

Sistema Automatizado De Gestión De Mantenimiento De Equipos Biomedicos

Automated Biomedical Equipment Maintenance Management System

Ing. Andrés Julián Lozada Valdés^{1*} 
Universidad de Pamplona

Ing. Brayan Stiven García Peña 
Universidad de Pamplona

*MSc. Oscar Manuel Duque Suarez*² 
SENA, SENNOVA

© 2021 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

¹ Universidad de Pamplona, Facultad de ingenierías y arquitectura, Ingeniería mecatrónica. Autopista Internacional Vía Los Álamos Villa Antigua, Villa del rosario, Norte de Santander, Colombia.

² SENA, SENNOVA, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Regional Norte de Santander, CEDRUM, (57+7) 57 7 578 3286.

RESUMEN

El desarrollo del sistema automatizado de mantenimiento se realizará para solventar la necesidad de tener una documentación digital de cada gestión de mantenimiento de los equipos biomédicos a los que se realiza mantenimiento. Dicha gestión de mantenimiento de quipos biomédicos es de gran importancia ya que por medio de este se puede saber dentro de que periodo se debe realizar mantenimiento (bien sea correctivo o preventivo) a los equipos biomédicos que están en constante uso, esto con la finalidad de que estos instrumentos funcionen correctamente. La funcionalidad de este sistema es contener información acerca de cada equipo biomédico registrado, de esta forma el usuario tendrá acceso a cada documento del equipo biomédico, como gestión de mantenimiento, cronogramas de mantenimiento, entre otros., para el acceso a dicha documentación cada aparato contiene una codificación segura la cual al ser escaneada llevará (por medio del software) a todos los documentos mencionados anteriormente del equipo biomédico. De igual manera se desarrollará un prototipo inalámbrico el cual brindará a los operarios una herramienta que contará con una pantalla en la que se mostrará información relevante para la realización del mantenimiento a su vez esta herramienta contará con un lector encargado de leer y grabar la información alojada en las etiquetas de identificación de los equipos biomédicos, este se comunicará inalámbricamente con el software desarrollado para el sistema.

PALABRAS CLAVE: biopolímero, almidón, biodegradabilidad, subproductos y residuos

ABSTRACT

The development of the automated maintenance system will be done to fulfill the need of having digital documentation of every maintenance management. Said management of biomedical equipment is of great importance, due to that through it, someone can know the stage of which maintenance has to be done (either corrective or preventive) to the biomedical equipment that is constantly being used, this to fulfill the end that these instruments work properly. The functionality of this system is containing information about every biomedical equipment registered, this way, the user will have access to every document related to each equipment like maintenance management, maintenance schedules, among other things. To access said documentation, each device contains a secure codification which, when scanned will (through software) to all the previously mentioned documents about this biomedical equipment. In the same way, a wireless prototype will be designed which will bring to the operators a tool that will count with a screen in which the relevant information will be shown for the maintenance to be done, and at the same time, this tool will count with a reader that can upload and save the information that is on the identification label of every biomedical equipment, this will communicate wirelessly with the software developed for the system.

KEYWORDS: Biomedical Equipment, Maintenance Management, Secure Coding, Software Design

INTRODUCCIÓN

El Principal objetivo de las entidades prestadoras de salud y demás establecimientos es el de tratar y mejorar a los pacientes recuperando su estado físico, fisiológico y psicológico. Para el correcto cumplimiento de esta misión es de gran importancia establecer una relación entre la ciencia la ingeniería y la medicina. Esta relación se convierte en una herramienta, cada día más fuerte por el avance de la ciencia, para el cumplimiento de las labores médicas.

Debido a que la gestión de mantenimiento de equipos biomédicos es de vital importancia en el ámbito de la salud, es necesario otorgar mejoras y herramientas que ayuden a las instituciones de la salud cumplir de manera más óptima y moderna esta tarea.

