto.

A mi madre, María Cárcamo, que ha sido mi mayor apoyo en todos los aspectos y gracias a su educación, a sus consejos, a su apoyo incondicional yo hoy soy quien soy.

RESUMEN EJECUTIVO

La creciente demanda para el acceso a la información y trazabilidad de los equipos médicos aborda la necesidad de optimizar la gestión y el mantenimiento de estos en entornos clínicos, específicamente en la clínica de Diálisis de Honduras. Se destaca la complejidad y diversidad creciente de estos dispositivos, lo que plantea desafíos en el acceso a información crucial asociada a los mismos, como fechas de mantenimiento y detalles específicos de cada equipo. Para abordar esta problemática, se propone la implementación de un sistema de etiquetado basado en códigos QR, que permita un acceso rápido y seguro a información digitalizada. Esto, no solo para brindar acceso al personal de salud sobre el estado de los equipos, sino también para acelerar los procesos de verificación de últimos mantenimientos y otra información relevante. Se hizo uso de la herramienta tecnológica de Python respaldado por Visual Studio Code para el desarrollo de este sistema, debido a que es un lenguaje amigable para el usuario con diversidad de librerías útiles de dicho lenguaje. Se enfatiza que el acceso rápido y fácil a la información de los equipos médicos mejoraría la eficiencia operativa y la calidad del servicio, tanto de forma interna como de forma externa. Se destaca la percepción mayormente positiva del personal de salud sobre la utilidad del sistema de etiquetado QR. En su mayoría, tuvo una funcionalidad fluida, a excepción que el programa opera normalmente en dispositivos Android, y requiere de una aplicación para escanear códigos QR en dispositivos iOS. La aplicabilidad del sistema será beneficioso para la clínica, además, actualmente se está realizando una incorporación de datos con sistema SAP, por lo que se espera poder sustituir el ingreso de datos en Excel, y automatizarlo por medio de este programa.

Palabras clave: Código QR, programación, optimización.

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

ARSA	Agencia de Regulación Sanitaria
FODA	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas
QR	Rápida respuesta (Quick response)
SESAL	Secretaría de Salud

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción	1
II.	Generalidades de la Empresa	2
2.1.	Descripción de la Empresa	2
2.2.	Descripción del Departamento.....	3
2.3.	Descripción del Puesto	4
III.	Planteamiento del Problema	5
3.1.	Precedentes del Problema.....	5
3.2.	Definición del Problema	5
3.3.	Justificación	6
3.4.	Preguntas de Investigación.....	7
3.5.	Objetivos	7
3.5.1.	Objetivo General	7
3.5.2.	Objetivos Específicos	7
IV.	Marco Teórico.....	8
4.1	Análisis de la situación actual.....	8
4.1.1	Macroentorno.....	8
4.1.2	Microentorno.....	15
4.2	Conceptualización.....	16
4.2.1	Tipos de Inventarios.....	16
4.2.2	Fundamentos.....	17
4.2.3	Datos Relevantes por Documentar	18
4.3	Teorías de sustento	20

4.3.1.	Bases teóricas	20
4.3.2.	Metodologías aplicadas por otros autores	22
V.	Desarrollo	25
5.1	Variables de Investigación	25
5.1.1.	Variable Dependiente	25
5.1.2.	Variables Independientes	25
5.2	Técnicas e Instrumentos Aplicados	26
5.2.1.	Python	26
5.2.2.	Generación QR	26
5.2.3.	Impresión de Etiqueta	26
5.2.4.	Bibliotecas Python	26
5.3	Materiales	26
5.3.1.	Etiquetas adhesivas de alta calidad	26
5.3.2.	Impresora de etiquetas	27
5.3.3.	Equipo de escaneo de códigos QR	27
5.3.4.	Documentación y manuales de equipo médico	28
5.3.5.	Equipo Médico	28
5.4	Población y Muestra	29
5.5	Metodología	29
5.6	Resultados	31
5.6.1.	Funcionamiento del código	31
5.6.2.	Código de Python	32
5.6.3.	Visualización del Funcionamiento del Programa	33

5.6.4. Percepción de la Funcionalidad del Sistema	37
5.6.5. Aplicabilidad del Sistema	42
5.6.6. Seguridad del Sistema.....	43
5.6.7. Impacto de Costos en Materia.....	44
5.7 Cronograma de Actividades	45
VI. Conclusiones.....	46
VII. Recomendaciones.....	48
Referencias bibliográficas	49
Anexos.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Logo de Hemo Inversiones.....	2
Ilustración 2 - Organigrama del Departamento.....	3
Ilustración 3 - Evaluación Modelo de Fennigkoh y Smith según Función	12
Ilustración 4 - Evaluación Modelo de Fennigkoh y Smith según Riesgo de Uso	12
Ilustración 5 - Evaluación Modelo Fennigkoh y Smith según Mantenimiento.....	12
Ilustración 6 - Formulario de Recopilación de Datos de Inventario	14
Ilustración - 7 Papel para Etiquetas QR.....	27
Ilustración 8 - Impresora de Etiquetas.....	27
Ilustración 9 - Dispositivo para Escaneo Código QR.....	27
Ilustración 10 - Máquina de Hemodiálisis	28
Ilustración 11 - Desfibrilador	28
Ilustración 12 - Concentrador de Oxígeno.....	29
Ilustración 13 - Diagrama de flujo del funcionamiento del código.....	32
Ilustración 14 - Base de datos de equipo médico.....	33
Ilustración 15 - Selección de base de datos de equipo médico.	34
Ilustración 16 - Interrogante QR para toda la base de datos.....	34
Ilustración 17 - Selección de carpeta para guardar imágenes png de los códigos QR generados.	35
Ilustración 18 - Final códigos QR generados.....	35
Ilustración 19 - Carpeta con códigos QR.....	36
Ilustración 20 - Código QR con Información del Equipo.....	36
Ilustración 21 - Visualización Información Código QR en Aplicación.....	37

Ilustración 22 - Encuesta a Personal de Salud	38
Ilustración 23 - Encuesta a Personal de Salud	38
Ilustración 24 - Encuesta a Personal de Salud	39
Ilustración 25 - Resultado Pregunta 1.....	39
Ilustración 26 - Resultados Pregunta 2.....	40
Ilustración 27 - Resultados Pregunta 3.....	40
Ilustración 28 - Resultados Pregunta 4.....	41
Ilustración 29 - Resultados Pregunta 5.....	41
Ilustración 30 - Resultados Pregunta 6.....	42
Ilustración 31 - Matriz FODA con base en la aplicabilidad del sistema.	43

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 - Gestión de Equipo Basado en Modelo de Fennigkoh y Smith	12
Ecuación 2 - Gestión de Equipo Basado en Modelo de Wang y Levenson	13

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Metodología de la Investigación.....	30
Tabla 2 - Cronograma de Actividades.....	45

I. INTRODUCCIÓN

La creciente complejidad y diversidad de los equipos médicos en la actualidad ha generado la necesidad de optimizar los procesos de acceso a la información relacionada con estos dispositivos. El presente proyecto surge como una solución para mejorar la gestión y el mantenimiento de los equipos utilizados en entornos médicos, además de que brinda al personal biomédico diversas ventajas como ser la seguridad de la información, al tenerla digital y no física, acceso más rápido y la disminución de errores tipográficos.

La implementación de un sistema de etiquetado basado en códigos QR se convierte en una solución eficiente y ágil, permitiendo al personal biomédico acceder de manera rápida y precisa a la información crucial asociada a cada equipo. Este enfoque no solo simplificará la identificación de los dispositivos con detalles de número de inventario, ubicación y número de serie, sino que también facilitará la consulta de manuales, fechas de mantenimiento, historiales de servicio y otra información relevante, contribuyendo así a la eficiencia operativa y la mejora en la calidad de la atención médica.

Este proyecto tendrá como fin diseñar un sistema de etiquetado robusto que cumpla con todo lo requerido por el personal, y se evaluará su viabilidad y eficacia en entornos hospitalarios reales. Se considerarán factores como la usabilidad del sistema, seguridad de la información y demás recomendaciones proporcionadas por el personal para mejorar la eficiencia operativa en establecimientos de salud y así garantizar un mantenimiento adecuado y oportuno de los equipos médicos.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

El siguiente capítulo contiene información descriptiva de la empresa Hemo Inversiones, la cual es encargada del departamento biomédico de Diálisis de Honduras.

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Hemo Inversiones es una empresa biomédica aliada con Diálisis de Honduras, la cual brinda soporte técnico a el equipo de diálisis.



Ilustración 1 - Logo de Hemo Inversiones.

Fuente: (Hemo Inversiones SA de CV., 1999)

2.1.1. MISIÓN

Procurar la mejor calidad de vida posible a los pacientes con insuficiencia renal, ofreciéndoles la oportunidad de llevar una vida normal a través de sesiones de filtración y limpieza de la sangre por medio de equipos especializados que realizan la función de un riñón sano.

2.1.2. VISIÓN

La empresa que se consolida a ser el mejor centro de hemodiálisis de Centro América, a través de constante innovación, proyección social y enfocada en ofrecer tratamiento de reemplazo o sustitutivo de la función renal con tecnología de punta, centros de primer nivel, personal altamente calificado con ética, moral y calidez, ofreciendo a nuestros pacientes la posibilidad de llevar una vida normal y ser ciudadanos útiles a nuestra patria y su familia.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

La sección encargada de nefrología de la empresa tiene la responsabilidad de ejecutar las labores esenciales para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos médicos de hemodiálisis en las clínicas de Diálisis de Honduras. La organización del departamento se distribuye de la siguiente manera:

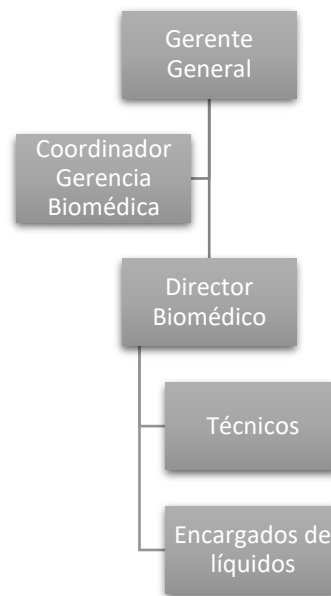


Ilustración 2 - Organigrama del Departamento

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Se tiene un gerente general, un coordinador de gerencia biomédica y un director biomédico. En la clínica de Choloma se tienen dos técnicos y un encargado de líquidos, mientras que en la clínica de San Pedro Sula hay 4 técnicos y 2 encargados de líquidos ya que la demanda es mayor.

El gerente general, contando con 40 años de experiencia en diálisis, tiene la función de jefatura, resolver cualquier problema con relación a las clínicas de Diálisis de Honduras.

El director biomédico es el encargado directo de hacer inspecciones periódicas y la supervisión de cada clínica. Realiza instalaciones y demás funciones similares a las de coordinación de gerencia biomédica aplicado más que todo a la parte clínica que a la parte administrativa.

Los técnicos se encargan únicamente de los mantenimientos en las máquinas de hemodiálisis. La parte de tratamiento de agua es restringida únicamente para el director biomédico, gerencia y coordinación.

El coordinador de gerencia biomédica brinda apoyo al gerente general para garantizar que cada clínica funcione correctamente. Se encarga que las clínicas estén abastecidas con el material necesario. También, con el desarrollo de mantenimientos de equipos y coordinación de estos, como la adquisición de equipos del extranjero, licitaciones, manejo de personal y cuentas.

Los encargados de líquidos realizan los líquidos y el transporte de estos.

2.3. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

El coordinador de gerencia biomédica brinda apoyo al gerente general para garantizar que cada clínica funcione correctamente. Se encarga que las clínicas estén abastecidas con el material necesario. También, con el desarrollo de mantenimientos de equipos y coordinación de estos, como la adquisición de equipos del extranjero, licitaciones, manejo de personal y cuentas.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA

En el contexto de la atención médica y el manejo de equipo médico para satisfacer dicha atención, la complejidad y diversidad crecientes de los equipos médicos plantean desafíos en la gestión y el mantenimiento eficaz de estos dispositivos. La necesidad de optimizar los procesos de acceso a información crucial asociada a estos equipos se ha vuelto fundamental, evidenciando problemas relacionados con la gestión de información en formato físico, como errores tipográficos, retrasos en el acceso y dificultades en la identificación de dispositivos y consulta de información relevante.

