

2000-01-01

1000000

178-10



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY®**

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey  
Campus Ciudad de México

Escuela de Ciencias de la Vida  
Departamento de Ingeniería Biomédica

**MEMS<sub>y</sub>**  
**Medical Equipment Maintenance System**

**Autor**

Jaime Bernardo Gutiérrez Mendoza

**Asesor**

Dr. Rafael Lozano Espinosa

México, D.F.  
Diciembre, 2013



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY**

**Biblioteca**  
Campus Ciudad de México

## Agradecimientos

A mi padre y a mi madre que me apoyaron no solo durante el desarrollo de este proyecto, sino a lo largo de toda la carrera. Gracias por su paciencia, comprensión y enseñanzas.

Al Hospital Ángeles Lindavista por su apoyo y colaboración para la construcción de la aplicación.

Al Doctor Rafael Lozano por su ayuda durante este semestre para que la aplicación funcionara correctamente.

## INDICE

### CAPITULO I: DESCRIPCION DEL PROYECTO

Introducción.....	5
Problemática.....	6
Objetivos.....	8
Justificación de la oportunidad.....	9
Requerimientos de desempeño y normatividad.....	12

### CAPITULO II: MARCO TEORICO

Mantenimiento.....	14
Tipos de mantenimiento.....	19
ECRI Institute (Emergency Care Research Institute).....	27
Numero EM.....	30

### CAPITULO III ESTADO DEL ARTE:

Estado del Arte.....	35
Estado de la Técnica.....	37

### CAPITULO IV: DISEÑO Y DESARROLLO

Etapa 1: Diseño del diagrama de flujo de la aplicación.....	41
Etapa2: Diseño de la base de datos.....	49
Etapa3: Funcionamiento de escáner de códigos QR.....	51
Etapa 4: Adquisición y modificación de la información vía remota.....	51
Etapa 5: Funcionamiento de los calendarios.....	53
Etapa 6: Diseño de las pantallas y programación.....	54

### CAPITULO V: RESULTADOS

Resultados.....	64
Trabajo a futuro.....	66

Referencias.....	67
------------------	----

**CAPITULO I:**  
**DESCRIPCION DEL PROYECTO**

## **Introducción**

La Organización Mundial de la Salud ha comentado que la tecnología es esencial para el funcionamiento de los programas de mantenimiento de las instituciones de salud. Esto se debe a la cantidad de procesos manuales que se siguen realizando tanto en clínicas como en hospitales de todo el mundo. Uno de estos procesos es el de la gestión de mantenimientos de equipos médicos. Conforme la tecnología va avanzando, las necesidades se hacen cada vez mas grandes, por lo tanto es comprensible el incremento de dispositivos médicos en las instalaciones a la salud. Debido a esto el control de los mantenimientos no siempre es el adecuado o puede llegar a estar incompleto.

El mantenimiento del equipo médico en hospitales es de suma importancia ya que alarga la vida útil de cualquier dispositivo, lo cual representa un gasto menor hacia la institución, ya que tanto las reparaciones como las sustituciones por mal funcionamiento se disminuyen. Además se previenen fallas que puedan resultar peligrosas tanto para los pacientes como para el personal que este en contacto con este. Sin embargo el proceso requiere de una gran organización y comunicación entre el personal para que sea un proceso exitoso. Es por esto que se propone el uso de una aplicación móvil que ayude a tener un mejor control sobre el mantenimiento de los equipos que conforman una clínica o un hospital.

## **Problemática**

Dentro de un hospital, el área encargada de llevar a cabo todos los procesos relacionados con los equipos médicos es el Departamento de Ingeniería Biomédica. Pero no solamente se enfoca al mantenimiento de estos equipos, si no que su función va desde la adecuada selección de los dispositivos médicos hasta la disposición final de estos. En algunos hospitales existe una mala organización en la calendarización, el control y la asignación del mantenimiento que se le debe dar a dichos equipos. Este problema repercute negativamente en las finanzas de los hospitales y debido a este impacto es necesario eficientar su función.<sup>[1]</sup> Los problemas que se generan por el uso de equipos médicos son muy grandes a nivel mundial, tanto como por el uso generalizado que se hace de ellos, como la frecuencia con la que son utilizados. A pesar de esto, la falta de información sobre los daños que se provocan en el uso directo con los pacientes es muy escasa, por lo que agencias como la FDA y la Joint Commission se han dedicado a hacer estudios donde descubren que los accidentes generados por falta de atención a los equipos disminuye cuando se asignan presupuestos adecuados para la gestión de su mantenimiento.<sup>[2]</sup>

En un estudio realizado por el Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC-Salud), se analizaron las principales deficiencias en la gestión de Equipo Médico en México. Dentro de este se encontraron las siguientes problemáticas:

- Falta de recursos suficientes para el apoyo al mantenimiento.
- Sub y/o sobreutilización de los equipos dentro de algunas instituciones.
- Incremento de costos por fallas en la operación del equipo (duplicación de pruebas).
- Mala planeación o incluso desconocimiento de la gestión de equipo médico.<sup>[3]</sup>

Esto resulta en una mala calidad en la atención al paciente, ya que los equipos no están disponibles cuando se necesitan ya sea por mal funcionamiento o que este fuera de operación por falta de mantenimiento. También la seguridad tanto del paciente como del personal al estar en contacto con equipos que no cumplen con las especificaciones de los fabricantes, está en riesgo. Además esta falta de gestión representa un gran gasto para las instituciones dedicadas a brindar atención a pacientes ya que si un equipo está sin funcionamiento, es una pérdida en la inversión y si a esto se le suma que el equipo debe ser reemplazado por falla total, es un gasto mucho mayor.<sup>[3]</sup>

Aunado a las repercusiones económicas, si un equipo no esta operando cuando la población lo necesita, esto representa un retraso en la atención al paciente, desde el diagnostico de enfermedades, hasta cirugías que pueden ser vitales para el tratamiento de este.<sup>[3]</sup>

En otros países latinoamericanos como Colombia se asigna una parte del presupuesto a renovar la tecnología y a realizar mantenimientos a los equipos ya que en algunos hospitales existen equipos obsoletos o dañados. Con estos datos, se logra comprender la necesidad de un programa de mantenimiento tanto preventivo como correctivo a los equipos médicos de todos los hospitales. Con esto se mejorara tanto el servicio ofrecido hacia el paciente como la vida de mucho del equipamiento del hospital.<sup>[4]</sup>



## **Objetivos**

### General

Desarrollar una aplicación portátil para proporcionar una herramienta eficiente que permita automatizar vía remota la calendarización de mantenimientos preventivos, el reporte y asignación de mantenimientos correctivos y la obtención de información inmediata de los equipos médicos dentro de un hospital.