En el presente trabajo se dará a conocer el desarrollo de un sistema automatizado de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos, el cual permite registrar y visualizar toda la información del mantenimiento de dichos equipos médicos.

1. RESULTADOS

1.1. Desarrollo Y Diseño Software Y Metodología Aplicada

El Proceso Racional *Unificado* o RUP es un proceso de desarrollo de software desarrollado por la empresa Rational Software, actualmente propiedad de IBM. Es en este en el que se basó el diseño del software JF.SOFT.

Junto con el Lenguaje Unificado de Modelado UML, constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, diseño, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos. El RUP no es un sistema con pasos firmemente establecidos, sino un conjunto de

metodologías adaptables al contexto y necesidades de cada organización.

En la fase de diseño fueron utilizados distintos softwares que dieron apoyo al diseño como lo son MySQL, Shamp.

2. CASOS DE USO

A continuación, se definen cada uno de los roles y las actividades que podrá realizar cada usuario del sistema

2.1. Rol Administrador

El administrador es el usuario que más privilegios posee dentro del sistema ya que es la encargada de la gestión de mantenimiento de la institución, podrá, (figura)

- Modificar:
- Anexar documentos a equipos biomédicos
- Información en general de cada uno de los equipos.

Consultar:

- Información en general de los equipos biomédicos
- Actividades de mantenimiento
- Notificaciones de próximos Mantenimientos.
 - Datos del equipo
 - Nombre
 - Marca
 - Serie
 - Modelo
 - Ubicación
 - Donde está inscrito
 - Usuarios
- Cronogramas de mantenimiento

Ingresar:

- Nuevos equipos biomédicos
- Registrar mantenimientos
- Generar códigos QR
- Grabar etiquetas
- Subir documentos generales del equipo
- Nuevos planes de mantenimiento
- Nuevos usuarios

2.2. Rol Invitado

Este usuario tiene opciones limitadas en el sistema, solo puede visualizar y descargar información.

Consultar

- Visualizar documentación del equipo
- Hoja de vida
- Historial de mantenimientos
- documentación inscristos al equipo

Descargar

- Hoja de vida
- Historial de mantenimientos
- documentación inscristos al equipo

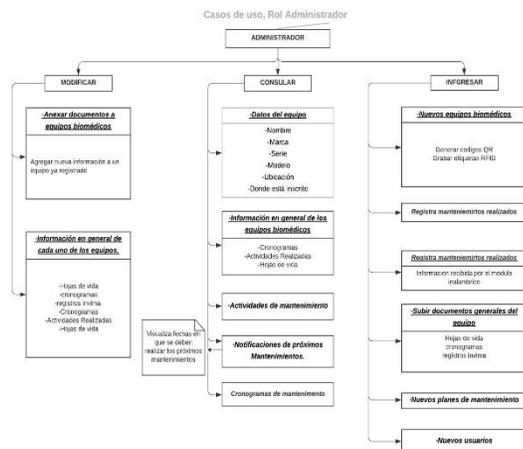


figura 1. Rol administrador

El rol administrador (figura 1) es quien más privilegios posee dentro de este software, debido a que este rol se le otorga solo al personal de mantenimiento de la empresa que lo utilice, lo anterior con el fin de reducir al máximo el número de roles y así preservar la seguridad en el sistema.

En contraposición el rol invitado (figura 2) tiene menos privilegios, relegando solo a trabajos de visualización y descarga de información. El objetivo de este rol es obtener un acceso rápido a la documentación de un equipo, sin intervenir en el registro o realización de formatos de mantenimiento, presentando un acceso como al sistema.