Adicionalmente, el manejo de planes de mantenimiento y hojas de equipo no siempre está al alcance del personal biomédico o no se actualizan constantemente, generando limitaciones sustanciales en la accesibilidad a información actualizada. En respuesta a estos desafíos, este proyecto se presenta como una solución estratégica para mejorar la eficiencia operativa y la calidad de la atención médica. La propuesta se centra en la implementación de un sistema de etiquetado basado en códigos QR, que no solo simplificará la identificación de dispositivos, sino que también facilitará el acceso rápido y seguro a información digitalizada.

El riesgo de poseer información desactualizada incurre en tener en operación equipo médico descalibrados, desgastes, sin mantenimientos preventivos, lo que podría ocasionar en inexactitud en los resultados, mediciones y tratamientos realizados a pacientes.

3.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El origen de la problemática se basa en la complejidad del manejo de equipos médicos en entornos de atención médica, específicamente en la clínica de Diálisis de Honduras. La gestión y el mantenimiento eficaz de estos dispositivos se ven obstaculizados por la falta de un sistema optimizado para acceder rápidamente a información crucial, como manuales, fechas de mantenimiento y detalles específicos de cada equipo. El manejo de planes de mantenimiento y hojas de equipo, a menudo en formato físico y no siempre accesibles o actualizados, contribuye a la ineficiencia operativa. Por lo tanto, el desarrollo de un sistema de etiquetado mediante

códigos QR, que busca mejorar significativamente la gestión y el manejo de equipos médicos en la clínica de Diálisis de Honduras, proporcionando un acceso rápido y seguro a información digitalizada y contribuyendo así a la eficiencia operativa y la calidad de la atención médica.

3.3. JUSTIFICACIÓN

Un sistema de etiquetado con código QR en un ambiente hospitalario, específicamente en un servicio de biomédica, podrá permitir una identificación rápida y precisa de cada equipo médico en una instalación de atención médica y facilitará el acceso a información relevante como ser ubicación, estado e historial de mantenimiento de cada equipo. Este sistema puede ser escalable, es decir, dependiendo de las necesidades del personal biomédico pueden ir surgiendo actualizaciones que mejoren la eficiencia en la gestión de activos.

Un sistema basado en códigos QR puede ofrecer la posibilidad de almacenar información detallada sobre cada equipo, como manuales de usuario, fechas de mantenimiento, fechas de calibración, historial de reparaciones, y otros datos pertinentes. Algunos proyectos similares se han desarrollado con el fin de mejorar la gestión de equipos médicos en un hospital mediante la integración de códigos QR y una base de datos MySQL personalizada. (Hidalgo et. al, 2024)

Otro estudio basado en el mejoramiento del manejo y capacitaciones de equipo médico demostró que el uso de manuales electrónicos con códigos QR obtuvo una eficiencia significativamente mayor en la gestión de equipos y capacitación en comparación con los métodos tradicionales, con una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$). (Ma et. al, 2021)

Con estudios como estos se ha demostrado que el uso de sistemas con códigos QR resultan muy eficaces en el manejo de información de los equipos médicos, proporcionando una solución para la pérdida de información física, errores tipográficos y dificultad de acceso a información requerida.

3.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué tecnologías actuales son más eficientes para el desarrollo de un sistema de datos mediante etiquetado QR para equipo médico?
2. ¿Cómo contribuye el desarrollo de un sistema de etiquetado QR para equipos médicos al mejoramiento de la eficiencia en el acceso a información crucial?
3. ¿Cuál es la percepción del personal biomédico sobre la utilidad del sistema de etiquetado QR para acceder a la hoja de vida de equipos médicos?
4. ¿Cuáles son los desafíos y beneficios específicos asociados con la implementación del sistema de etiquetas QR para el acceso a información de equipos médicos?

3.5. OBJETIVOS

3.5.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de etiquetado a través que códigos QR por medio de herramientas de programación para satisfacer las necesidades del personal biomédico en relación con la optimización del acceso a la información pertinente de los equipos médicos de las clínicas de Diálisis de Honduras.

3.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar cuáles son las tecnologías actuales más eficientes para el desarrollo de un sistema de datos mediante etiquetado QR para equipo médico.
2. Identificar la contribución del desarrollo de un sistema de etiquetado QR para equipos médicos en cuanto al mejoramiento de la eficiencia en el acceso a información crucial.
3. Establecer cuál es la percepción del personal biomédico sobre la utilidad del sistema de etiquetado QR para acceder a la hoja de vida de equipos médicos.
4. Detallar cuáles son los desafíos y beneficios específicos asociados con la implementación del sistema de etiquetas QR para el acceso a información de equipos médicos.

IV. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta una recopilación de datos relevantes que apoyan a la investigación. Primeramente, se estudia la situación actual del desarrollo del proyecto, se definen conceptos, bases teóricas del mismo, metodologías y las herramientas a implementar.

4.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Se detalla el desarrollo de la investigación hasta la actualidad, para comprender su desarrollo por distintos investigadores y la necesidad de implementación.

4.1.1 MACROENTORNO

En el macroentorno se detallan las situaciones y datos recopilados a nivel global, que inciden en la investigación.

4.1.1.1 *Importancia del Manejo de Inventario*

Un registro actualizado asegura la disponibilidad oportuna de los equipos esenciales cuando se necesitan, siendo crucial en emergencias y procedimientos médicos urgentes. Además, facilita una planificación adecuada para garantizar la disponibilidad puntual de los recursos necesarios. (EMED, 2023)

Un registro exacto posibilita el monitoreo de los equipos que necesitan mantenimiento y calibración periódica. Esto resulta fundamental para prevenir posibles fallos, asegurar la exactitud de las mediciones y extender la vida útil de los equipos. Al mantener un seguimiento meticuloso de estas tareas, se garantiza un rendimiento óptimo de los equipos biomédicos. (EMED, 2023)

También, el manejo de inventario ayuda a las entidades de salud a administrar sus movimientos, como ser el descarte de equipos, evaluación para la adquisición de nueva tecnología, entre otros. Esto permite un mejor manejo no solo en el departamento de biomédica, sino también en el área financiera.

4.1.1.2 *Ineficiencia del manejo de mantenimientos*

La ineficiencia del manejo del mantenimiento de los equipos médicos puede disminuir la eficiencia del personal, esto a causa de que el personal requiere más tiempo para solucionar problemas relacionados con el equipo médico. Consecuentemente, aumenta la carga de trabajo, el desgaste y reduce la satisfacción laboral del personal. (*Medical Equipment Maintenance Management, 2023*)

Un equipo que no posee sus mantenimientos al día, y no demuestra su trazabilidad, no es un equipo médico confiable. Los resultados obtenidos de parte de los equipos médicos deben ser verídicos, y dicha información, que compruebe la funcionalidad debe estar a la visibilidad del personal a manipular el equipo.

Utilizar en un paciente un equipo que se desconozca, podría causar que se utilice un equipo médico descalibrado. Consecuentemente puede brindar, falso diagnóstico, daño al usuario, daño al paciente, o incluso en casos extremos, para aquellos equipos de alto riesgo, se podría causar la muerte.

4.1.1.3 *Problemática de Información Desactualizada*

Según (BIND ERP, 2018), algunos de los errores de no manejar el inventario son:

- **Exceso de Equipo en Inventario:** Sin una actualización regular de la información sobre el equipo médico, existe el riesgo de realizar pedidos que superen las necesidades reales. Esto puede llevar a un exceso de inventario, ocupando espacio innecesario y generando costos adicionales asociados con el almacenamiento y la gestión de existencias excesivas.
- **Falta de análisis de la demanda:** La falta de actualización impide realizar un análisis preciso de la demanda de equipo médico. Esto dificulta la identificación de patrones de uso y la adaptación del inventario a las necesidades cambiantes. La consecuencia directa podría ser la escasez de equipos esenciales en momentos críticos y, por ende, una disminución en la eficiencia de la atención médica.
- **Desaparición de equipos:** La falta de actualización y seguimiento adecuado puede contribuir a la pérdida o desaparición de equipos médicos. La ausencia de un registro preciso dificulta la localización de dispositivos, lo que puede afectar negativamente la

prestación de servicios médicos, aumentar costos por reemplazo y comprometer la calidad de la atención al paciente.

- **Falta de planificación:** La información desactualizada dificulta la planificación efectiva de mantenimiento preventivo y la asignación de recursos. La falta de un plan estructurado puede llevar a un aumento de tiempos de inactividad no planificados, reduciendo la disponibilidad de equipos y afectando la continuidad de los servicios de atención médica.

4.1.1.4 *Tecnologías Actuales*

Cotidianamente, los inventarios y planes de mantenimiento son almacenadas de forma escrita, por formatos. También, para almacenarse de forma digital, las personas han recurrido a escanear dichos formatos. En otros casos, se hace uso de la herramienta EXCEL. Sin embargo, otros usuarios han optado por otros métodos de almacenaje de dicha información.

Según (Alonso et al., s. f.), se desarrolló un algoritmo en LABVIEW para generar las bases de datos. Se implementó un algoritmo, desarrollado mediante la aplicación de las estructuras de programación de Máquinas de Estado, que permite introducir la información característica del equipo médico en cinco fases distintas.

Inicialmente, se recopilan los datos específicos del equipo, proporcionados tanto por el fabricante como por la unidad hospitalaria, junto con el estado de funcionamiento del equipo y la persona responsable del mantenimiento. En la segunda fase del algoritmo, se incorporan tres protocolos de prioridad recomendados: la Diferenciación del equipamiento basada en niveles de riesgo según la ECRI (Emergency Care Research Institute), el Modelo de Fennigkoh-Smith y el algoritmo de Wang-Levenson.

La tercera fase integra información sobre la adquisición, instalación y formación del equipo, además de recopilar los datos de contacto del proveedor o distribuidor encargado de la garantía. La cuarta fase integra los datos necesarios para el seguimiento del programa anual de mantenimientos. En la última fase, se genera un informe en el formato de hoja de cálculo.

4.1.1.5 Pautas Actuales

Como pauta actual World Health Organization (2012) indica que:

Cuando una organización decide no incluir ciertos elementos en su inventario, establece criterios para la inclusión o exclusión de estos. Un enfoque común es el basado en riesgos, que implica incorporar al inventario y al plan de gestión de equipos médicos aquellos con riesgos más significativos, excluyendo los de menor riesgo.

La Asociación para el Avance de la Instrumentación Médica (AAMI), en su estándar "Prácticas Recomendadas para un Programa de Gestión de Equipos Médicos", exige que los criterios para la inclusión en el inventario consideren la función del equipo, los riesgos físicos asociados, las necesidades de mantenimiento y el historial de incidencias. Fennigkoh y Smith desarrollaron un algoritmo numérico que evalúa los equipos considerando su función, riesgo y necesidades de mantenimiento.

Muchos centros de atención médica utilizan este algoritmo para analizar la inclusión de equipos en el inventario. Una adaptación de este algoritmo, que incluye el historial de incidencias como criterio, se utiliza para determinar la inclusión de equipos en el inventario. Wang y Levenson resaltaron la importancia de considerar la criticidad y la tasa de uso para decidir qué equipos deben ser inventariados.

La prioridad refleja la importancia del equipo para el objetivo general del hospital, mientras que la tasa de uso considera la frecuencia de empleo de cada equipo. Esta perspectiva permite una evaluación más completa y precisa de qué equipos deben ser incluidos en el inventario.

Entre los modelos usados como pauta se encuentran:

- **Modelo de Fennigkoh y Smith:** Cada clasificación contiene subdivisiones particulares a las cuales se les asigna una cantidad específica de puntos; al sumar estos puntos, utilizando la fórmula detallada posteriormente, se calcula una puntuación total que oscila entre tres (3) y veinte (20). Los equipos se ubican en distintos niveles de prioridad según la puntuación obtenida (Ilustración 3), (Ilustración 4), (Ilustración 5).