### Específicos

- Mapear y caracterizar el proceso de mantenimiento de equipo médico dentro de los hospitales.
- Desarrollar una base de datos para el almacenamiento de la información de los equipos.
- Desarrollar una interfaz amigable que haga mas eficiente el control del mantenimiento de equipo médico.
- Identificar e implementar los códigos necesarios para obtener, modificar y añadir información a la base de datos.
- Realizar la conexión entre la base de datos en línea y el dispositivo móvil.
- Implementar la función de un detector de códigos QR.
- Mostrar un calendario interactivo en la pantalla del dispositivo móvil.
- Jerarquizar la disponibilidad de la información en 3 tipos de usuario diferente.

### Alcances del proyecto

Se espera desarrollar un sistema funcional en un dispositivo móvi. que ayude al personal del área de Ingeniería Biomédica a tener una mejor organización de la gestión del mantenimiento a los equipos médicos. Con esta aplicación se busca que el personal tenga literalmente "a la mano" la información completa de todos los equipos que forman parte de su inventario, y así proporcionar una mejor organización del departamento.

El proyecto consiste en el desarrollo de una aplicación nativa para dispositivos móviles, específicamente para el sistema operativo iOS, en la cual jerárquicamente los usuario podrán: agregar y dar de baja los equipos médicos con los que cuente el hospital, calendarizar todos los mantenimientos, asignar a otros usuarios el mantenimiento de alguno de los dispositivos, revisar la información básica del equipo, reportar directamente la falla de algún dispositivo y registrar el trabajo de mantenimiento efectuado.

## **Justificación de la oportunidad**

Debido a los cambios que se dan día con día en el comportamiento de las personas a nivel mundial, el mercado ya no puede ser analizado con los parámetros que se tomaban en cuenta anteriormente. De aquí surge el termino de megatendencias, el cual se refiere al camino que toman las decisiones de una sociedad completa en un periodo de tiempo prolongado. Conociendo la dirección que está tomando la población actualmente, se puede decidir de una manera mas precisa cuales son las necesidades y preferencias de esta.

### Megatendencia y análisis del crecimiento de la industria

Para poder determinar cual es la megatendencia a la que pertenece este proyecto, debemos observar primero cual es la tendencia que lleva el sector salud a nivel mundial. La Organización Mundial de la Salud, en la serie de documentos técnicos sobre dispositivos médicos, recomienda que en las instalaciones de atención a la salud, se cuente con sistemas computarizados y automatizados para la gestión y control de inventarios y mantenimientos de equipos médicos.<sup>[1]</sup>

Según datos del CENETEC, los beneficios que representa el contar con un sistema para la gestión de equipos reduce:

- 25% en costos de mantenimientos.
- 70% en costos de reparaciones.
- 40% en gastos por baja operativa.<sup>[5]</sup>

Además de reducir costos, estos sistemas aumentan la productividad en un 25%. En otro estudio realizado por la empresa CENGETS en conjunto con la OPS y la Universidad Pontificia de Perú, señalaron que la inversión aproximada por establecimiento de salud en equipamiento medico puede llegar a los 3 millones de dólares y si estas instituciones implementan estrategias para la gestión de equipos, se producen ahorros de hasta 90 mil dólares convirtiéndose en un programa autosostenible.<sup>[6]</sup>

Conociendo estos datos ahora se debe conocer el crecimiento del uso de los dispositivos móviles en el área de salud. En España han tenido mucho auge las apps medicas, incluso ya es denominado como el fenómeno “m-Health”. Se dice que esta nueva revolución cambiara “el paradigma de la información, la educación, la monitorización...las estadísticas fiables... Prácticamente todo” (Proyecto Salud, 2013). Existen aproximadamente 97 mil aplicaciones medicas entre Apple y Android, de estas se descargan cerca de 4 millones al mes.

Actualmente un 80% de los médicos españoles cuentan con un *smartphone* y de este porcentaje, el 93% están a favor de el fenómeno “m-Health”.<sup>[7]</sup>

En algunos países latinoamericanos como Perú, se tiene pensado que en algunos años los hospitales no contarán con PC, sino que todo el personal (que lo requiera) contará con una tablet para el desempeño de sus actividades. Según la empresa peruana LOLIMSA, el mercado de las tablets en el sector Salud aumentó un 2000% del 2010 al 2011. Con esto nos percatamos de la gran importancia que están teniendo los dispositivos móviles, no solo en la sociedad, sino en toda la industria incluyendo al Sector Salud.<sup>[8]</sup>

En el Primer Foro de Calidad e Innovación en Salud celebrado este año en México, se estableció que “se requieren nuevos modelos de atención que promuevan la coordinación y el intercambio de conocimientos entre todos los participantes del sistema de salud en beneficio del paciente” (Sexenio Puebla, 2013). Entre otros temas, el Secretario de Salud del Estado de Puebla habló sobre la automatización de los procesos para una rápida estandarización y adopción a estas nuevas prácticas.<sup>[9]</sup> Esto quiere decir que se busca que haya una mayor y mejor comunicación entre todo el personal para garantizar el funcionamiento adecuado del hospital y así demostrar que la salud del paciente es prioridad.

#### Clientes y/o beneficiarios

Con este proyecto se busca que los clientes sean los hospitales y/o clínicas privadas (en la primera versión del proyecto) que cuenten con algún equipo médico. Principalmente el departamento de Ingeniería Biomédica ya que ellos son los que llevan a cabo el proceso de mantenimiento de todos los dispositivos del hospital. Ellos serían los principales beneficiados con esta aplicación por que les va a permitir tener una mejor organización y un fácil acceso a la información de todos los dispositivos médicos del hospital, esto les será de gran utilidad al momento de revisar o darle mantenimiento a algún equipo, además de evitarles el papeleo que involucra este proceso. También se pueden incluir como clientes a las empresas que proporcionan mantenimiento, así como las que se dedican a la renta de equipo médico a los lugares antes mencionados.

#### Competidores, productos sustitutos y complementarios

En Latinoamérica son 2 las competencias más fuertes de programas de gestión de mantenimiento, uno de ellos es el sistema MP Software que es utilizado actualmente por algunas compañías como Medica Sur, Siemens y el Hospital Dipreca Chile. Este sistema fue diseñado especialmente para el control y mantenimiento de todos los equipos que se tengan

en el inventario además de almacenar información sobre planos, la ubicación, el contacto de los proveedores y las fechas y rutinas para el mantenimiento de cada equipo. Con toda la información recabada durante el mantenimiento, el programa te permite utilizarla para realizar estadísticas y además se almacena para tener un registro individual de las fallas de cada dispositivo.<sup>[10]</sup>

Este es un sistema ahora cuenta con una aplicación para dispositivos móviles, sin embargo este únicamente es para reportar fallas en algún equipo o instalación. Este no es un software especializado para equipo médico por lo que algunas características propias del área de Biomédica faltan en el sistema.<sup>[10]</sup>

Otra empresa que realiza esta actividad es emaint, la cual trabaja con empresas importantes del área de la salud como Jhons Hopkins. Sin embargo su especialidad no está enfocada a área médica. Contrario a MP software, este sistema esta basado en Web por lo que el único requisito para utilizarlo es contar con un dispositivo con acceso a la red. Aunque este programa también proporciona estadísticas y comportamiento de los equipos, con cuenta con una versión móvil.<sup>[11]</sup>

Existen también otros softwares a nivel mundial como:

- Azzier.
- Eagle Technology.
- MPulse Maintenance Software.
- Mantra.
- Facilities Desk.