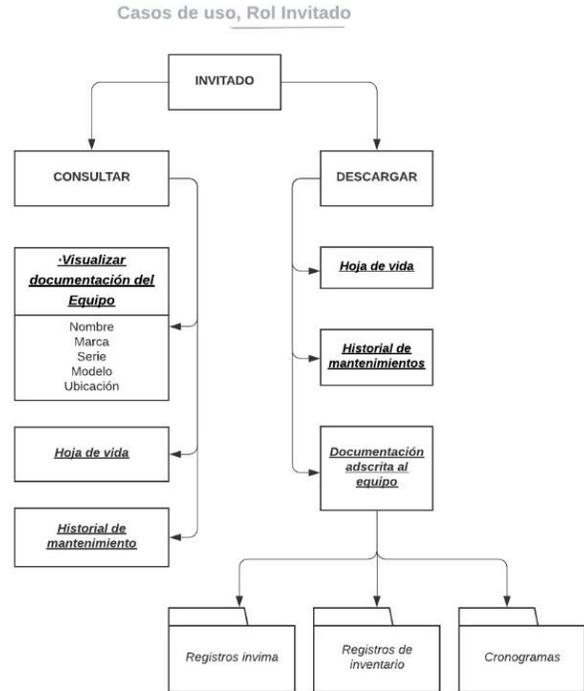


figura 2. Rol invitado

En la base de datos (figura 3) se contemplaron tres principales listas, como lo son la de mantenimiento, que contiene la información básica de cada equipo, cronogramas de mantenimiento, tipo de servicios realizados, y responsable a cargo, la lista de usuarios con información de acceso al sistema y la lista de equipos con la información individual de cada equipo.

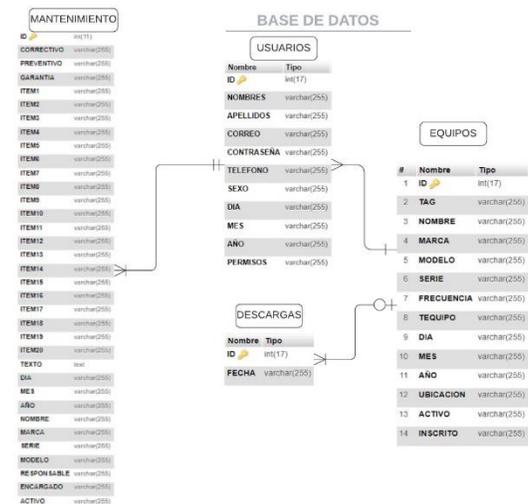


figura 3. Base de datos

3. HARDWARE

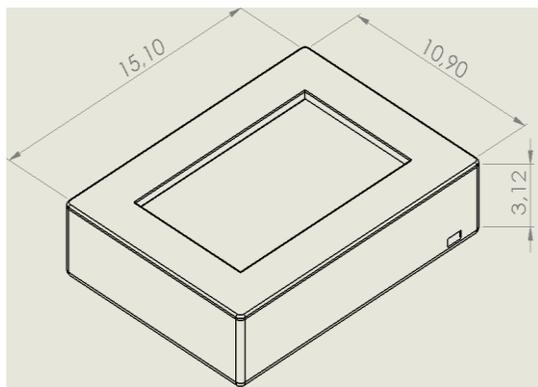


Ilustración 1. Dispositivo inalámbrico.

El hardware está diseñado para el personal mantenimiento como una herramienta que otorga beneficios a la hora de registrar los mantenimientos realizados a un equipo (ilustración 1).

Está diseñado con una autonomía de carga relativamente alta (ecuación 4) de aproximadamente siete horas y media, dando así un tiempo efectivo para el uso inalámbrico.

4. ANÁLISIS DE AUTONOMÍA

Tabla 1. Consumo en standby

STANDBY	
MODULO	CONSUMO
Arduino NANO	19 mA (Anexo 11)
Módulo de comunicación	320 uA (Anexo 11)
Lector RFID	10 uA (Anexo 11)
Pantalla nextion	15 mA (Anexo 11)

El consumo es un factor clave en cuanto la autonomía del producto y mas cuando se desea diseñar de manera inalámbrica, en este caso se obtuvieron los consumos tanto en standby como en actico vistos en las tablas 1 y 2.