Categoría	Función del equipo	Puntos
Terapéutico	Soporte de vida	10
	Cirugía y cuidados intensivos	9
	Terapia física y tratamiento	8
Diagnóstico	Monitoreo quirúrgico y de cuidados intensivos	7
	Otros equipos para el monitoreo de variables fisiológicas y el diagnóstico	6
Analítico	Laboratorio analítico	5
	Accesorios de laboratorio	4
	Sistema de cómputo y equipos asociados	3
Varios	Equipos relacionados con los pacientes y otros equipos	2

Ilustración 3 - Evaluación Modelo de Fennigkoh y Smith según Función

Fuente: (World Health Organization, 2012)

Descripción del riesgo de uso	Puntos
Posible muerte del paciente	5
Posible lesión del paciente o el usuario	4
Terapia inapropiada o falso diagnóstico	3
Daños en el equipo	2
No se detectan riesgos significativos	1

Ilustración 4 - Evaluación Modelo de Fennigkoh y Smith según Riesgo de Uso

Fuente: (World Health Organization, 2012)

Requerimientos de mantenimiento	Puntos
Extensivo: calibración de rutina y reemplazo de partes	5
Superiores al promedio	4
Promedio: verificación del desempeño y pruebas de seguridad	3
Inferiores al promedio	2
Mínimos: inspección visual	1

Ilustración 5 - Evaluación Modelo Fennigkoh y Smith según Mantenimiento

Fuente: (World Health Organization, 2012)

$$GE = \text{función} + \text{riesgo} + \text{mantenimiento requerido}$$

Ecuación 1 - Gestión de Equipo Basado en Modelo de Fennigkoh y Smith

Fuente: (World Health Organization, 2012)

- Modelo de Wang y Levenson:** El algoritmo de Wang y Levenson determina un "índice de gestión del equipo" (#GE) utilizando la prioridad del equipo en una escala del 1 al 10, donde asignar 10 puntos indica que el equipo es crucial para la misión de la organización

sanitaria. Este índice se calcula combinando los valores de Fennigkoh y Smith relativos al riesgo y las necesidades de mantenimiento.

El cálculo del #GE se realiza de la siguiente manera:

$$\#GE = \text{índice de prioridad} + 2 * \text{riesgo} + 2 * \text{mantenimiento requerido}$$

Ecuación 2 - Gestión de Equipo Basado en Modelo de Wang y Levenson

Fuente: (World Health Organization, 2012)

Los valores del #GE varían de 5 a 30, asignándose el valor de 30 a los equipos considerados como los más cruciales para la inclusión en el inventario de equipos. El factor de multiplicación de 2 aplicado al riesgo y a los requisitos de mantenimiento se utiliza para equilibrar el peso de los tres parámetros, ya que tanto el riesgo como el mantenimiento necesario se evalúan en una escala de 1 a 5.

También, la WHO posee un formulario de recopilación de los datos relevantes para el inventario. Esto, sirve como pauta para implementar y modificar dichos formularios a otras organizaciones. (Ilustración 6)

Formulario de recopilación de datos para el inventario

Núm. de inventario _____

Tipo de equipo: _____

Fabricante: _____

Modelo: _____ Núm. de serie: _____

País de origen: _____ Año de fabricación: _____

Alimentación eléctrica: 220V 110V

Estado / situación actuales: Operativo y en servicio
 Operativo y fuera de servicio
 Motivo por el que está fuera de servicio: _____
 Necesita mantenimiento
 No reparable
 ¿Requiere un procedimiento de eliminación especial? Sí No

¿Hay refacciones disponibles? Sí No

En caso afirmativo, ¿cuáles son, cuántos hay, y dónde se encuentran? _____

Manuales existentes: Manual del usuario núm. de ejemplares _____ Ubicación _____
 Manual de mantenimiento núm. de ejemplares _____ Ubicación _____
 Otros (especificar) núm. de ejemplares _____ Ubicación _____

Usuarios del equipo: Médicos Personal de enfermería Técnicos de laboratorio
 Estudiantes Residentes Otros (especificar) _____

Propietario del equipo (servicio), en su caso: _____

Conterto _____ Teléfono _____

Ubicación actual del equipo: _____

¿Va a trasladarse? No Sí En caso afirmativo, ¿A dónde? _____

Otras observaciones (utilice la parte posterior de la hoja si necesita más espacio): _____

Ilustración 6 - Formulario de Recopilación de Datos de Inventario

Fuente: (World Health Organization, 2012)

4.1.2 MICROENTORNO

En el microentorno se detallan las situaciones y datos recopilados a nivel nacional, como influencias o circunstancias que incurren a la investigación de forma más directa.

4.1.2.1 *Sector Salud Hondureño*

La situación se destaca por una mala organización y falta de orden en el ámbito de la salud pública, acompañada por deficiencias significativas en infraestructura y tecnología. Además, se evidencia una insuficiente inversión y financiamiento en el sector, lo cual se traduce en limitaciones notables en la cobertura y acceso a los servicios médicos. Estas condiciones revelan las dificultades financieras que enfrenta el sector salud, impidiendo realizar inversiones necesarias para su mejora y desarrollo. (Evelyn Hernández, 2023)

En Honduras, el gasto total en salud representa el 8,5% del Producto Interno Bruto (PIB), cifra que se encuentra por debajo del promedio regional de las Américas, que es del 14.1%. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Honduras ocupa el segundo lugar en la región de América Central y el cuarto lugar en Latinoamérica en términos de gasto público en salud como porcentaje del PIB. (Carmenate-Milián et al., 2016)

A pesar de que la región de América Central ha incrementado en más del doble la inversión pública en salud por habitante, Honduras se destaca por tener uno de los niveles más bajos de inversión, con \$101 por persona. Esta cifra sigue siendo significativamente baja en comparación con el promedio de América Latina y el Caribe, que es de \$392 por persona, representando aproximadamente una séptima parte del promedio mundial de \$628 por persona y una fracción considerablemente menor que la inversión de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), que asciende a \$2.880 por persona. (Carmenate-Milián et al., 2016)

4.1.2.2 *Limitaciones Financieras*

El ámbito de la salud representa el 11.5% de los gastos totales contemplados en el presupuesto nacional, evidenciando una disminución del 3.7% en los últimos cinco años. Para el presupuesto del año 2017, se anticipa una reducción adicional del 4.51%, equivalente a más de

6.5 millones de lempiras. Esta disminución en el sector de la salud se atribuye parcialmente a la reubicación de fondos hacia otras instituciones que requerían espacio presupuestario, así como a la contención del gasto que resultó en un congelamiento presupuestario.(Carmenate-Milián et al., 2016)

En la actualidad, las principales fuentes de financiamiento para la salud en Honduras son el gobierno, que aporta el 54.7%, los hogares con un 34.4% en forma de gasto directo, y la cooperación externa con un 8.2%. Según el presupuesto anual de la Secretaría de Salud, el 76% de los fondos destinados a la salud proviene del Tesoro Nacional, el 11% de créditos externos, el 9% de donaciones y, más recientemente, el 4% proviene del alivio de la deuda nacional. En cuanto a la distribución de estos recursos, el 57% del presupuesto de la Secretaría de Salud se asigna a salarios, el 6% a contratos de servicios, el 21% a la adquisición de materiales y suministros, el 5% a bienes de capital, y el 11% a transferencias y subsidios.(Carmenate-Milián et al., 2016)

4.2 CONCEPTUALIZACIÓN

El manejo de inventarios es extenso para aquellas entidades que poseen una cantidad mayor de equipos. Por lo que, las ejecuciones de mantenimientos preventivos y correctivos pueden no ser detalladas en los planes. Al obviar esto, se pierde el reporte de la información, y no queda adjuntada en el expediente del equipo.

Es indispensable reconocer, que el manejo de dichos datos e inventario posee una extensa gama de conocimiento, que no solo debe ser manejado, sino que también debe ser actualizado.

4.2.1 TIPOS DE INVENTARIOS

En una entidad de salud, se poseen distintos tipos de activos, desde mobiliario y equipo, equipos de cómputo, hasta equipo médico, entre otros. Por lo que, para mantener un orden, manejo, y fácil acceso a los activos planteados en dicho documento, pueden dividirse según tipos. Según la (World Health Organization, 2012), los inventarios pueden dividirse en:

- **Herramientas y Equipos de Taller:** Un registro detallado de herramientas y equipos de medición resulta fundamental para el equipo de mantenimiento de equipos médicos. Este

inventario facilita la organización, asegura que los instrumentos estén en buen estado de funcionamiento y calibrados.

- **Equipos Industriales y Hospitalarios:** Artículos como calderas, autoclaves, equipos de lavandería, generadores eléctricos, y sistemas de distribución de aire comprimido, vacío y gases médicos son esenciales para el funcionamiento del hospital y requieren mantenimiento. Mantener un inventario de estos equipos facilita la gestión de su mantenimiento.
- **Equipos de Seguridad:** La realización de un inventario de elementos de seguridad, como extintores, mangueras contra incendios, alarmas y lavaojos, junto con verificaciones periódicas, garantiza que estos elementos estén en buen estado de funcionamiento cuando se necesiten.
- **Materiales y Residuos Radiactivos y Peligrosos:** Mantener un inventario de estos materiales es crucial para garantizar su gestión y eliminación adecuada, evitando así contaminaciones innecesarias y asegurando un manejo adecuado de materiales y residuos radiactivos y peligrosos.

4.2.2 FUNDAMENTOS

- **Inventario:** Un inventario consiste en una lista detallada de los bienes que una organización o institución posee. Para ser efectivo, este registro debe ser mantenido y actualizado de forma constante, de manera que refleje con precisión la situación actual de cada activo. Dependiendo de la naturaleza de la organización y de los activos vinculados, se supervisan y actualizan distintos datos cuando se producen cambios. (World Health Organization, 2012)
- **Código QR:** Los códigos QR (Quick Response) son equivalentes a códigos de barras y tienen la capacidad de contener varios tipos de información, como una URL, SMS, correo electrónico, texto, entre otros. (Vilches, s. f.)
- **Activo:** Los activos constituyen los bienes y derechos que pertenecen a una empresa.

4.2.3 DATOS RELEVANTES POR DOCUMENTAR

Cada establecimiento de atención médica presenta requerimientos específicos en relación con la información que debe ser registrada en el inventario para cada artículo. Esto puede depender de la cantidad que tengan de cada activo, modelos, cantidad de áreas, entre otras consideraciones.

Según (Promedco, 2019), alguna información relevante que debe mantenerse a la mano sobre el equipo médico debe ser la siguiente.

- **Número de Serie:** Identificación única para cada equipo médico, para distinguirlo de entre los demás de su mismo modelo.
- **Estado Operativo:** Define el estado de operatividad que posee el equipo, ya sea funcional, no funcional o en mantenimiento.
- **Inspección:** Se realiza una minuciosa inspección visual empleando herramientas de medición que incorporan componentes ópticos, para verificar tanto el estado operativo como las especificaciones técnicas y condiciones de los equipos.
- **Calibración:** Implica evaluar y analizar los resultados generados como consecuencia de un proceso recién completado, de acuerdo con los estándares internacionales o normativas establecidas.
- **Pruebas de Operatividad:** Llevan a cabo inspecciones visuales y completas, siguiendo diversas normativas y procedimientos establecidos por instituciones y organismos encargados de la regulación y calidad de los equipos médicos, con el objetivo de confirmar la eficacia y seguridad de dichos equipos.
- **Limpieza:** Se refiere a la eliminación de elementos indeseados o perjudiciales de la estructura de los equipos médicos.
- **Lubricación:** Contribuye a disminuir la fricción y el desgaste en diversas partes de los equipos médicos.
- **Pruebas de Funcionalidad:** Se llevan a cabo con el fin de verificar si el rendimiento y la seguridad de fabricación de los equipos son acordes a sus características establecidas.

Aquellos dispositivos que no cumplan con estos requisitos se consideran inadecuados para proporcionar el servicio previsto.

4.3 TEORÍAS DE SUSTENTO

En la sección de sustento teórica, se exploraron diversas teorías, principios y fundamentos que abordan los códigos QR en el proceso de etiquetado. Esta revisión se ha complementado con investigaciones previas y antecedentes relevantes, con el propósito de establecer un contexto adecuado para la presente investigación.

4.3.1. BASES TEÓRICAS

4.3.1.1. *Codificación de datos*

Un código QR codifica una cadena de texto. El código QR codifica texto en cuatro modos: numérico, alfanumérico, byte y kanji, cada uno optimizado para datos específicos. Por ende, lo primero es seleccionar el modo óptimo según el análisis de datos. Después, se codifica el texto en una cadena de bits dividida en palabras de 8 bits. El indicador de modo de 4 bits identifica el modo de codificación, seguido por el indicador de recuento de caracteres, cuya longitud varía según la versión del código QR. (Tiwari, S., 2016)

4.3.1.2. *Estructura y formato*

Según Mishra & Mathuria (2017), un código QR consta de varios patrones de funciones estratégicamente ubicados dentro de su estructura para garantizar un escaneo y decodificación precisos:

- Zona silenciosa: un borde alrededor del código QR, cuatro veces el ancho del módulo oscuro, libre de cualquier otro elemento, que permite a los escáneres reconocer y ajustar el código para descifrarlo.
- Patrón del buscador: Patrones ubicados en las esquinas superior izquierda, superior derecha e inferior izquierda del código QR, que sirven para determinar con precisión la posición y la orientación rotacional del símbolo.
- Patrón de sincronización: líneas de puntos que conectan patrones del buscador, compuestas por módulos blancos y negros alternos, que ayudan a determinar las coordenadas dentro del código.