Éstas además de no estar disponibles actualmente para México, no cuentan con una versión especial para dispositivos móviles.<sup>[12]</sup>

### Barreras de entrada

La principal barrera para este proyecto sería el personal que se rehúsa a utilizar la tecnología y prefieren todo tenerlo físico. Otro impedimento es la firma electrónica, que aunque esta en proceso de aceptación por la ley, aun no han terminado las negociaciones para el uso de esta y de los documentos digitales como pruebas legales.

## **Requerimientos de desempeño y normatividad**

### Seguridad

Para esta aplicación existen varias normas que se deben tomar en cuenta durante su desarrollo. Esto se debe a que la información que se va a almacenar en este sistema es muy importante ya que se está tratando con equipos médicos que además de tener un precio elevado, cualquier alteración en la información puede llegar a ser fatal para el paciente que lo utilice. Es por esto que tanto la Secretaría de Salud de México, como la FDA en conjunto con otros organismos marcan algunos de los aspectos más importantes que se deben tomar en cuenta al momento de desarrollar un dispositivo o software para el sector salud.<sup>[13]</sup> La secretaria de salud en el Volumen 3: Telemedicina de la serie Tecnologías en Salud clasifica la seguridad y privacidad de los sistemas informáticos en:

- Seguridad Física: Se refiere a la seguridad del lugar donde se almacena la información.
- Control de Accesos: Se refiere a las capas y niveles de control de acceso.
- Encriptación: Se refiere al encubrimiento de datos con algoritmos matemáticos para que solo puedan ser leídos por las personas autorizadas.
- Autenticación y Firmas Electrónicas: Se refiere a la autorización a las modificaciones de la información. La firma electrónica aun no es legalmente aceptada.
- Temas Médico - Legales: Se refiere a la confidencialidad que deben tener este tipo de sistemas.<sup>[14]</sup>

La FDA recomienda, además de contar con los elementos mencionados anteriormente, que se tengan programas antivirus, monitoreo de usuarios en la red de los hospitales y restringir a los usuarios que puedan acceder a esta red para así evitar modificaciones o incluso la eliminación de fechas o rutinas de mantenimiento de los equipos o los equipos mismos.<sup>[15]</sup>

**CAPITULO II:  
MARCO TEÓRICO**

## **Mantenimiento**

El mantenimiento no es una función mínima, produce bienes que pueden ser cuantificables y cualificables, por lo tanto se convierte en la capacidad de poder producir con calidad, seguridad y rentabilidad, y esto genera riqueza.<sup>[16]</sup>

Estamos directamente relacionados con el entorno global actual, con mercados altamente competitivos en los que la velocidad del cambio es tan acelerada que no hay posibilidad en algunas ocasiones de dar respuestas, nos sobrepasa. Los nuevos retos y por lo tanto oportunidades para el mantenimiento en las empresas esta en romper el paradigma que plantea que el mantenimiento es un problema que se presenta al producir por ende es una función subordinada a la producción y por lo tanto la finalidad que tiene es reparar lo más rápido y barato posible los desperfectos.<sup>[17]</sup>

Con el advenimiento de teorías como la de la calidad total se hace patente que el mantenimiento influye en el éxito o fracaso de la administración de cualquier empresa ya que interviene en:

- Los costos de producción.
- En la calidad del producto servicio.
- En la capacidad de operar eficientemente los procesos productivos.
- En la capacidad de dar respuesta a los clientes ya que eficientiza la producción
- Proporciona los elementos que se requieren para la seguridad e higiene industrial.
- Por todo lo anterior mejora la calidad de vida de los colaboradores de la empresa al hacerla más eficiente.

Por lo tanto como ya se dijo antes el mantenimiento no es una función menor, produce ganancias tangibles tanto económicas como de calidad y de bienestar para la empresa en general.<sup>[16]</sup>

Al definir el mantenimiento como "La disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación lo que incluye servicio, pruebas, ajustes, etc. además de guías de criterios y políticas para la toma de decisiones en un programa de mantenimiento"<sup>[18]</sup>, se debe considerar a las máquinas como un medio para llevar a cabo de manera correcta todas las actividades que lleven a conservar su función.<sup>[18]</sup>

Existe una estrecha relación entre la máquina, el servicio y la necesidad, el mantenimiento es el que logra la conservación de esta relación y se convierte así en una inversión para la empresa y no en un gasto o una pérdida. El mantenimiento preventivo es el inicio para lograr

que todos los empleados que manejan las máquinas con información y capacitación se concienticen y vean la importancia de involucrarse en las actividades de mantenimiento en todas las áreas de la empresa.

### Antecedentes e historia del mantenimiento

Históricamente desde la era en la que aparecieron los primeros hombres en la tierra y se hicieron cargo de sí mismos se iniciaron los primeros intentos por utilizar elementos que les permitieran afilar herramientas, o fabricar armas para cazar, o remendar su vestimenta para prolongar su uso, lo mismo que su vivienda. La palabra mantenimiento se ha empleado desde entonces para definir esta actividad y designar así las técnicas utilizadas para asegurar el correcto y continuo uso de equipos, maquinaria, instalaciones y servicios.

Con la Revolución Industrial da inicio la necesidad de dar mantenimiento a las máquinas que nacieron para comenzar la era de la producción en masa de bienes y servicios. En un principio mantener las máquinas solo se hacía de manera correctiva (de urgencia) ya que solo se pensaba en mantener su funcionamiento por la producción misma no como el bien que la maquinaria representaba, pero al aumentar los volúmenes de producción de manera tan importante y rápida fue necesario mantener el adecuado funcionamiento de esta maquinaria y su disponibilidad para esta función ya que su tamaño y complejidad también aumentaron. Los accidentes, las pérdidas de vidas por ellos y las pérdidas de máquinas y edificios utilizados en la producción ocasionaron que la exigencia de las aseguradoras aumentara por mayores y mejores cuidados, propiciaron la aparición de talleres mecánicos.

La evolución mantuvo su ritmo, a partir del siglo XX de manera acelerada, en sus primeras décadas los grandes sucesos de la época como la Primera Guerra Mundial hicieron que las máquinas recobraran una gran importancia debido a que para mantener este tipo de conflictos se requiere de una gran producción tanto de armamento como de servicios, por ello fue necesario también dar importancia al cuidado que debería proporcionarse a este gran engranaje de maquinaria y en este momento nace de manera organizada y programada el mantenimiento preventivo. En los años 20 se pensaba muy costoso pero necesario, pero se empieza a pensar científicamente en la conveniencia de reparar antes de que se produzca el desgaste o la rotura, para evitar interrupciones en el proceso productivo.