Ecuación 1

$$I_{total_S} = 19\text{ mA} + 320\text{ uA} + 10\text{ uA} + 15\text{ mA}$$

$$I_{total_S} = 34,33\text{ mA}$$

En las ecuaciones 1 y 2 observamos el consumo total del prototipo en ambos estados, obteniendo este resultado de la suma del consumo de cada apartado electrónico individualmente.

Tabla 2. Consumo en activo

ACTIVO	
MODULO	CONSUMO
Arduino NANO	19 mA (Anexo 11)
Módulo de comunicación	12.6 mA (Anexo 11)
Lector RFID	100 mA (Anexo 11)
Pantalla nextion	410 mA (Anexo 11)

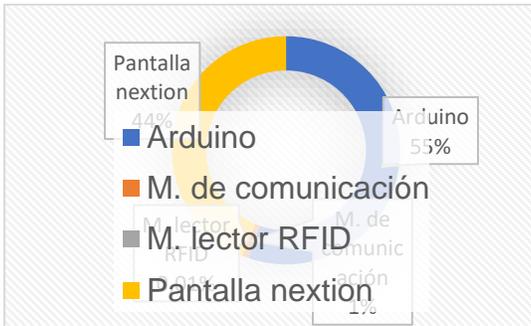
Ecuación 2

$$I_{total_A} = 19\text{ mA} + 12.6\text{ mA} + 100\text{ mA} + 410\text{ mA}$$

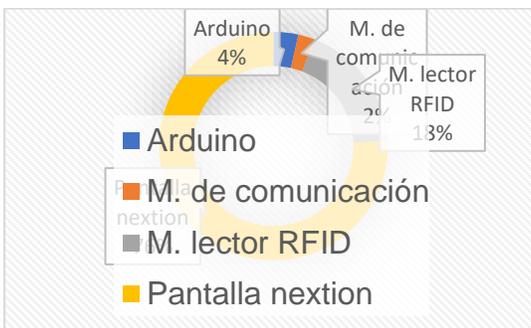
$$I_{total_A} = 551.6\text{ mA}$$

Tenieno conocimiento del consumo de cada elemento electronico por individual, se puede observar (grafica 1, grafica 2) de mejor

manera cada consumo. de aquí se evidencia el alto consumo del elemento de visualización en este caso la pantalla nextion.



gráfica 1. Porcentaje de consumo de cada elemento electrónico en standby.



gráfica 2. Porcentaje de consumo de cada elemento electrónico en activo

Batería /Circuito standby=tiempo

Ecuación 3

$$29.6 \text{ wh} / 0.254 \text{ w} = 116.53 \text{ h}$$

Batería /Circuito en activo=tiempo

Ecuación 4

$$29.6 \text{ wh} / 4.08 \text{ w} = 7.25 \text{ h}$$

5. IMPLEMENTACIÓN

CONEXIÓN MYSQL POR EL PUERTO 3306

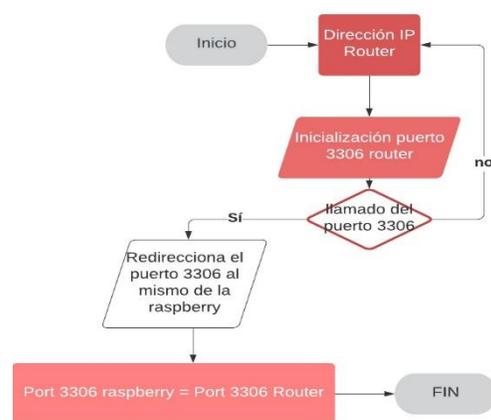


figura 4. Conexión MySql por el puerto 3306

Para la implementación del sistema es necesario interferir el router (figura 4) dando acceso al servidor el puerto 3306 y así tener acceso a la base de datos de manera remota (figura 5).

```

ForwardedPortLocal port = new ForwardedPortLocal("127.0.0.1", 3306, "127.0.0.1", 3306);
SshClient client = new SshClient("finggar.duckdns.org", "pl", "fing");
client.Connect();
client.AddForwardedPort(port);
port.Start();
string connectionString = "SERVER=127.0.0.1;port=3306;username=;database=EQUITPOS";
MySQLConnection databaseConnection = new MySQLConnection(connectionString);
    
```