- Separador: secciones de espacios en blanco adyacentes a los patrones del buscador, que separan la región de codificación y cada patrón del buscador para facilitar el reconocimiento.
- Patrón de alineación: similar a los patrones del buscador, pero más pequeño, posicionado según la versión del código QR, ayudando en el reconocimiento a pesar de los movimientos del módulo causados por alteraciones.
- Palabras de código de corrección de errores y datos: información almacenada en partes de 8 bits (palabras de código) dentro de las secciones de corrección de errores y datos, respectivamente.
- Información de formato: una sección de 15 bits junto con separadores que contienen detalles sobre el nivel de corrección de errores y la selección del patrón de enmascaramiento.
- Información de versión: Los códigos QR están disponibles en versiones que van del 1 al 40, lo que indica variaciones en estructura y capacidad.

Estos patrones de funciones garantizan el correcto funcionamiento y decodificación de los códigos QR en diferentes aplicaciones y versiones.

4.3.1.3. *Seguridad de los datos*

Según Focardi & Wahsheh (2019), los códigos QR criptográficos brindan cierto grado de protección contra varios escenarios de ataque:

- Phishing: los códigos QR criptográficos pueden prevenir ataques de phishing al cifrar información confidencial, como detalles de inicio de sesión y números de tarjetas de crédito, lo que dificulta que los atacantes intercepten y descifren los datos.
- Propagación de malware: mediante el uso de técnicas criptográficas, los códigos QR pueden redirigir de forma segura a los usuarios a sitios legítimos, evitando la redirección maliciosa a sitios que instalan malware en los dispositivos de los usuarios.

- Manipulación y falsificación de códigos de barras: los códigos QR criptográficos pueden incorporar firmas digitales u otros mecanismos de autenticación para verificar la autenticidad del código, frustrando así los intentos de manipulación o falsificación de códigos QR.
- Ataques de código de barras en códigos de barras: los códigos QR criptográficos pueden incluir salvaguardias contra ataques de códigos de barras en códigos de barras mediante la implementación de mecanismos de decodificación sólidos que evitan la interpretación no deseada de códigos de barras secundarios.
- Inyecciones de comandos y SQL: los códigos QR criptográficos pueden codificar datos de forma segura, evitando el acceso no autorizado a bases de datos relacionales mediante ataques de inyección SQL al garantizar la desinfección adecuada de las cadenas codificadas.
- Ataques de secuencias de comandos entre sitios (XSS): los códigos QR criptográficos pueden mitigar los ataques XSS codificando datos de forma segura y aplicando una desinfección adecuada en el lado del servidor para evitar la ejecución de código JavaScript malicioso inyectado en páginas HTML.
- Ataques a aplicaciones de lectura: los códigos QR criptográficos pueden limitar los permisos solicitados por las aplicaciones de lectura y aplicar medidas de seguridad estrictas para evitar vulnerabilidades que podrían ser explotadas por códigos QR creados con fines malintencionados, salvaguardando así los datos privados de los usuarios.

En resumen, los códigos QR criptográficos mejoran la seguridad al emplear cifrado, autenticación y prácticas estrictas de manejo de datos para mitigar diversos vectores de ataque y proteger la información confidencial de los usuarios.

4.3.2. METODOLOGÍAS APLICADAS POR OTROS AUTORES

En la investigación de Rochmawati et al. (2018), se empleó el modelo de cascada, un ciclo de vida de desarrollo de sistemas convencional, que comprende cinco pasos: requisitos, diseño, implementación, verificación y validación, y mantenimiento.

En la fase de requisito se busca que el software esté destinado a satisfacer las necesidades del usuario y del negocio. Para ello, se realizan estudios de literatura sobre materiales relacionados con códigos QR. El análisis de los requisitos del usuario revela la necesidad de inventariar artículos de laboratorio mediante códigos QR. El proceso implica generar códigos QR, colocarlos en artículos y mostrar información adjunta a través de la aplicación.

Luego sigue el diseño, esta fase implica la creación de modelos de software para comprender el flujo de datos, el control, los procesos funcionales y la información. Incluye modelado de procesos, modelado de datos y diseño. Se crea un diagrama de flujo y modelos de datos conceptuales (CDM) y físicos (PDM) para visualizar la operación del sistema y la estructura de la base de datos.

Continuando con la implementación, la aplicación fue basada en web y utiliza tecnologías de código abierto, incluido el sistema operativo Linux, servidor de base de datos PostgreSQL/MySQL, servidor web Apache, lenguaje de programación PHP, HTML, CSS, JavaScript (jQuery), marco Bootstrap e IDE como Notepad++ y NetBeans. Se eligió un software de código abierto por su rentabilidad y el marco Bootstrap se utilizó para el diseño web responsivo.

Lo siguiente es realizar pruebas de software para garantizar la corrección de la aplicación y el cumplimiento de los requisitos del usuario. Se identifican y corrigen fallos y errores, con el objetivo de obtener una aplicación libre de errores que satisfaga las necesidades del usuario.

Y, finalmente la etapa de mantenimiento que implica soporte y mejora continua. Incluye corrección de errores, copias de seguridad de datos periódicas y resolución de errores que no se detectaron anteriormente en el ciclo de vida de desarrollo. El mantenimiento garantiza la funcionalidad y confiabilidad continuas del software.

Por otro lado, en el sistema propuesto por Lakshmi & Reehana (2021), se implementa la gestión de inventario basada en blockchain mediante códigos QR. La red blockchain incluye fabricantes, centros de distribución, socios minoristas, proveedores y sitios de producción como nodos. Los códigos QR se generan utilizando código Python y la biblioteca OpenCV se utiliza para la detección de códigos QR con una cámara web.

El proceso implica generar códigos QR que contienen detalles del producto y detectarlos durante la venta del producto. La tecnología Blockchain facilita el seguimiento transparente y descentralizado de las transacciones en toda la cadena de suministro.

Se utilizan dos algoritmos principales:

- Generación de códigos QR: registre los detalles del producto, asigne una identidad única al producto, cree códigos QR y guárdelos con los productos durante el embalaje.
- Detección de códigos QR: escanee códigos QR con una cámara web, recupere detalles e identificación del producto y cree nuevos bloques en la cadena de bloques para los productos vendidos.

Y OpenCV admite varios cálculos de visión por computadora y aprendizaje automático y ofrece interfaces para múltiples lenguajes de programación, incluido Python. OpenCV-Python combina las mejores características de la API OpenCV C++ con Python, haciéndolo disponible en varias plataformas. Además, se están desarrollando interfaces para operaciones de GPU basadas en OpenCL y CUDA.

V. DESARROLLO

5.1 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables de investigación definen el comportamiento de factores que afectaron directamente el sistema de etiquetado, dividiéndose en dependiente e independientes.

Las variables independientes seleccionadas fueron aquellas que afectan con mayor impacto al Etiquetado QR, dejando así, como variable dependiente, dicho sistema.

5.1.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Efectividad y utilidad del sistema de etiquetado a través de código QR para el rápido acceso a la información de equipos médicos.

5.1.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

- **Diseño de etiqueta:** Es necesario tomar en consideración el formato y la disposición de la información en la etiqueta, como, por ejemplo, garantizar que sean legibles, de buen tamaño y que exista un buen contraste de colores entre el código y el fondo.
- **Resistencia y durabilidad de las etiquetas:** Al estar ubicados en entornos médicos donde están expuestos a líquidos, productos químicos y desinfectantes es indispensable que el material utilizado para las etiquetas sea duradero, resistente al agua y que la información permanezca legible por el mayor tiempo posible.
- **Contenido de las etiquetas:** El sistema debe incluir información relevante, esencial para el departamento de biomédica. Se incluyó en las etiquetas QR el número de serie, fecha de mantenimiento, errores frecuentes, entre otras cosas.
- **Experiencia del usuario:** Se medirá esta variable mediante encuestas de satisfacción tomando en consideración la percepción del usuario en cuanto a la facilidad de uso del sistema de etiquetado, accesibilidad de la información, entre otras cosas.

5.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

En este segmento, se presentan todos aquellos instrumentos y técnicas fundamentales para el desarrollo e implementación del proyecto investigativo.

5.2.1. PYTHON

Lenguaje de programación utilizado para el desarrollo del programa. Se eligió dicho programa por su versatilidad, y la gran disposición de librerías que posee, principalmente, las que posee para el programa de dicha modalidad. Además, es de los programas implementados por otros autores.

5.2.2. GENERACIÓN QR

Para poder generar el código QR, se hicieron uso de las bibliotecas de Python "qrcode" y "pycode". Facilitaron la conversión de la información a codificación QR.

5.2.3. IMPRESIÓN DE ETIQUETA

Al finalizar el codificado QR, solo se requirió de una impresión de etiquetas convencional con papel de etiqueta de alta calidad. Se pudo hacer modificación al codificado.

5.2.4. BIBLIOTECAS PYTHON

Se hicieron uso de las bibliotecas de Python. Debido a la diversa selección que posee el programa, fue el elegido para el desarrollo de este sistema de etiquetado.

5.3 MATERIALES

En este segmento, se presentan todos aquellos componentes necesarios para el desarrollo e implementación del proyecto investigativo.

5.3.1. ETIQUETAS ADHESIVAS DE ALTA CALIDAD

Se utilizaron para imprimir los códigos QR y la información asociada. Estas etiquetas son duraderas y resistentes a factores como la humedad y los productos químicos para garantizar su legibilidad a lo largo del tiempo. (Ilustración 7)



Ilustración - 7 Papel para Etiquetas QR

Fuente: *(Etiquetas adhesivas de código QR | Xiandai Paper, s. f.)*

5.3.2. IMPRESORA DE ETIQUETAS

Se utilizó una impresora que pueda imprimir con precisión y claridad en las etiquetas adhesivas. Las impresoras de etiquetas térmicas o de inyección de tinta fueron opciones utilizadas.

(Ilustración 8)



Ilustración 8 - Impresora de Etiquetas

Fuente: *(Impresora Código QR, s. f.)*

5.3.3. EQUIPO DE ESCANEO DE CÓDIGOS QR

Se hizo uso de un dispositivo smartphone, con capacidad para escanear códigos QR. Así, se probó la funcionalidad de las etiquetas como para acceder a la información asociada.

(Ilustración 9)



Ilustración 9 - Dispositivo para Escaneo Código QR

Fuente: *(BAE Negocios, s. f.)*

5.3.4. DOCUMENTACIÓN Y MANUALES DE EQUIPO MÉDICO

Se hizo uso de ellos para recopilar toda la información relevante incluida en los códigos QR, como manuales de usuario, instrucciones de funcionamiento y datos técnicos del equipo.

5.3.5. EQUIPO MÉDICO

Se hizo uso de equipo médico, del cual se adquirió su información y se colocó en la base de datos. En los equipos médicos fueron colocadas las etiquetas de Código QR para cada uno. Se hicieron uso de las máquinas de hemodiálisis (Ilustración 10), desfibrilador (Ilustración 11) y concentrador de oxígeno (Ilustración 12).



Ilustración 10 - Máquina de Hemodiálisis

Fuente:(SWS-4000 - Máquina de hemodiálisis con hemodiafiltración by SWS Hemodialysis Care Co.,Ltd | MedicalExpo, s. f.)



Ilustración 11 - Desfibrilador

Fuente: (Tipos, modelos y características de desfibriladores | Promedco, s. f.)



Ilustración 12 - Concentrador de Oxígeno

Fuente: (*Concentrador de Oxígeno, s. f.*)

5.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Como población se consideran todos los dispositivos médicos instalados en la clínica de Diálisis de Honduras ubicada en San Pedro Sula.

Específicamente, el sistema consistió en información relevante de seis equipos en su totalidad, siendo esta la muestra. Se seleccionaron equipos fundamentales para el funcionamiento adecuado de la clínica para ser la muestra piloto.

5.5 METODOLOGÍA

El proyecto de investigación fue desarrollado utilizando un enfoque cualitativo, alcance descriptivo, estudio transversal de tipo preexperimental con una muestra no probabilística. (Tabla 1)

Se decidió utilizar un enfoque cualitativo ya que lo que se abarcó con este estudio se basó en las experiencias, percepciones y opiniones relacionadas con el uso y la implementación del sistema de etiquetado con código QR en el contexto de los equipos médicos de la clínica de Diálisis de Honduras.

El alcance de tipo descriptivo implica que el proyecto fue enfocado en describir el funcionamiento, el desarrollo, la implementación y los efectos del sistema de etiquetado con código QR en cuanto al rápido acceso a la información de los equipos médicos.