La necesidad de mantener la disponibilidad de los equipos de producción orillo a la introducción de programas de mantenimiento preventivo y a controlar el mantenimiento correctivo.



Un poco más adelante en los años 50 ya se considera la máquina tanto como por ella misma como por lo que se hace con ella o sea por el servicio que proporciona y si este servicio se cuida o sea se le da mantenimiento la máquina se puede conservar por más tiempo y en mejores condiciones, aparece la necesidad de bajar los costos del mantenimiento organizando controles de costos más adecuados.

En los años 70, con el desarrollo de nuevas industrias como la electrónica, espacial y aeronáutica, aparece en E.U.A. el mantenimiento Predictivo, en el que la intervención no depende del tiempo de funcionamiento sino del estado o condición efectiva del equipo o sus elementos y de la fiabilidad determinada del sistema, se considera a la máquina como el elemento secundario se realizan estudios para restaurar efectivamente un producto o sea darle mantenibilidad para reducir los problemas de la preservación y minimizar las actividades de mantenimiento sin que se redujera la funcionalidad y la productividad de la maquinaria.

Actualmente nos debatimos entre empresas que se rehúsan a dar el salto cualitativo del mantenimiento científico y programado con retrasos importantes en la producción de calidad y por otro lado con el gran desarrollo de nuevas y muy avanzadas tecnologías que nos sitúan en un mantenimiento de tercera generación con equipos electrónicos con tal nivel de fiabilidad que para conocerlos es necesario contar con personal altamente calificado que pueda conocer los diferentes parámetros que es necesario medir en este tipo de equipos (análisis fisicoquímicos, tecnografías, vibraciones, etc.) un muy amplio conocimiento en sistemas de información basados en ordenadores que se aplican en el funcionamiento de la nueva tecnología y que requiere además del control de una gran cantidad de datos e información.

Con este nivel de desarrollo la tecnología nos conduce a la superespecialización sobre todo en disciplinas como la inteligencia artificial y sistemas expertos además exigirá a los encargados del mantenimiento subirse en este ritmo acelerado de cambios y conocimientos tan complejos como el que requerirá el conservar estos equipos en óptimo funcionamiento.

Por otro lado cada vez se requiere voltear a prestar más atención al medio ambiente y a la sustentabilidad ya que no solo se trata de ser más evolucionado tecnológicamente sino también cuidar más el planeta se requiere tener tecnología limpia y biocompatible por lo que el costo de este mantenimiento será cada vez mayor.

El reto y la exigencia de la industria será producir más fiable, mejor y más barato tanto en el equipo como en su mantenimiento optimizando todos los aspectos de este costos, calidad, cambios rápidos de piezas y productos, etc. esto conduce a mejorar la gestión económica y técnica del mantenimiento que desde los años 70 se denomina como la terotecnología filosofía que se enfoca a la tecnología y los medios de conservación, combinando la gestión, las finanzas, la ingeniería y otras disciplinas con el objetivo de mantener un equilibrio entre el precio de costo, la durabilidad, las modificaciones, la fiabilidad y la mantenibilidad de los equipos, maquinaria e instalaciones.<sup>[16] [19][20]</sup>

### Conceptos y objetivos del mantenimiento

Actualmente los sistemas productivos son el medio a través de los cuales se obtienen bienes y servicios y en los que la mayoría de la fuerza laboralmente activa y los medios de producción se concentran así como la mayoría de la riqueza. Dentro de las diferentes fases en las que estos sistemas se desarrollan y llegan a su nivel adecuado de funcionamiento se encuentra la de operación, es en esta fase en donde se producen fallas y se puede llegar a interrumpir total o parcialmente, temporal o definitivamente el proceso productivo. Es aquí en donde el mantenimiento cumple su principal objetivo que es el de reducir los problemas y atenuar las consecuencias que producen las fallas que se definen como la posibilidad de que los productos que obtenemos no nos den el servicio que esperamos. Aunque el paso del tiempo inevitablemente modifique o destruya todo lo que existe o se produce.<sup>[19]</sup>

“El mantenimiento se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general”<sup>[19]</sup>.

Basados en el concepto anterior el mantenimiento es universal ya que podemos aplicarlo sobre cualquier bien productivo, de servicio, comercial, maquina, equipo, construcción, etc. y puede ser individual, colectivo, temporal, definitivo, total o parcial, fijo, móvil, etc.<sup>[19]</sup>

Tenemos que diseñar e implementar cualquier sistema de organización y el control de la información tomando siempre en cuenta la gran variedad de objetivos dada la universalidad de su aplicación. Cualquier sistema que se implemente debe de valorar su sofisticación o la simpleza que se requiere ya que de otra manera se puede enmascarar los verdaderos objetivos del sistema y no llegar a cumplir con ellos:

- Con el mantenimiento lo más importante es y lo hemos manejado anteriormente evitar, reducir, y reparar, las fallas sobre los bienes o productos.
- Con un mantenimiento eficiente se puede disminuir la gravedad de las fallas que no son atendidas en el punto anterior.
- Con un mantenimiento eficiente se evitan detenciones inútiles o paros de máquinas que disminuyen la producción y aumentan los costos.
- Manteniendo la maquinaria sin desperfectos se evitan accidentes.
- Complementando el punto anterior evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- El mantenimiento eficiente favorece la conservación de los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Se reducen costos al mantener la producción constante sin retrasos ni fallas.

Cuando el mantenimiento es eficiente la vida de cualquier bien se prolonga siempre dando mayor rendimiento por su costo.<sup>[16]</sup>

En resumidas cuentas y siendo reiterativo, un eficiente mantenimiento, prolonga la vida útil de los bienes, se obtiene un mejor rendimiento de los mismos durante más tiempo y se reducen las fallas haciendo más rentable la adquisición de cualquier bien de consumo.

La función de los departamentos de mantenimiento de cualquier empresa que más redituable económicamente resulta es el de la seguridad de los trabajadores que está directamente relacionada con la prevención de accidentes y la responsabilidad de mantener todo el equipamiento de la empresa en las mejores condiciones por lo que cualquier equipo de trabajo se desenvuelve con más tranquilidad evitando el altísimo costo que generan para las empresas las incapacidades por riesgos laborales.<sup>[16]</sup>

Por lo tanto la imagen que del personal de mantenimiento se tiene históricamente como hombres toscos con uniformes llenos de grasa debe ser modificada ya que la confianza que deben inspirar va de la mano con la visión que de ellos se debe tener, la capacitación continua del personal garantizará que la responsabilidad tan grande que sobre ellos descansa esté bien fundamentada.<sup>[16]</sup>

### Conceptualización y clasificación de las fallas

Se dice que se presenta una falla cuando el servicio que un equipo debería proporcionar no es el esperado o se presentan efectos que no se desean.□

Centrando la atención en ellas que son una de las grandes pérdidas que impiden la efectividad de los equipos, es importante que el adecuado mantenimiento tienda a tratar de prolongar el buen funcionamiento de los bienes, por más tiempo y de manera más aceptable reduciendo el número de fallas que pueda llegar a presentarse.<sup>[16]</sup>

Clasificación de las fallas:



Fig. 1 Tipos de fallas

Fallas Tempranas:

Son las que se presentan con menor frecuencia ya que ocurren al principio de la vida funcional de un bien o equipo y suelen suceder por su diseño, por los materiales de fabricación o por como se monta al inicio de su uso.