figura 5. Código de conexión MySql puerto 3306

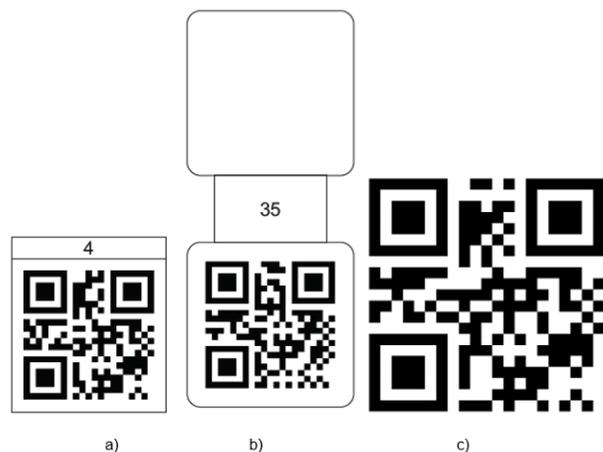
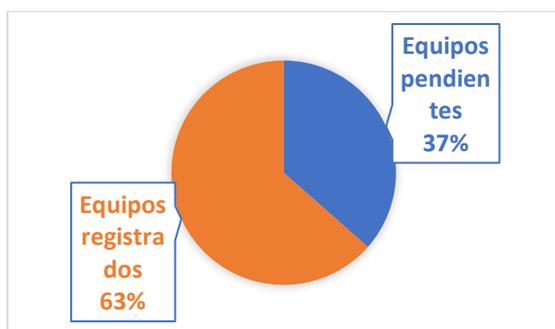


figura 6. Formatos de codificación QR.

En el apartado de identificación de cada equipo se diseñaron tres formatos de códigos QR (figura 6), implementándose así según el tipo de superficie de cada equipo biomédico.

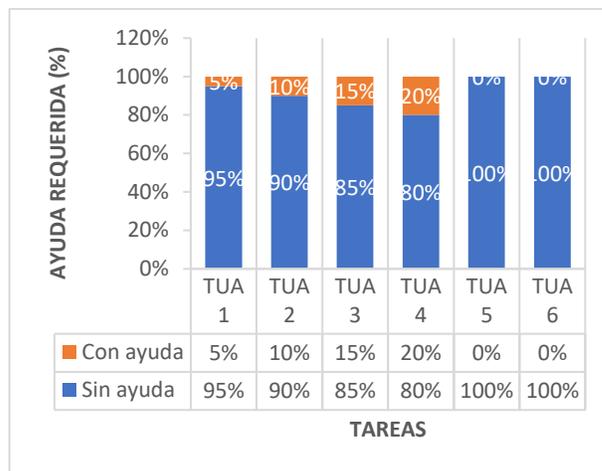
Hasta el momento en que se escribe este artículo se han registrado y digitalizado la información de 40 de los 60 equipos presentes en la IPS (gráfica 3), por lo que se cuenta con un 63% de los equipos registrado en el sistema.



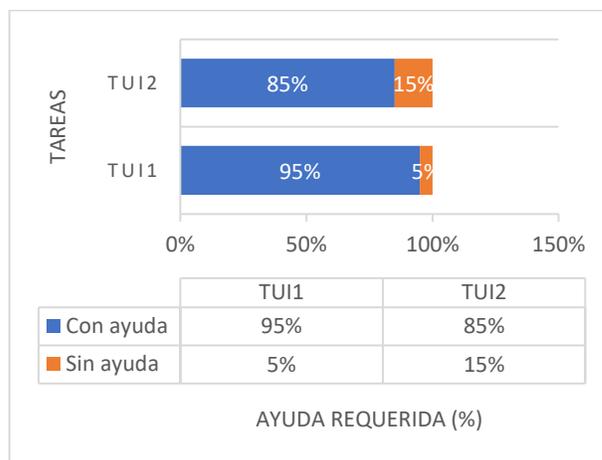
gráfica 3. Porcentaje de equipos ingresados al sistema JF.SOFT