Se dice que es un estudio transversal ya que los datos recopilados se obtuvieron en un período de tiempo específico sin seguimiento a largo plazo.

El diseño preexperimental implica la introducción del sistema de etiquetado con código QR completamente nuevo para los usuarios y la medición de sus efectos en el acceso a la información de los equipos médicos.

Por último, se tomó una muestra de tipo no probabilística ya que esta no fue seleccionada de manera aleatoria. Se seleccionó la clínica de Diálisis de Honduras de San Pedro Sula ya que es la de mayor accesibilidad debido a la ubicación, los equipos seleccionados fueron los que más información se pudo obtener, y el personal encuestado fue el que accedió a ser partícipe del proyecto.

Tabla 1 - Metodología de la Investigación

Enfoque	Cualitativo
Alcance	Descriptivo
Tipo de estudio	Transversal
Tipo de diseño	Preexperimental
Tipo de muestra	No probabilístico

Fuente: (Autoría propia, 2024)

5.6 RESULTADOS

El Sistema de Etiquetado fue desarrollado mediante el lenguaje de programación de Python. Mediante el uso de librerías de Python, se logró implementar un sistema amigable al usuario, para el manejo sencillo de adición de información.

5.6.1. FUNCIONAMIENTO DEL CÓDIGO

El funcionamiento del código desarrollado para la generación de códigos QR para los equipos médicos de las clínicas de Diálisis de Honduras es bastante sencillo. (Ilustración 13). Iniciando con el usuario seleccionando el archivo de Excel donde se encuentra la base de datos de todos los equipos (nombre, marca, modelo, número de serie, fallas frecuentes o piezas de reemplazo frecuente).

Una vez seleccionada la base de datos, en la interfaz gráfica aparece un mensaje preguntando si desea generar código QR para cada uno de los equipos médicos de la base de datos. Si el usuario selecciona "Sí", lo siguiente es seleccionar la carpeta donde se guardarán las imágenes de los QR. Luego los códigos son generados de forma exitosa y son guardados en la carpeta como número_de_serie.png (ej. 218438.png).

Por otro lado, si el usuario selecciona "No", la interfaz solicita ingresar un número de serie específico del equipo del que se quiere generar el QR. Esto principalmente para cuando se realiza una edición de alguno de los campos de información de un equipo y se desea actualizar el código para que la información sea la correcta al momento de escanear nuevamente. También es útil cuando se agrega un nuevo equipo a la base de datos ya sea por ser una nueva adquisición o simplemente porque estaba pendiente de agregar y solo se quiere generar el QR para ese equipo.

Si el número de serie es correcto se genera el QR exitosamente y se guarda en la carpeta seleccionada, y si el número no es correcto aparece un error y el programa finaliza. Una vez los códigos QR son generados y guardados, el programa finaliza.

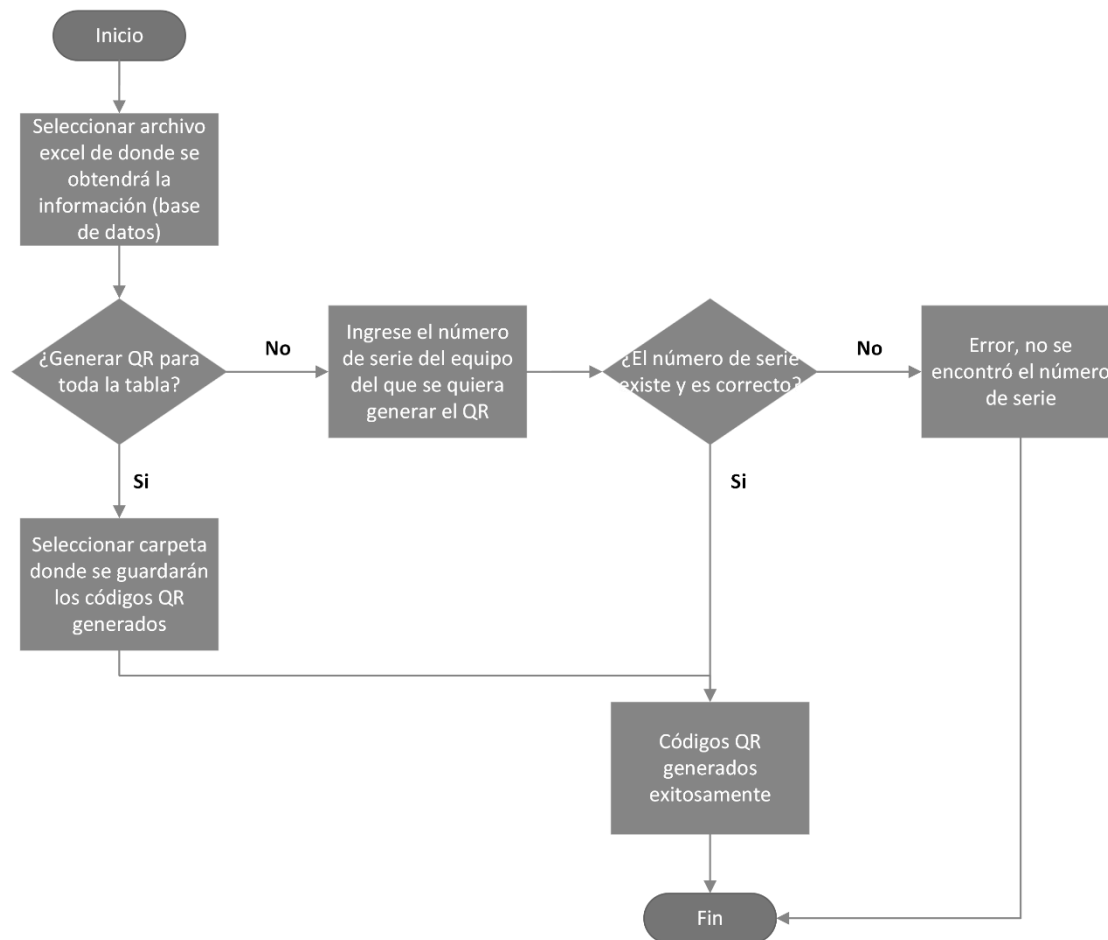


Ilustración 13 - Diagrama de flujo del funcionamiento del código.

Fuente: (Autoría propia, 2024)

5.6.2. CÓDIGO DE PYTHON

Para el desarrollo del código del sistema, se realizaron importaciones de las librerías de Python: pandas, qrcode y tkinter. Además, se hizo uso de una base de datos de Excel con la información relevante de los equipos médicos para que al escanear el QR esta sea visualizada.

El código funciona en 3 partes principales: primeramente, se define una función para generar el código QR que al escanearlo muestre los nombres de las columnas y los datos que hay en las filas. Luego, se definió una función para generar el código QR proporcionando 2 opciones: generar los códigos para toda la tabla o para un equipo en específico a colocando el número de

serie de este. Se definió también una función para mostrar la interfaz gráfica donde se encuentran todos los botones y textbox para ingresar el número de serie específico. (Anexo 1)

5.6.3. VISUALIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

Toda la información de los equipos que se quiera visualizar al escanear el QR estará en una base de datos de Excel. (Ilustración 14)

En esta se incluirá lo siguiente:

- Equipo
- Marca
- Modelo
- Número de serie
- Última fecha de mantenimiento
- Próxima fecha de mantenimiento
- Fallas frecuentes

Nombre del equipo	Marca	Modelo	Número de serie	Última fecha MP	Próximo MP	Fallas frecuentes
Aspirador de flemas	DRIVE	18600	402798	7/12/2023	4/6/2024	Manguera de succión y su filtro, tanque de reservorio de flema
Concentrador de oxígeno	DRIVE	525	069335	7/12/2023	4/6/2024	Tamiz o canister molecular, filtro de insuflador
Desfibrilador	Physio-Control	Lifepak 12	91004823	8/12/2023	5/6/2024	Batería, rodillo de impresión, cable de ECG
Desfibrilador	Physio-Control	Lifepak 12	91068824	8/12/2023	5/6/2024	Batería, rodillo de impresión, cable de ECG
Máquina de hemodiálisis	Fresenius	2008k2	654879B001	17/1/2024	15/7/2024	Motores, motor de bomba de sangre (cambiar carbones y balineras), cambio de membrana de cámara de balance, cambio de bombas de ácido, bicarbonato y ultra filtración
Máquina de hemodiálisis	Fresenius	2008k2	654879B124	17/1/2024	15/7/2024	Motores, motor de bomba de sangre (cambiar carbones y balineras), cambio de membrana de cámara de balance, cambio de bombas de ácido, bicarbonato y ultra filtración

Ilustración 14 - Base de datos de equipo médico.

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Al correr el código, lo primero que se debe hacer es seleccionar el archivo de donde se obtendrá la información que se codificará en un QR. (Ilustración 15). En este caso, la base de datos de los equipos médicos de las clínicas de Diálisis de Honduras con la información antes mencionada.

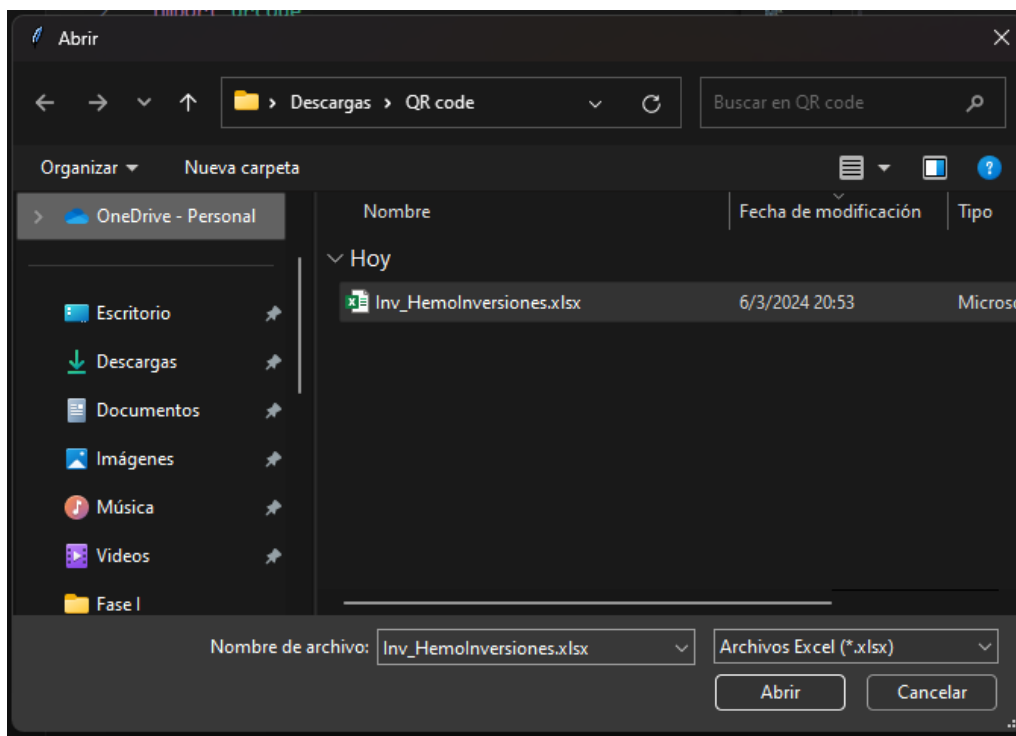


Ilustración 15 - Selección de base de datos de equipo médico.

Fuente: (Autoría propia, 2024)

El sistema consulta si desea generar QR para cada elemento de la tabla o únicamente uno en específico. (Ilustración 16)

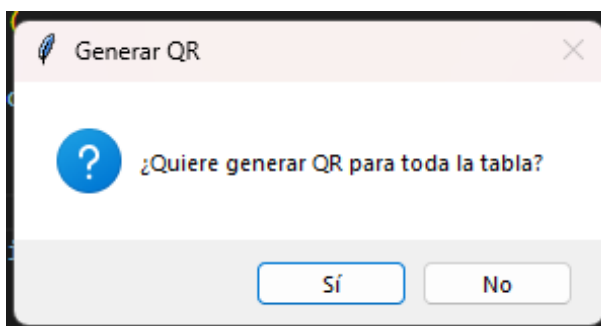


Ilustración 16 - Interrogante QR para toda la base de datos.