Fallas adultas:

Son las que se presentan con mayor frecuencia y normalmente se derivan de las inadecuadas condiciones en las que son operadas tanto por falta de conocimientos o de información de su manejo, se dan en el transcurso de la vida útil del bien o servicio.

Fallas tardías:

Igual que las tempranas son de las que se presentan con menos frecuencia y se muestran básicamente por el tiempo de vida del bien o equipo, al final ya pueden darse cuando el equipo es obsoleto.<sup>[16]</sup>

### **Tipos de mantenimiento**

Existe una gran variedad de maneras de clasificar el mantenimiento de instalaciones productivas en operación, la mayoría de estas clasificaciones tratan no solo de centrarse en las fallas y en el mantenimiento de la vida útil de los equipos sino que van más allá y tratan de influir incluso cuando se están diseñando nuevos proyectos haciendo más eficiente no

solo el equipo sino reforzando la posibilidad de que el mantenimiento sea también más eficiente.

Una clasificación nos argumenta la siguiente estructura:

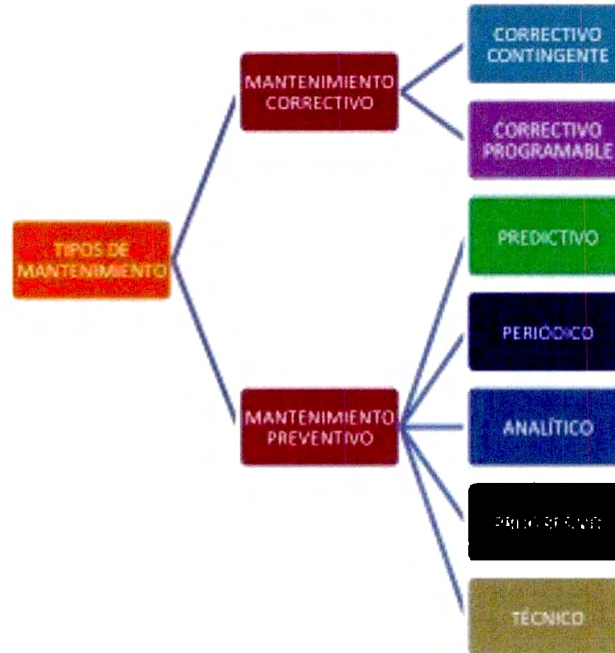


Fig. 2 Diagrama del primer tipo de mantenimiento

### Mantenimiento Correctivo

Cuando un recurso material a causa de una falla o sea cuando deja de prestar el servicio para el que fue creado con la calidad que se ofreció se requiere que se realicen actividades para restaurar la función óptima.

- Correctivo Contingente: Cuando la corrección de la falla se realiza de manera inmediata.
- Correctivo Programable: Puede incluso considerarse como preventivo ya que se lleva a cabo aun cuando no se haya presentado una falla pero se realiza el mantenimiento para dar un mejor servicio.<sup>[20]</sup>

### Mantenimiento Preventivo

Con este tipo de mantenimiento se garantiza que la calidad del servicio que ofrece cualquier bien o recurso físico siga estando como estaba programado que sucediera, siempre se realiza de manera programada y no existe posibilidad que se presenten situaciones adversas de forma extemporánea.

- Predictivo: Dado el control que se tiene sobre el recurso físico se puede identificar cuando la calidad del servicio que se presta se perderá, el sistema de diagnóstico es permanente.

- Periódico: Su nombre lo define, el tiempo es el que determina las actividades que se realizan, el diagnóstico se hace por periodos preestablecidos en los que se realizan pruebas o cambios.
- Analítico: Se requiere de especialización del personal que lo realiza ya que el manejo de información es muy importante ya que basados en ella se determina la frecuencia de las actividades que se realicen
- Progresivo: Mantenimiento que se realiza cuando el equipo no se usa y se hace paso a paso no necesariamente con la frecuencia que se requiere
- Técnico: Es la combinación de determinar el tiempo en el que se realiza el mantenimiento y coincidirlo cuando no se esté usando, quién realice el diagnóstico y el mantenimiento deberá estar muy capacitado para su realización ya que debe hacerlo de manera precisa<sup>[20]</sup>.

Otra clasificación nos argumenta esta otra estructura:



Fig. 3 Diagrama del segundo tipo de mantenimiento

### Mantenimiento Usuario

Este tipo de mantenimiento depende de la capacitación del personal usuario del bien o el equipo ya que se les confía este nivel, por lo tanto dependerá del personal de mantenimiento la tarea de delimitar como y hasta donde se debe capacitar a los usuarios para que lo utilicen correctamente.<sup>[16]</sup>

### Mantenimiento Correctivo

Este mantenimiento se realiza inmediatamente después de que la falla se produce, cuando la producción se detiene, las pérdidas que para las empresas se generan aumentan.

- Mantenimiento Paliativo: Es un mantenimiento que no resuelve el problema de fondo únicamente se arregla la falla.
- Mantenimiento Curativo: Es un mantenimiento que resuelve el problema y además la causa de fondo que lo está ocasionando.<sup>[16]</sup>

Para llevar a cabo este tipo de mantenimiento en cualquiera de las dos versiones es necesario contar con piezas de repuesto que permitan resolver inmediatamente las fallas que se presenten por lo tanto resulta muy caro y el riesgo de que se cuente o no con todas las necesarias es muy alto. Por lo tanto no se puede cumplir con los objetivos que se plantea para el mantenimiento; reducir costos, evitar o reducir fallas, etc.

En una empresa organizada que gestiona el mantenimiento la función más importante está en reducir al máximo el mantenimiento correctivo. Aunque no se puede eliminar totalmente sobre todo cuando la falla es temprana si se deberá prever corregirla totalmente o programar detener su funcionamiento para resolver y que no se vuelva a presentar. Si existe la posibilidad de que en algún equipo o instalación sea mas rentable la corrección que la prevención se tendrá que documentar.<sup>[16]</sup>

Este tipo de mantenimiento fue implementado durante la Revolución Industrial que fue en donde con la aparición de las primeras máquinas se iniciaron los primeros trabajos de mantenimiento, con el tiempo la repercusión económica que las fallas de los equipos tenían en la producción y en las utilidades fue mas evidente.<sup>[16]</sup>

En esta clasificación este tipo de mantenimiento puede tener ventajas, si se cuenta con el equipo necesario y la piezas que se requieren para solucionar el problema se resuelve rápidamente, si el equipo que presenta la falla puede ser reparado por personal de mantenimiento bien entrenado y no se requiere de intervención especializada, la reparación será poco costosa ya que la mano de obra no especializada es más barata.<sup>[16]</sup>

También si el equipo no es muy importante y comprar otro resultaría muy costoso se prefiere este tipo de mantenimiento.