Parte de la implementación se llevó a cabo cronometrando el tiempo en que se demoraba cada usuario en hacer cierta actividad dentro del sistema, y se calcularon los porcentajes de tiempo en que se logró de manera autónoma el cumplimiento de la tarea y el porcentaje en que necesitaron ayuda.

Para realizar la anterior prueba de tiempos, se dividieron las tareas por roles en el sistema de escritorio, obteniendo una información diferente para el rol administrador (gráfica 4) y otro diferente para el rol usuario (gráfica 5).

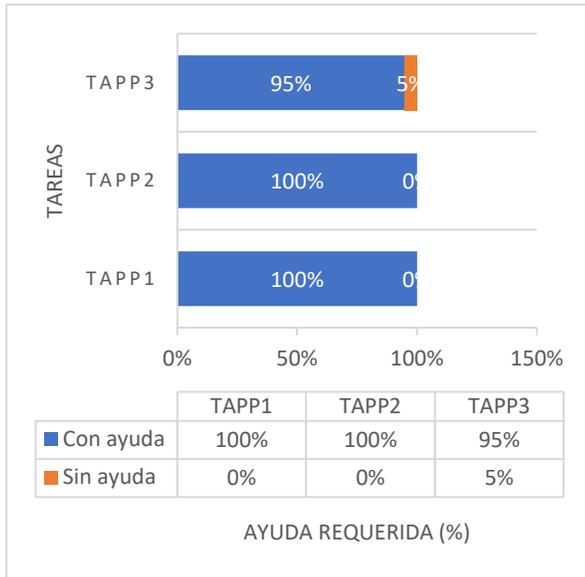


Gráfica 4. Cumplimiento de tareas rol administrador



gráfica 5. Cumplimiento de tareas rol invitado

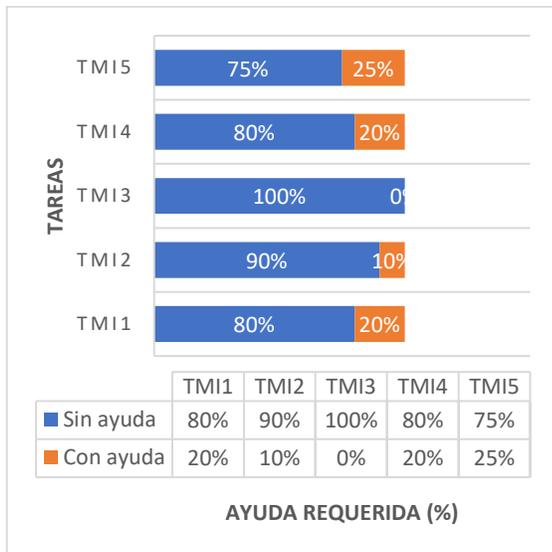
Para la aplicación se obtuvo un bajo porcentaje de ayuda (gráfica 6), esto es de esperarse porque las app móviles son de uso cotidiano por parte del usuario y se encuentran bastante familiarizadas con ellas.



gráfica 6. Cumplimiento de tareas en el aplicativo móvil.

Por otra parte la prueba de tiempos para los usuarios en el dispositivo inalámbrico necesitó de mas ayuda externa para cumplir con las tareas acumplir (gráfica 7).