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Al seleccionar si, el sistema automáticamente genera los QR para la totalidad de equipos que aparecen en la base de datos y únicamente solicita al usuario en qué carpeta desea guardar las imágenes png de los QR. (Ilustración 17)

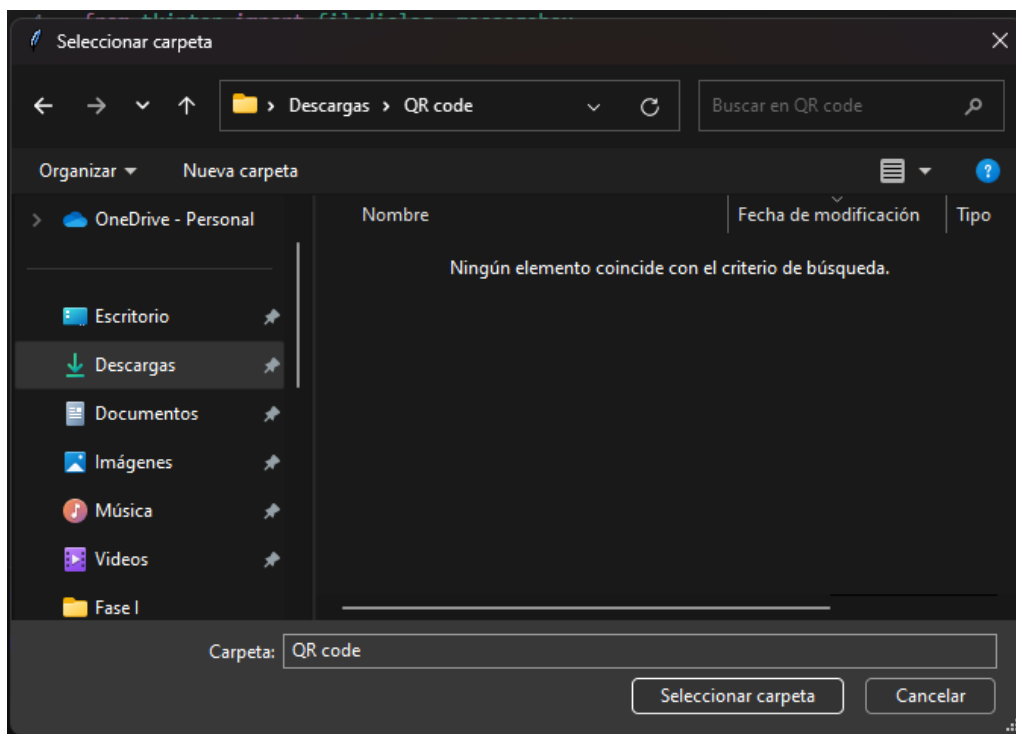


Ilustración 17 - Selección de carpeta para guardar imágenes png de los códigos QR generados.

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Una vez finalizado, el sistema muestra un mensaje "Códigos QR generados exitosamente". (Ilustración 18)

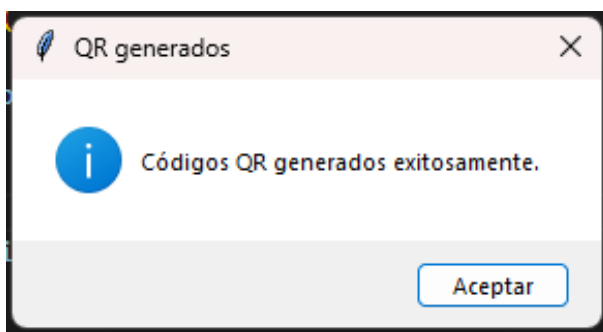


Ilustración 18 - Final códigos QR generados.

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Al aparecer este mensaje se puede verificar en la carpeta seleccionada la aparición de cada una de las imágenes de los códigos QR generados guardados con el número de serie de cada equipo. (Ilustración 19)

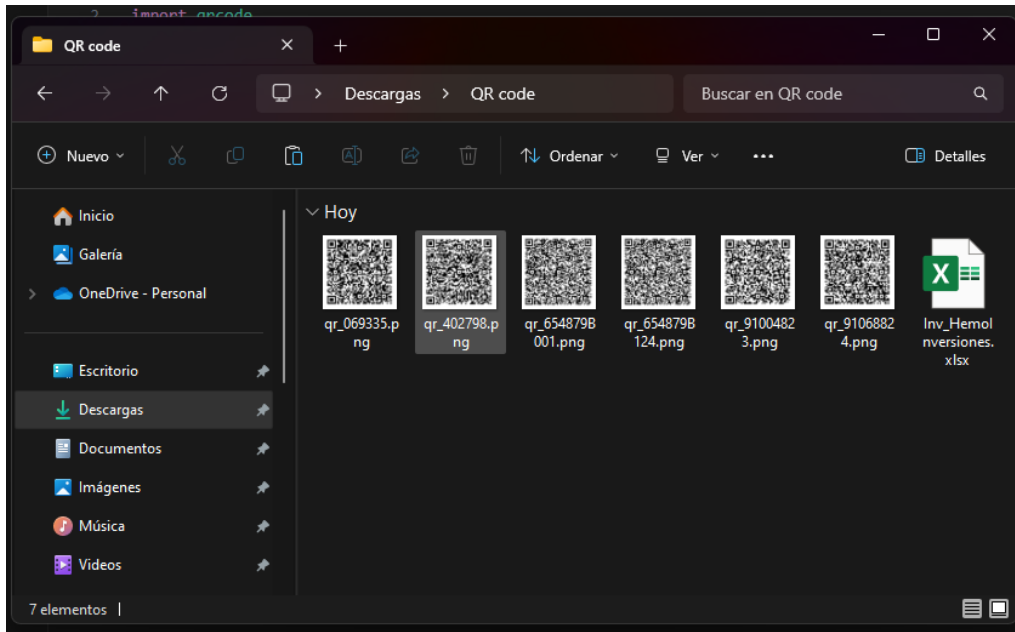


Ilustración 19 - Carpeta con códigos QR.

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Para revisar la información del equipo, solo debe escanearse el código QR para acceder a toda la información detallada disponible (Ilustración 20).



Ilustración 20 - Código QR con Información del Equipo

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Con el escaneo de los códigos QR se descubrió una limitante, los códigos pueden ser visualizados fácilmente con dispositivos ANDROID, pero no está habilitado para iOS, a menos que

se descargue alguna aplicación para escaneo de códigos QR, como puede ser QRCode Scan y QR bot. (Ilustración 21)

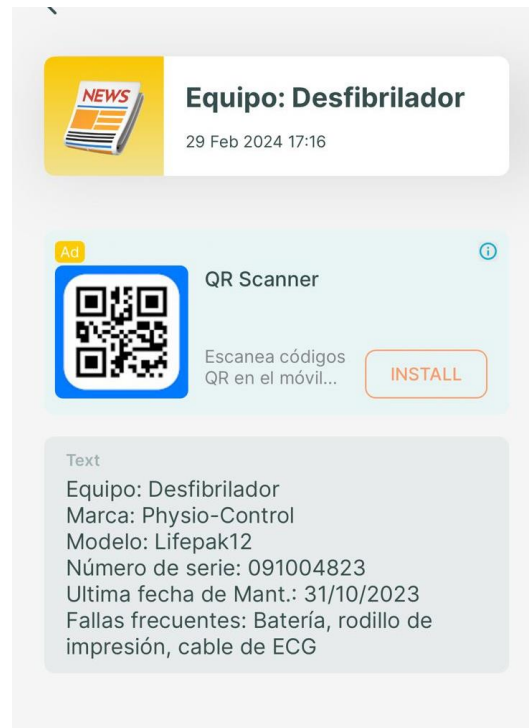


Ilustración 21 - Visualización Información Código QR en Aplicación

Fuente: (Autoría propia, 2024)

5.6.4. PERCEPCIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA

Para poder determinar la funcionalidad y eficacia del sistema, se optó por obtener retroalimentación a base de encuestas. Dicha encuesta consta de preguntas concisas, pidiendo opinión sobre la facilidad de uso, y recomendaciones para implementar al sistema de etiquetado QR.

Se inició con un conocimiento previo de si el personal había sido informado de la implementación del sistema, para que conozca su motivo de implementación y ventajas que posee. (Ilustración 22)

Percepción sobre el Uso del Sistema de Etiquetado QR

Dicha encuesta requiere de su opinión y experiencia con la implementación de nuevo sistema de etiquetado QR para equipos médicos.

¿Se le brindó una breve introducción al sistema antes de ser implementado?

Sí

No

Ilustración 22 - Encuesta a Personal de Salud

Fuente: (Autoría propia, 2024)

También, fue importante evaluar la sencillez de la manipulación del programa, para así determinar si su interfaz es amigable, o si puede simplificarse. (Ilustración 23)

...

¿Del 1-5, que tan sencillo considera que es el manejo del sistema?

1 2 3 4 5

Al escanear el código con su celular, tuvo dificultad para ingresar?

Sí

No

Ilustración 23 - Encuesta a Personal de Salud

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Es importante conocer la regularidad con la que fue utilizado el sistema y la importancia del acceso de dicha información, para poder concientizar al personal que su uso es una herramienta. Finalmente, con la aplicación del sistema, se dispuso de un espacio para consideraciones y recomendaciones, para mejorar el sistema y motivar al usuario a utilizarlo con mayor regularidad. (Ilustración 24)

¿Alrededor de cuantas veces utilizó el sistema?

Ninguna vez

Solo una vez

Varias veces

En una escala del 1-5 ¿ que tan importante considera tener acceso a esta información?

1 2 3 4 5

¿Qué consideraciones podrían mejorar el sistema y su uso?

Texto de respuesta largo

Ilustración 24 - Encuesta a Personal de Salud

Fuente: (Autoría propia, 2024)

La encuesta fue aplicada al personal de la clínica que requiere de la información, principalmente, a los técnicos. Se obtuvieron 8 respuestas de la encuesta. (Ilustración 25). Antes de la aplicación de la encuesta, se le brindó una breve introducción al personal sobre el uso del sistema, lo que fue comprobado mediante el resultado de la pregunta.

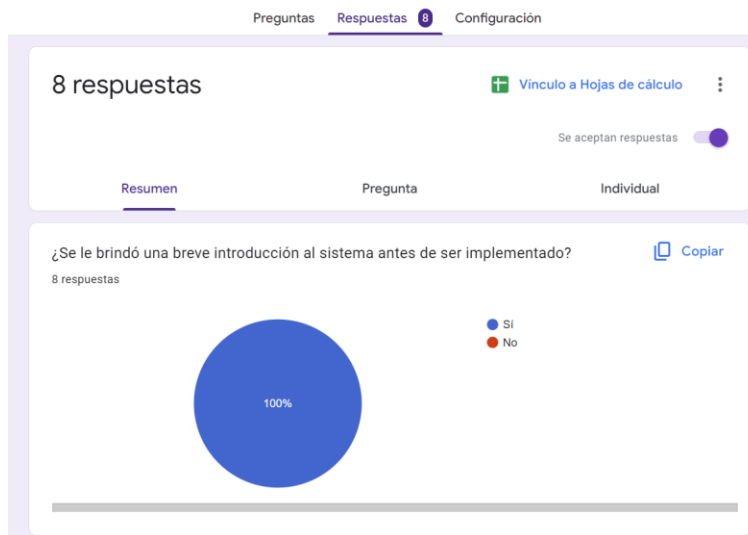


Ilustración 25 - Resultado Pregunta 1

Fuente: (Autoría propia, 2024)

El resultado indicó que la mayoría del personal que utilizó el sistema, lo encontró fácil de utilizar. Esto cumple con el objetivo de poseer una interfaz amigable. (Ilustración 26)

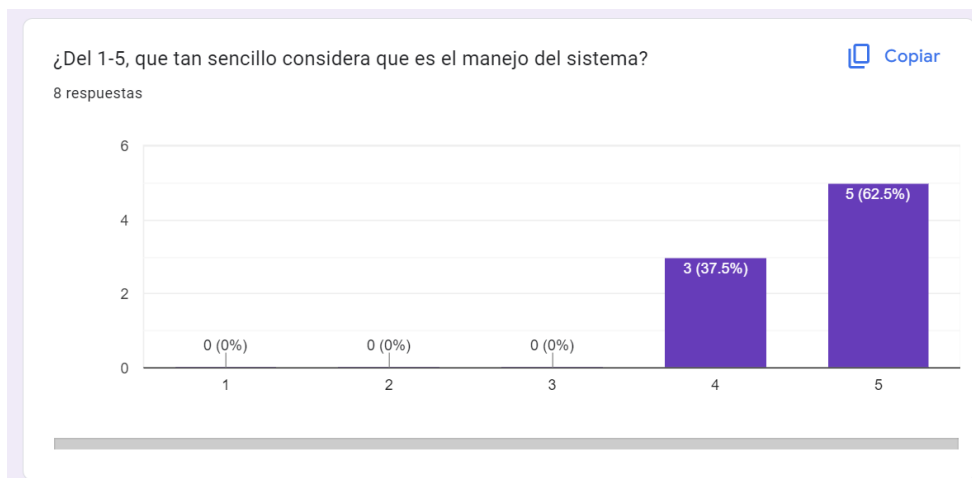


Ilustración 26 - Resultados Pregunta 2

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Debido a la limitante de escanear el código en dispositivos iOS, se buscó identificar la dificultad en otros dispositivos o estos mismos. Aunque la mayoría no encontró dificultad para ingresar, casi la mitad de las personas si la tuvieron. (Ilustración 27)