No sería el mantenimiento de elección si las fallas que se presenten afectan la planeación de la producción y con ello la rentabilidad de la empresa, además existe la posibilidad de que en algunas empresas en las que no existe una gestión de administración del mantenimiento este tipo de mantenimiento prolongue aun mas la posibilidad de reparar con poca calidad lo que pasa cuando estas reparaciones se hacen rápido y el trabajo defectuoso se hace costumbre<sup>[16]</sup>.

## Mantenimiento Preventivo

En este tipo de mantenimiento se establece un sistema que permite la revisión programada periódicamente y el cambio de las piezas dañadas que sean necesarias, con esta programación se puede eliminar en una buena parte el mantenimiento que corrige solo de momento las fallas y la costumbre de hacerlo rápido y mal.<sup>[16]</sup>

Para implementar este tipo de mantenimiento es necesario contar con personal especializado con conocimientos y experiencia así como contar con información de estos equipos que permita hacer el plan para cada uno de ellos de acuerdo a su función.

Se hace indispensable este tipo de mantenimiento a partir de la segunda guerra mundial cuando la era de la aviación se fortalece y la seguridad aérea exige inspecciones minuciosas en cada vuelo por la importancia que tiene la exactitud en su funcionamiento igual que en las máquinas modernas de alta precisión.<sup>[16]</sup>

Al implementar este tipo de mantenimiento se tiene la ventaja de contar con archivos que podrán contener información que hagan el expediente histórico de cada equipo lo que facilita su manejo y su control así como la eficiencia de su servicio. Se contribuye con este tipo de conocimientos a mantener la calidad en la gestión de la administración la información y el control contribuye con la mejora continua.<sup>[16]</sup>

La planeación del mantenimiento aumenta la capacidad de cada equipo porque estará disponible y en funcionamiento por más tiempo reduciendo de manera importante el mantenimiento correctivo y el costo de este, este mantenimiento se puede planear y prevenir los recambios de piezas haciendo más eficientes las finanzas.<sup>[16]</sup>

Al contrario que en el mantenimiento correctivo la mano de obra es más especializada realiza análisis específicos y recaba información histórica de los equipos por lo tanto es más costosa, la gestión de la administración del mantenimiento requiere de técnicos especializados. Al implementar este tipo de mantenimiento la rutina tendrá que ser supervisada y con motivación ya que como todo lo que se vuelve rutinario desmotiva.<sup>[16]</sup>

## Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento tiene mucha relación con el anterior con el mantenimiento preventivo pero en este se predicen las fallas una vez que se tiene la información del histórico de cada equipo médico con toda esta información y con técnicos especializados es



posible saber cuál es la vida óptima de cada equipo, para esto además es necesario conocer que tipos de parámetros se deben conocer y manejar.<sup>[16]</sup>

Este tipo de mantenimiento se empieza a realizar a partir de los años 60 ya que hasta entonces se conocen las técnicas de verificación mecánica.

Entre más evoluciona la tecnología se hace necesario tener más especialización para poder manejar este tipo de mantenimiento por lo que el trabajo se hace más científico y la intervención en los equipos más oportuna, siendo ventajas importantes dentro de la gestión de la administración y en el desarrollo científico.<sup>[16]</sup>

El problema que se puede presentar y representar una desventaja es que las herramientas que se requieren para llevar a cabo las mediciones necesarias para tener la información requieren de una fuerte inversión para la empresa lo mismo que el contratar el recurso humano que se requiere para realizar este mantenimiento. Para determinar la implementación de este tipo de mantenimiento se requiere de un excelente análisis financiero ya que el costo beneficio debe de justificar la inversión y ser utilizado en maquinaria que se use en procesos que si se detienen signifique pérdidas importantes para la empresa.<sup>[16]</sup>

Una tercera argumentación sobre la estructura de los tipos de mantenimiento:

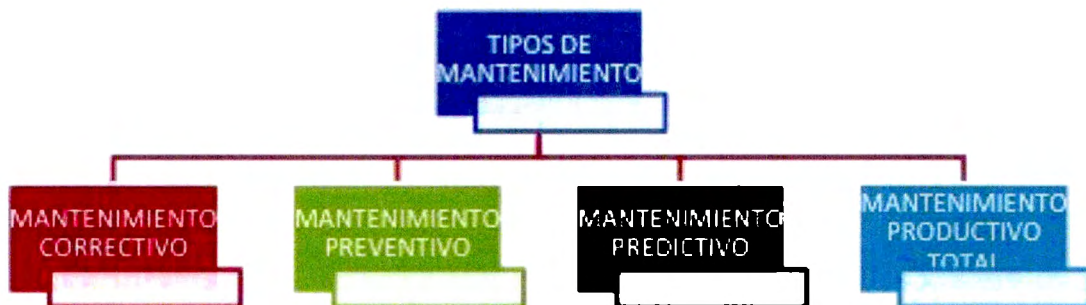


Fig. 2 Diagrama del tercer tipo de mantenimiento

### Mantenimiento Correctivo

Se realiza cuando aparece la falla son actividades solo de reparación y cambio de piezas dañadas.

Es muy frecuente realizarlo sobre todo cuando el equipo contiene muchos elementos eléctricos a los que es imposible predecir o prevenir que tengan alguna falla, también se puede usar en equipos antiguos y en equipos que no son primordiales en el proceso.<sup>[19]</sup>

Lo negativo que se presenta con este mantenimiento es que se presenta en el momento menos esperado y al no detectarse a tiempo su costo es mucho más elevado que de haberse detectado en el momento indicado hubiera sido muy barato y en ocasiones suele pasar que

se afectan elementos del equipo que no tenían falla originalmente. Para poder cubrir todos estos requerimientos de tiempo oportunidad y eficiencia es necesario tener un gran almacén de piezas de repuesto muy grande y por lo tanto muy costoso.<sup>[19]</sup>

#### Mantenimiento Preventivo

Se realizan actividades con planeación encaminadas a disminuir la frecuencia de las fallas llevando a cabo pruebas e inspecciones para recopilar información.