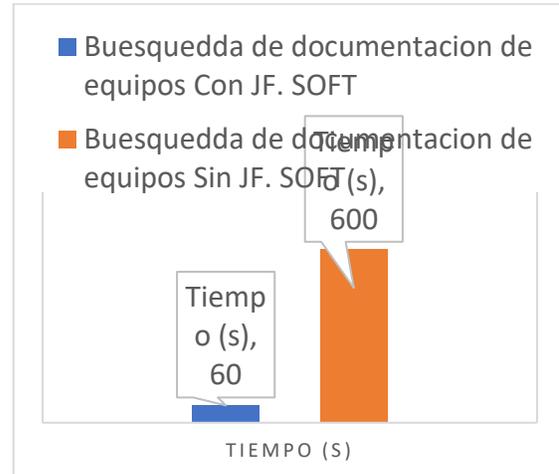
Esta ayuda extra es de esperarse, ya que se encuentran frente a un dispositivo nuevo con una interfaz nueva a la que aún no se han familiarizado.



gráfica 7. Cumplimiento de tareas en el dispositivo.

INDICADORA DE MEJORA DEL PROCESO

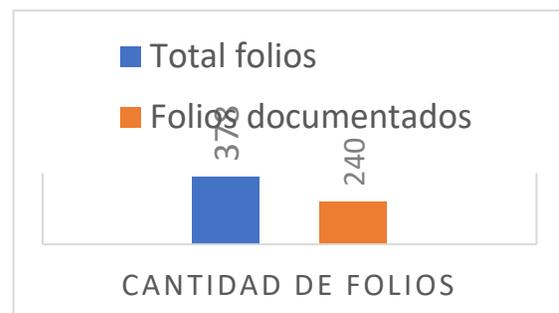
Estos indicadores nos permiten ver que este proceso se mejoró considerablemente, tanto en mejoras de tiempo como en cantidad de equipos registrados.



gráfica 8. Tiempos de búsqueda de documentos con y sin JF. SOFT

En el momento en que se comienza utilizar sistema desarrollado se empezaron a ver las reducciones de tiempo, redujendo tiempos de busqueda de datos de 10 a 1 minuto (gráfica 8)

Estas reducciones son beneficiosas para la mejora de servicios y eran las esperadas ya que el proceso de busqueda de datos se hace de manera mas eficiente.



gráfica 9. Total de la documentación ingresada al sistema

En la IPS existe una cantidad de 60

equipos biomédicos, cada equipo representa una media de 6 folios en la cantidad de documentación, lo que nos arroja una media de 378 folios aproximadamente, y como se presentó anteriormente en la grafica 3 se registraron 40 equipos lo que nos da un total de 240 folios registrados (gráfica 9), es decir, la reducción del 60% de la documetrnación física.



gráfica 10. Tiempos de realización del manteniendo con y sin el dispositivo inalámbrico

Por otro lado con el uso del prototipo inalámbrico redujo la cantidad de minutos que pasa el operario realizando mantenimiento, pasando de 25 minutos a 18 (gráfica 10), esta reducción de tiempo puede ser aun mayor en cuanto los operarios se familiaricen con el sistema y realicen las actividades de manera más automática.

6. CONCLUSIONES

La reducción del tiempo de búsqueda de información de cada equipo se redujo hasta en un 90%, esto es de vital importancia ya que requiere menos esfuerzo por parte del operario de mantenimiento y agiliza los procesos de mantenimiento para prestar un servicio de calidad.

La reducción de la documentación física se redujo en un 63.5%, esta reducción ayuda en gran medida a la empresa que incorpora el software a mejorar su huella ecológica debido a la disminución del uso de papel en la gestión de mantenimiento. Lo anterior va en

concordancia con la resolución número 1083 de 2013 (11 julio) y la directiva presidencial No 04 del 3 de abril del 2012 que promueven la reducción de papel en empresas privadas.

La reducción de tiempo de las actividades de mantenimiento fue de un 28%, esto ayuda a que se realicen más y de mejor forma las intervenciones de mantenimiento en los equipos, además ayuda a los operarios de mantenimiento, porque ganar tiempo fuera del horario laboral es una vía fundamental para mejorar la calidad de vida.