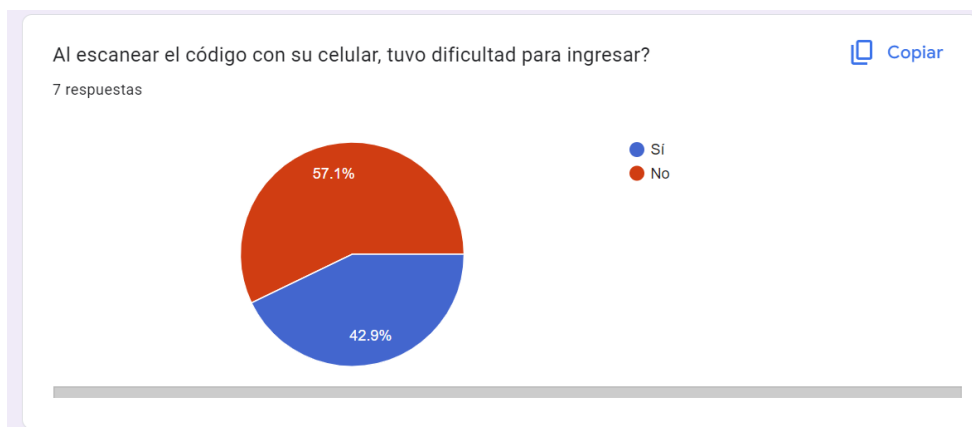


Ilustración 27 - Resultados Pregunta 3

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Para evaluar la necesidad del sistema, se reveló que la mayoría del personal accedió varias veces al sistema, por lo que demuestra ser una herramienta útil. (Ilustración 28)

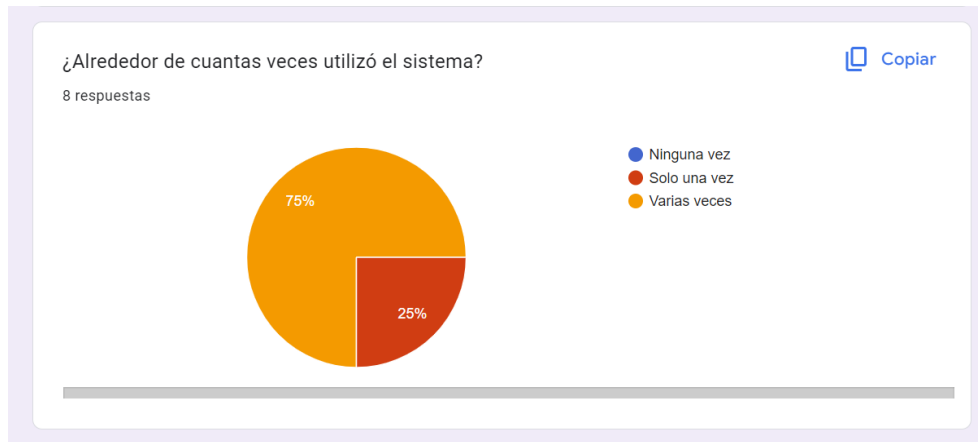


Ilustración 28 - Resultados Pregunta 4

Fuente: (Autoría propia, 2024)

En relación con la necesidad del sistema, también se pidió la opinión de los participantes, clasificando que tan importante era tener acceso a dicho sistema para ellos. Los resultados indicaron que dicha necesidad era elevada. (Ilustración 29)

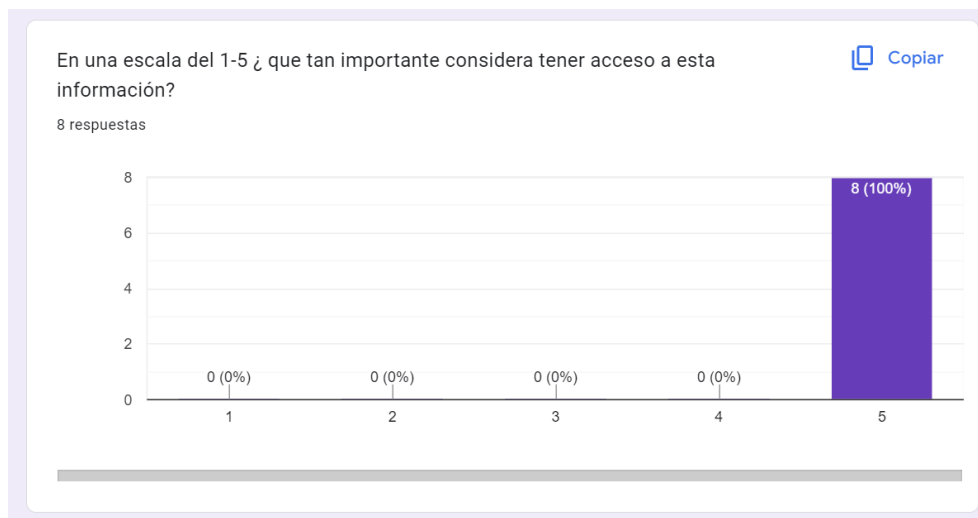


Ilustración 29 - Resultados Pregunta 5

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Considerando las oportunidades de mejora que pueden identificar las personas que utilizan el sistema recurrentemente, se recibieron ciertas consideraciones a tomar en cuenta para la mejora del sistema. (Ilustración 30)

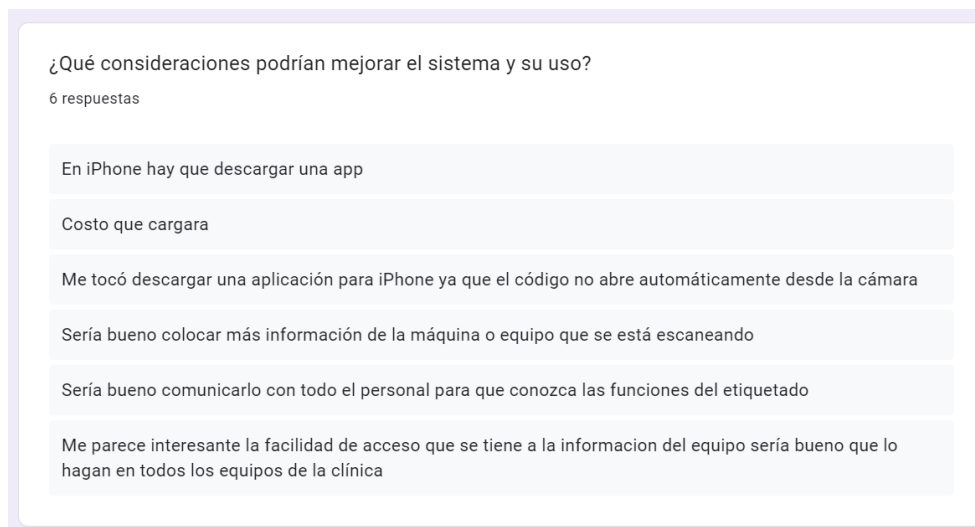


Ilustración 30 - Resultados Pregunta 6

Fuente: (Autoría propia, 2024)

5.6.5. APLICABILIDAD DEL SISTEMA

La implementación de este sistema fue ideada con la intención de facilitar el acceso a registros y evidencias de los equipos médicos. En dicho sistema se identificaron tanto fortalezas y oportunidades como debilidades y amenazas. (Ilustración 31). Los registros de mantenimiento de los equipos médicos actualmente son de forma física, por lo que, si se desea conocer dicho estado, se debe proceder a la búsqueda del registro. Con este sistema, la información está disponible digitalmente, y en caso de que requiera ser corroborado, puede accederse al registro físico, pero, ya se posee una opción más viable.

Como todas las empresas que prestan servicios de salud, entes reguladores como la Agencia de Regulación Sanitaria (ARSA) Y la Secretaría de Salud (SESAL), se realizan inspecciones periódicamente. En su mayoría, se revisan los procesos que son llevados a cabo, equipos médicos, y la trazabilidad de estos. Esta herramienta pretende agilizar el proceso de dichas cuestiones de los entes reguladores, brindando los resultados de una forma más rápida.

Actualmente, la empresa se encuentra en la adaptación de un sistema de ingreso de datos. Se visualiza poder obtener los datos de dicha plataforma, en lugar de una tabla de Excel como se realiza actualmente en la prueba piloto.

La integración del sistema pretende no solo un beneficio interno, para que el personal de salud verifique la trazabilidad de los equipos, o que el equipo de servicio técnico verifique los últimos mantenimientos o fallas de los equipos, también servirá para demostrar a las entidades reguladoras del país con mayor eficacia los registros de los equipos médicos que operan dentro de la clínica.

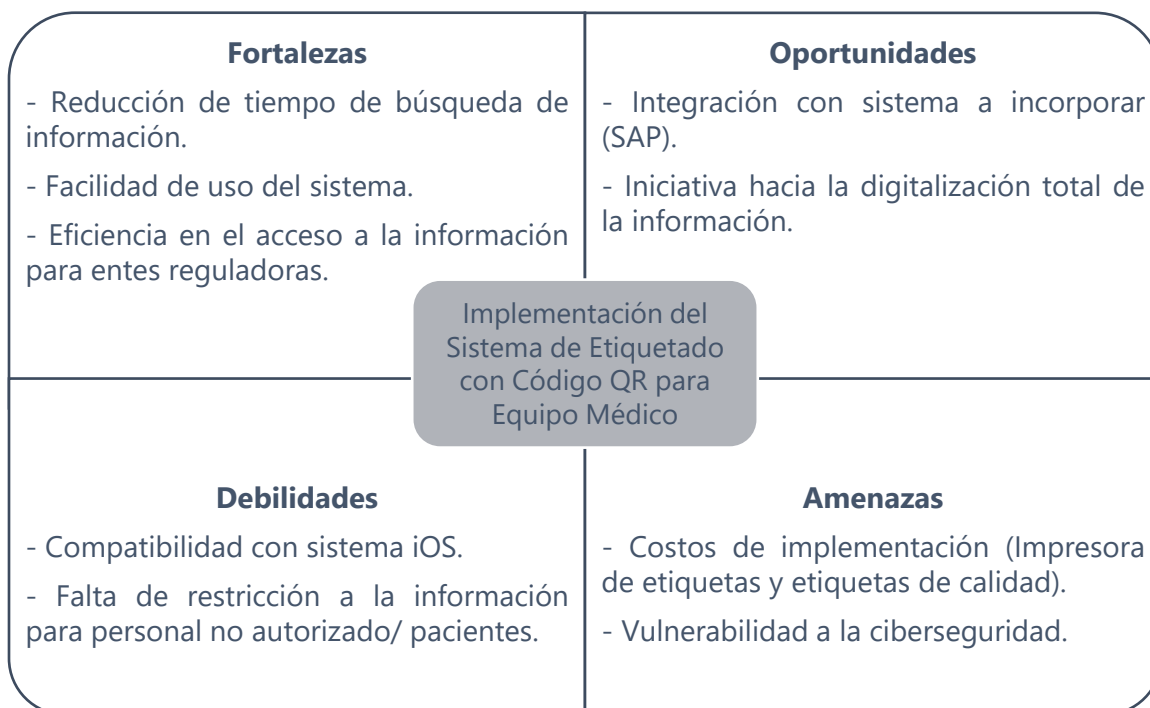


Ilustración 14 - Matriz FODA con base en la aplicabilidad del sistema.

Fuente: (Autoría propia, 2024)

5.6.6. SEGURIDAD DEL SISTEMA

Actualmente, el manejo de información por medios tecnológicos suele presentar ciertos riesgos, desde la consistencia del sistema, hasta la seguridad de los datos. Debido a esto, es importante mantener la información vital de manera confidencial, de forma que solamente el personal obtenga acceso a estos datos.

Puede optarse por colocar los códigos QR en lugares estratégicos del equipo, que pueden visualizarse solamente por personal autorizado que conozca la ubicación del QR. Por ejemplo, en

la parte inferior del equipo o al costado del equipo ya que son lugares restringidos que solo con las herramientas adecuadas se podrían abrir los compartimientos que hay en estos lados. La desventaja de este método es que en equipos médicos más pequeños sería un tanto más complicado encontrar una ubicación estratégica.