Una desventaja que debe tomarse en cuenta es que de no optimizar la planeación se puede caer en una anticipación del reemplazo o sea que se puedan cambiar piezas solo porque ya le toca cambiarse y no aprovechar el total de la vida útil de cada pieza.<sup>[19]</sup>

- Los problemas iniciales de operación se dan con el cambio de piezas que pueden o no ajustarse adecuadamente en el equipo.
- Con una adecuada planeación los inventarios pueden administrarse financieramente de manera que beneficie a la empresa.
- La mano de obra es más costosa para este tipo de mantenimiento ya que se requiere de técnicos especializados para llevarlo a cabo y si no se realiza como se planea se altera el ritmo de la secuencia establecida.<sup>[19]</sup>

Por todo lo anterior para que este mantenimiento resulte lo más adecuado para el tipo de proceso que lo ponga en operación debe de:

- Definir adecuadamente las partes a las que se le tienen que dar mantenimiento
- Verificar con conocimiento e información real cual es la vida útil de cada elemento que compone un equipo.
- Planear y determinar el trabajo para eficientar el uso del recurso humano en tiempo y lugar.<sup>[19]</sup>

#### Mantenimiento Predictivo

Se realiza a través de monitorización continua de un sistema programado, en el mantenimiento, dando seguimiento y diagnosticando adecuadamente cualquier síntoma de fallas, que se detectan mediante medir los más importantes parámetros, entre los más importantes y a los que más énfasis de control para su análisis se les dan son: temperatura, presión, velocidad, resistencia humedad, niveles de fluidos, etc., realizando estas actividades es posible conjuntar una historia de fallas en un expediente que resulta muy útil al tratar de seguir la evolución de estas, con todo esto se administra mejor la mano de obra y se planea con más eficiencia la reparación de ser necesario.<sup>[19]</sup>

## Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance TPM)

Denominado como un mantenimiento de primer nivel en donde todos los trabajadores o sea todo el recurso humano es responsable de realizar actividades de mantenimiento en los equipos que maneja, toda la empresa entra en el programa de mantenimiento para mantener las instalaciones en buen estado, enfocados todos en el aumento de la productividad (Mantenimiento Productivo Total). En este sentido el programa se convierte en un programa de mantenimiento preventivo, planeado, que se lleva a cabo por todo el personal de la empresa dirigido en pequeños grupos, con capacitación e instrucción por parte de mantenimiento. El mantenimiento autónomo facilita la integración de todo el personal de la empresa y la comunicación que fortalece la empresa involucrando a todo el personal, sus objetivos generales son:

1. Cero accidentes
2. Cero defectos.
3. Cero fallas.<sup>[16]</sup>

Históricamente desarrollado en Japón en la industria automotriz en la década de los 70, este tipo de mantenimiento se relaciona directamente con las filosofías de calidad que implementan la calidad total y la mejora continua, desgraciadamente para que funcione y se implemente es necesario desarrollar una cultura de cambio que además de llevar un largo tiempo para ponerla en práctica e implementarla es muy costosa.<sup>[20]</sup>



Fig. 5 Pilares del TPM

Al final el concebir una máquina como un medio y no como un fin, permite orientar de manera correcta las actividades de mantenimiento que sobre ella se realicen tendientes a la conservación del servicio. La correcta comprensión de la relación entre necesidad, máquina, servicio y mantenimiento logrará orientar éste último, de tal forma que en lugar de convertirse en pérdida para una empresa sea una ruta más hacia el logro de sus objetivos; empezando con el mantenimiento preventivo hasta lograr que los trabajadores se involucren en pequeños grupos con actividades de mantenimiento no solo en las líneas de producción sino que, además lleguen a todas las áreas de la empresa.<sup>[20]</sup>

### **ECRI Institute (Emergency Care Research Institute)**

Es la principal institución internacional independiente sin fines de lucro que tiene como misión fundamental la evaluación y mejora continua de la tecnología utilizada en el sector salud, su responsabilidad es mejorar la seguridad, la calidad y el mejor costo por el beneficio en la adquisición de equipo de las instituciones de salud. Por lo tanto es la institución más confiable para emitir información imparcial sobre cualquier tecnología que se dedique al cuidado del paciente.<sup>[21]</sup>

A más de 40 años de su creación a acumulando experiencia y evolucionado creando un gran prestigio a su alrededor, basado en condiciones de trabajo que producen la máxima objetividad, productividad e integridad de los procesos proporciona así una amplia variedad de servicios a miles de hospitales alrededor de todo el mundo y a diversas instituciones dedicadas al cuidado de la salud. Los apoyos que proporciona van desde servicios de investigación, publicaciones, bases de datos, programas de asistencia técnica que son referencia a nivel mundial.<sup>[21]</sup>

ECRI Institute dedicada, como ya se dijo, a mejorar la seguridad de los pacientes en las instituciones de salud ha ampliado su quehacer hasta lograr que su definición abarque equipos, fármacos, procedimientos, instalaciones, guías y estándares que se difunden al mundo a través de una gran red de sistemas de información, publicaciones y programas de asistencia técnica.<sup>[21]</sup>

Las necesidades que se generan con la aparición de nuevas tecnologías para el cuidado de la salud se resuelven conjuntando una gran variedad de especialistas de diferentes disciplinas científicas, analíticas, clínicas biomédicas, de ingeniería, informáticas, físicas, sociales, etc.<sup>[21]</sup>

Ya definida al principio como un instituto sin fines de lucro no permite recibir ni recibe pagos por derechos de autor ni comisiones de las industrias con productos dedicados a la salud, no poseen acciones ni son consultores de estas industrias por lo tanto su imparcialidad está garantizada. Su financiamiento lo obtienen del pago de sus usuarios y aun cuando puedan ser costos los servicios que ofrece es mucho más costosa la falta de información o la posibilidad de buscar por uno mismo toda la información que esta institución posee así como la actualización diaria que ofrece.<sup>[21]</sup>

El personal de este instituto abarca una gran variedad de especialidades y disciplinas pero todos ellos con una gran experiencia y diferentes grados doctorales de científicos como: médicos, biólogos, ingenieros, abogados, enfermeras, farmacólogos, especialistas en ciencias informáticas financieras, políticas, etc.<sup>[21]</sup>

“ECRI Institute es la fuente mundial más completa de datos y evaluación de aparatos y equipos médicos. En el conjunto del sistema de aparatos para el cuidado de la salud (Health Devices System) y el programa Select (Healthcare Product Comparison System) se han acumulado bases de datos completas de más de 5 000 categorías de artículos y en el HDS se ha recopilado una base de datos que contiene más de 23 000 guías y estándares de práctica clínica. Otras bases de datos contienen más de 300 000 informes de evaluaciones de aparatos médicos, problemas y peligros, estudios de costo y evaluaciones de tecnología de alcance mundial. Estas bases de datos se alimentan de miles de fuentes, se actualizan diariamente y también se alimentan de redes internacionales de reportes de problemas y experiencia de usuarios de los más extensos programas de evaluación de tecnología, asistencia técnica y prueba de productos; y del grupo de investigación forense y de accidentes, además se obtiene información adicional de laboratorios, hospitales y agencias gubernamentales de todo el mundo.”<sup>[21]</sup>

### Antecedentes Históricos

Su historia comienza buscando información sobre los diferentes equipos utilizados para la asistencia de la salud y rápidamente se convirtió en evaluador de todo tipo de tecnología en la comunidad de la salud, su influencia actualmente abarca áreas de calidad, manejo de riesgos, seguridad del paciente, adquisición de equipos y tecnología, etc.