El estimado de tiempo en el que se retribuirá la inversión será de 24 meses (dos años), este lapso de tiempo es relativamente corto cuando se comprara con otros softwares presentes en el mercado, que a diferencia de JF.SOFT los demás softwares son excesivamente costosos y esto es porque presentan servicios adicionales, en definitiva podemos afirmar que JF.SOFT es un software desarrollado específicamente con las necesidades que lo hace considerablemente económico en comparación con los demás softwares del mercado.

La pantalla del dispositivo en actividad consume un 76% de la carga de las baterías, quiere decir que es el componente electrónico que más las descarga, Para dar solución a esto se añadió un apartado de ahorro de batería para lograr un ahorro de batería que conllevo a reducir el consumo de la pantalla cuando no está en uso a un 44% del total de la carga.

7. CONCLUSIONES

El prototipo presenta la particularidad de ser remoto, lo cual deja establecido un trabajo que permite independizar cada proceso (aprendizaje y envío), lo cual genera una experiencia más agradable para el usuario y un trabajo más practico debido a que no se interfieren los dos procesos.

Es de suma importancia mantener una mejora constante del prototipo, de tal manera que se logre llegar a cumplir con la totalidad de los requerimientos básicos para la implementación en la industria 4.0 y lograr trabajar con datos en tiempo real, lo cual es un factor muy llamativo en futuras demostraciones de este.

Para lograr un avance en la eliminación de cables y avanzar con la visión artificial, se aprovechó el Kinect para detectar el estado de la mano (abierta o cerrada), de tal manera que el Gripper funcione bajo este criterio.

observamos como la construcción del diseño toma enfoque en la relación peso/torque, ya que en la articulación 1, articulación la cual no presentó repotenciación y la cual recibió el mayor impacto por el peso añadido (400gr aproximadamente), la distribución de este peso fue planeado a ser muy cerca al centro de masa, lo que no represento exceso en el torque mínimo a aplicar, siendo solo un aumento del 13,2% (4Kgf).

REFERENCIAS

- [1]. Tamime, A. (2019). Agencia Nacional Del Espectro Electromagnetico. 8(5), 55. Retrieved from https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_ane_0711_2016.htm
- [2]. Rosado Gomez, A. A. ., & Jaimes Fernández, J. C. (2020). Revisión de la incorporación de la arquitectura orientada a servicios en las organizaciones. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(31), 77-88. <https://doi.org/10.24054/16927257.v31.n31.2018.134>
- [3]. Díaz, M. J. B. (2015). Normas Básicas y Recomendaciones en el Diseño de PCBs. 1–20.
- [4]. Rivero, J. (2010). Conceptualización del proceso de implementación de software: perspectivas ágil y disciplinada. *Ciencia e Ingeniería*, 31(3), 143–152.
- [5]. Martínez, F. ., Hernandez , D., & Cárdenas Herrera, P. F. . (2021). Máquina clasificadora de flores: diseño y construcción. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(27), 40-45. <https://doi.org/10.24054/16927257.v27.n27.2016.309>
- [6]. Mantenimiento Correctivo de Software. (n.d.). 4. Retrieved from <http://fernandanc.blogspot.com/>
- [7]. Plata, E. (2006). Dynamic Systems Development Method (Método de Desarrollo de Sistemas dinámico). 1–15. Retrieved from http://ingenieriadesoftware.mex.tl/images/18149/DSDM_documento.pdf
- [8]. Salas, D. (2016). Revolución 4.0. *RIINN: Revista Ingeniería e Innovación*, 4(2). Recuperado de <http://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/1174/1452>
- [9]. Tinoco Gómez, O., Rosales López, P. P., & Salas Bacalla, J. (2014). Criterios de selección de metodologías de desarrollo de software. *Industrial Data*, 13(2), 070. <https://doi.org/10.15381/idata.v13i2.6191>