Una medida de mayor seguridad es el de encriptar el código QR mediante algoritmos de programación en donde al momento de querer escanear el código QR pida una doble autenticación o una clave para desencriptar el código QR de esta manera se podría garantizar que código QR sea seguro ya que ningún paciente o personal externo podrá acceder a la información y de igual manera aseguramos el código QR para que este no este expuesto a una falsificación o mal uso de la información.

5.6.7. IMPACTO DE COSTOS EN MATERIA

Con dicho sistema, se implementa la aplicación de los formatos oficiales al sistema. Esto erradica el uso de hojas de papel para evidenciar las órdenes de trabajo e informes de mantenimiento. Actualmente, se hacen uso de 3 hojas de papel al momento de reportar y elaborar un mantenimiento para todos los equipos médicos. Con el proyecto del etiquetado se estará imprimiendo 1 etiqueta anual por equipo la cual cada vez que se actualice la información se irá reemplazando, sin duda alguna esto brinda un beneficio en costo y agilidad a la empresa ya que se está erradicando el uso de 3 páginas en donde no solo se refleja el costo de 3 páginas, estas son páginas que se mandan a hacer en talonarios de ordenes de trabajo más la impresión de las otras 2 hojas con los checklists que los técnicos deben ir llenando, tomando en cuenta todo esto la impresión de 1 etiqueta versus la impresión de 3 páginas con formatos específicos sería mil veces mejor económicamente la etiqueta en donde no solo se estará ahorrando dinero sino que también se agilizará la accesibilidad a la información deseada.

5.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

De forma cronológica se exponen las actividades llevadas a cabo para el desarrollo y finalización del prototipo de sistema de etiquetado con código QR para el acceso rápido a la información de los equipos médicos. (Tabla 2)

Tabla 2 - Cronograma de Actividades

Actividad del desarrollo del proyecto	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Identificación Requisitos del Sistema.	■									
Indagación de necesidades del personal médico.	■									
Análisis de los procesos actuales del etiquetado de equipos.		■								
Establecer las características del etiquetado		■								
Selección del lenguaje de programación.		■								
Definición de la arquitectura del sistema			■							
Recopilación de información para el sistema.			■	■						
Revisión de proyectos realizados por otros autores.				■						
Familiarización con las librerías del lenguaje de programación.				■						
Desarrollo de códigos.				■						
Evaluación de los comandos ideales a utilizar.					■					
Modificaciones a interfaz de usuario.					■					
Desarrollo del sistema de etiquetado.					■					
Inserción de datos a sistema.						■				
Aplicación del sistema.							■			
Instalación de etiquetas.							■			
Aplicación de encuestas.								■		
Análisis de las encuestas.								■		
Redactar conclusiones y recomendaciones.								■	■	
Finalización del proyecto										■

Fuente: (Autoría propia, 2024)

VI. CONCLUSIONES

1. Después de la evaluación, se concluye que las tecnologías más eficientes para desarrollar un sistema de datos mediante etiquetado QR para equipo médico son aquellas que utilizan Python, respaldadas por Visual Studio Code. Esta combinación ofrece una plataforma sólida y flexible para crear sistemas de etiquetado QR. La capacidad de Python para manejar datos complejos y su integración con herramientas de desarrollo como Visual Studio Code hacen que la creación y gestión de etiquetas QR sea altamente eficiente. Además, el entorno de desarrollo proporcionado por Visual Studio Code resulta amigable y fácil de usar.
2. El desarrollo de un sistema de etiquetado QR para equipos médicos se ha asociado con una mejora significativa en la eficiencia del acceso a información crucial. Al emplear tecnologías modernas como el etiquetado QR, se logra agilizar el acceso a información relevante sobre equipos médicos. Esto reduce los tiempos de espera y mejoran la eficiencia del personal de salud al eliminar la necesidad de buscar físicamente la información. Con el sistema de etiquetado QR, la información crucial está al alcance con solo escanear un código, lo que representaría un gran avance en términos de eficiencia y accesibilidad.
3. La percepción del personal sobre la utilidad del sistema de etiquetado QR para acceder a la hoja de vida de equipos médicos es mayormente positiva. Los comentarios recabados indican que el sistema de etiquetado QR facilita el acceso a información relevante de manera rápida y eficiente. Además, muchos miembros del personal sugieren que se añada más información relevante a las etiquetas QR, lo que demostraría su disposición a aprovechar al máximo esta tecnología. En resumen, el sistema de etiquetado QR se percibe como una herramienta útil y efectiva por el personal biomédico.
4. El mayor beneficio de la implementación de este sistema es la velocidad con la cual se podrán acceder a los registros para conocer la trazabilidad de los equipos médicos. De igual forma, uno de los mayores desafíos fue la implementar un código amigable y eficaz, actualmente la limitante que posee el código es que solo puede ser utilizado en Android con normalidad, y dispositivos iOS que posean una aplicación para escanear código QR.

5. Durante la implementación del sistema de etiquetas QR para el acceso a información de equipos médicos, se identificaron algunos desafíos específicos, como la compatibilidad con dispositivos y la generación de códigos QR funcionales. Sin embargo, los beneficios obtenidos supera los desafíos. El acceso más rápido y fácil a la información de los equipos médicos es el principal beneficio, lo que mejora la eficiencia operativa y la calidad del servicio. Además, el sistema de etiquetado QR hace que la información este más accesible para todo el personal, lo que apoya una mejor atención al paciente y una gestión más eficiente de los recursos médicos. En resumen, a pesar de algunos desafíos iniciales, los beneficios asociados con la implementación del sistema de etiquetas QR son significativos y valiosos para el personal médico.

VII. RECOMENDACIONES

1. Dado que se ha identificado que el uso de tecnologías como Python y Visual Studio Code es eficiente para el desarrollo del sistema de etiquetado QR, se recomienda mantener actualizados estos recursos y estar al tanto de las nuevas versiones y actualizaciones para aprovechar al máximo sus funcionalidades.
2. Es fundamental proporcionar una capacitación adecuada al personal médico sobre cómo utilizar el sistema de etiquetado QR de manera efectiva. Esto incluye tanto la generación de códigos QR como el escaneo y acceso a la información relevante de los equipos médicos. Una comprensión clara del sistema aumentará su adopción y eficacia.
3. Dado que se identificaron desafíos relacionados con la compatibilidad con dispositivos durante la implementación, se recomienda realizar pruebas exhaustivas de compatibilidad con una variedad de dispositivos móviles y plataformas para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema en diferentes entornos.
4. Para garantizar la eficiencia y precisión del sistema, es crucial mantener actualizada y precisa la base de datos que alimenta la información de las etiquetas QR. Se deben establecer procedimientos claros para la gestión de datos y la actualización periódica de la información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, P. O. A., Guadalupe, R. S. M., & Ignacio, C. L. A. (s. f.). *BASE DE DATOS DEL INVENTARIO FUNCIONAL DE EQUIPO MÉDICO GENERADA APLICANDO MÁQUINAS DE ESTADO EN LABVIEW*.

BAE Negocios. (s. f.). *Códigos QR*. Recuperado 20 de febrero de 2024, de <https://www.baenegocios.com/sociedad/Codigos-QR-como-funciona-y-que-peligros-trae-para-tu-celular-20220531-0087.html>

BIND ERP. (2018, abril 2). *Lleva el control de tus almacenes e inventarios de equipo médico*. <https://bind.com.mx/blog/control-de-inventarios/lleva-el-control-de-tus-almacenes-e-inventarios-de-equipo-medico>

Carmenate-Milián, L., Alej, Herrera-Ramos, R., & Ramos-Cáceres, D. (2016). Situación del Sistema de Salud en Honduras y el Nuevo Modelo de Salud Propuesto. *Archivos de Medicina*, 12(4), 0-0.

Concentrador de Oxígeno: ¿qué es, para qué sirve y cómo funciona? (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2024, de <https://hiraoka.com.pe/blog/post/concentrador-de-oxigeno-que-es-y-como-funciona>

EMED. (2023, julio 13). El inventario de equipos biomédicos: Una pieza clave en la gestión eficiente de la salud. *Emed Ingeniería*. <https://emedingenieria.com/inventario-de-equipos-biomedicos/>

Etiquetas adhesivas de código QR | Xiandai Paper. (s. f.). Xiandai Paper Production. Recuperado 20 de febrero de 2024, de https://www.szxdpospaper.com/rodillo-de-etiquetas/etiquetas-adhesivas-de-codigo-qr-l2020035_1.asp

Evelyn Hernández. (2023, noviembre 20). Salud Pública en Honduras: <http://enaltavoz.com/salud-publica-en-honduras-un-sistema-fragmentado-en-crisis-que-afecta-mas-a-las-poblaciones-vulnerables/>

Impresora Código QR. (s. f.). Bixon EU. Recuperado 20 de febrero de 2024, de <https://bixononeu.com/impresora-codigo-qr/?lang=es>

Medical Equipment Maintenance Management. (2023, febrero 21). SoftPro Medical Solutions. <https://www.softpromedical.com/medical-equipment-maintenance-management/>

Promedco. (2019, mayo 14). *Mantenimiento a equipos médicos: Por qué y cómo hacerlo* | Promedco. <https://www.promedco.com/noticias/importancia-mantenimiento-de-equipos-medicos>

SWS-4000—Máquina de hemodiálisis con hemodiafiltración by SWS Hemodialysis Care Co.,Ltd | *MedicalExpo*. (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2024, de <https://www.medicalexpo.es/prod/sws-hemodialysis-care-co-ltd/product-112938-775643.html>

Tipos, modelos y características de desfibriladores | Promedco. (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2024, de <https://www.promedco.com/noticias/desfibriladores-modelos-y-caracteristicas>

Vilches, C. (s. f.). *Biblioguias: Qué son los Códigos QR: Qué es Código QR*. Recuperado 5 de febrero de 2024, de <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=159511&p=1044473>

World Health Organization. (2012). *Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico. Introduction to medical equipment inventory management*. <https://iris.who.int/handle/10665/44817>

ANEXOS

Anexo 1 - Código del sistema.

```
import pandas as pd

import qrcode

import tkinter as tk

from tkinter import filedialog, messagebox

# Función para generar el código QR con nombres de columnas y datos en filas diferentes

def generar_qr(datos, ruta):

    contenido_qr = ""

    for columna, valor in datos.items():

        contenido_qr += f"{columna}: {valor}\n"

    qr = qrcode.QRCode(

        version=1,

        error_correction=qrcode.constants.ERROR_CORRECT_L,

        box_size=10,

        border=4,

    )

    qr.add_data(contenido_qr)

    qr.make(fit=True)

    img = qr.make_image(fill_color="black", back_color="white")

    img.save(ruta)

# Función para generar QR para toda la tabla o para un número de serie específico

def generar_qr_interfaz(archivo_excel, numero_serie=None):
```

```

datos = pd.read_excel(archivo_excel)

if numero_serie:

    fila_seleccionada = datos[datos['Número de serie'] == numero_serie]

    if fila_seleccionada.empty:

        messagebox.showerror("Error", f"No se encontró el número de serie:
{numero_serie}")

        return

    ruta_archivo_qr = filedialog.asksaveasfilename(defaultextension=".png",
filetypes=[("Archivos PNG", "*.png")])

    if ruta_archivo_qr:

        generar_qr(fila_seleccionada.iloc[0], ruta_archivo_qr)

        messagebox.showinfo("QR generado", "Código QR generado exitosamente.")

else:

    ruta_carpeta_qr = filedialog.askdirectory()

    if ruta_carpeta_qr:

        for index, row in datos.iterrows():

            nombre_archivo_qr = f"qr_{row['Número de serie']}.png"

            ruta_archivo_qr = f"{ruta_carpeta_qr}/{nombre_archivo_qr}"

            generar_qr(row, ruta_archivo_qr)

            messagebox.showinfo("QR generados", "Códigos QR generados exitosamente.")

# Función para mostrar la interfaz gráfica

def mostrar_interfaz():

    root = tk.Tk()

    root.withdraw()

```

```

archivo_excel = filedialog.askopenfilename(filetypes=[("Archivos Excel", "*.xlsx")])

if archivo_excel:

    respuesta = messagebox.askquestion("Generar QR", "¿Quiere generar QR para toda
la tabla?")

    if respuesta == 'yes':

        generar_qr_interfaz(archivo_excel)

    else:

        numero_serie = tk.simpledialog.askstring("Número de serie", "Ingrese el número
de serie:")

        if numero_serie:

            generar_qr_interfaz(archivo_excel, numero_serie)

if __name__ == "__main__":

    mostrar_interfaz()

```

Fuente: (Autoría propia, 2024)