1968 Emergency Care Research Institute (ECRI) inicia funciones y rápidamente se convierte en evaluador de equipos y emite guías sobre dispositivos médicos.<sup>[21]</sup>

## Años 70

Es básicamente una década de desarrollo, transiciones y cimentación del instituto ampliando sus trabajos de las áreas de emergencia hacia el resto de las áreas hospitalarias investigando accidentes con equipos médicos, consultando y evaluando desarrollando programas para mantenimiento preventivo de soporte en hospitales, publica una revista mensual con información sobre equipos, guías y reportes.<sup>[21]</sup>

## Años 80

A partir de esta década se fortalece su liderazgo proporcionando información que ha recopilado a lo largo de la década anterior y que se convierte en guías valiosas tanto para las instituciones de salud como para las aseguradoras ya que eliminan riesgos y aumentan la calidad de atención. Con el programa Select se aumenta la presencia en las instituciones de salud ya que proporciona la mejor guía para el equipamiento de un hospital proporcionando no solo información técnica también sobre criterios presupuestales y financieros.<sup>[21]</sup>

## Años 90

Toda esta década se destina a la expansión prácticamente con presencia en todo el mundo logrando el reconocimiento internacional además de crear nuevas dependencias de apoyo. El crecimiento se logra también a través de la Web y la información actualizada en línea.

A partir del año 2000 su reconocimiento lo lleva a mantener estrecha relación con instituciones como FDA, UE, OPS, OMS, Ministerios de salud, etc. con ello podrá continuar con su labor de identificar y monitorear nuevas Tecnologías del cuidado de la salud que puede significar importantes cambios en el cuidado del paciente y dar futuros resultados en el sistema del cuidado de la salud.<sup>[21]</sup>

## Productos y Servicios

La asesoría personalizada que reciben los clientes de ECRI Institute les ayuda en cada una de las fases de la gestión para la administración de una institución de salud desde la planeación, la adquisición y la administración del equipamiento para el cuidado de la salud. Con toda la información de evaluaciones de ECRI sobre los equipos médicos la decisión para su adquisición es más eficiente y acertada. Además la asesoría que se puede proporcionar va desde la construcción de hospitales hasta asesorías a nivel de instituciones nacionales de salud si así se requiere. Con la implementación de recursos tecnológicos como Health Devices Gold que pone en línea a los más experimentados especialistas en todas las áreas

se ayuda en la administración de la tecnología médica, bajando costos y aumentando la seguridad de los pacientes, con servicios como:

- Sistemas de comparación de productos para el cuidado de la salud.
- Control de los riesgos en el cuidado de la salud.
- Tecnología para el cuidado de la salud.
- Información sobre tendencias en la tecnología de la salud.
- Seguimiento de alertas médicas.
- Asesoría para la adquisición de dispositivos para la salud.
- Diversas publicaciones para información.
- Servicios para comprar sus equipos más importantes.
- El Sistema para el soporte Biomédico de la tecnología.
- Informaciones internacionales de dispositivos para la salud.
- Sistema universal de nomenclatura de equipos médicos (UMDNS).<sup>[21]</sup>

### **Numero EM**

La inversión en equipo médico es la más importante que tiene que hacer una institución de salud para poder dar atención de calidad a sus pacientes, por lo que el mantenimiento de este equipo requiere de un sistema que garantice un funcionamiento óptimo durante toda su vida útil. Para esto es necesario planificar adecuadamente el tipo mantenimiento que se requiere así como la adecuada administración de su gestión y sobre todo una inmejorable ejecución del sistema de gestión del mantenimiento.

Aun cuando un programa de mantenimiento dependa de qué tipo de institución de salud se trate, si es imprescindible que cuente con uno y que este cumpla con todos los principios básicos de un programa eficiente.

Las actividades que deben de llevarse a cabo para garantizar que todos los equipos funcionen adecuadamente y las fallas que puedan llegar a presentar se prevengan a través del programa de mantenimiento preventivo o se corrijan durante la ejecución del mantenimiento correctivo, dependiendo de la institución de salud pueden llegar a tener un volumen tan grande que rebase la capacidad del personal dedicado a llevarlas a cabo por lo tanto es muy importante que se determinen las prioridades de su ejecución a través de una programación efectiva que haga posible empatar la cantidad de personal con que cuenta la institución y la carga de trabajo que se genera derivada del mantenimiento.

Esta programación efectiva se realiza determinando las prioridades de mantenimiento de cada uno de los equipos estas pueden ser (como la clasifica la OMS):

Basándose en el riesgo: La prioridad más alta la tendrían los equipos que pueden causar daño al paciente si llegan a fallar durante su uso.

- Clase I: Riesgo bajo.
- Clase II: Riesgo moderado.
- Clase III: Riesgo alto.

Basada en la misión: Esta prioridad la define el tipo de institución de que se trate, la especialidad a la que se enfoca más; si es un hospital de materno infantil o si es un hospital quirúrgico, o de ortopedia, etc.

Basada en el mantenimiento: Analiza que equipo causa más daño si no funciona y que posibilidad tiene cada equipo de no funcionar adecuadamente.

Basada en los recursos: Se aplica valorando cual es el equipo más importante tanto por riesgo como por frecuencia de uso este sería el más importante y al que se daría mejor mantenimiento los demás dependerán si se tienen recursos financieros o no.

Para determinar la inclusión y la frecuencia de mantenimiento de cada equipo en el inventario o programa de mantenimiento [Tabla 5] en una unidad médica es necesario asignarle un número de gestión de equipo (GE ó EM) este número se determina sumando la categoría que se le asigne de acuerdo a la clasificación por función, por aplicación clínica y por sus requisitos de mantenimiento.<sup>[22][23]</sup>

GE ó EM= Función [Tabla 1] + Aplicación clínica [Tabla 2] + Mantenimiento [Tabla 3] + Antecedentes [Tabla 4].<sup>[1]</sup>

CLASIFICACIÓN POR FUNCIÓN DEL EQUIPO BIOMÉDICO	
FUNCIÓN DEL EQUIPO	RANGO
Terapéutico apoyo vital	10
Cirugía y cuidados intensivos	9
Fisioterapia y tratamientos	8
Diagnóstico control de cirugía y cuidados intensivos	7
Control fisiológico adicional y diagnóstico	6
Analítico análisis del laboratorio	5
Accesorios de laboratorio	4
Computadoras y afines	3
Otros con el paciente y otros	2

Tabla 1. Clasificación por función



### CLASIFICACIÓN POR APLICACIÓN CLÍNICA

<b>FUNCIÓN DEL EQUIPO</b>	<b>RANGO</b>
Riesgo de muerte del paciente	5
Posible lesión del paciente o el operador	4
Tratamiento inapropiado o error de diagnóstico	3
Daño al equipo	2
Sin riesgo significativo identificado	1

Tabla 2. Clasificación por aplicación clínica

### CLASIFICACIÓN POR MANTENIMIENTO

<b>FUNCIÓN DEL EQUIPO</b>	<b>RANGO</b>
Importantes: exige calibración y reemplazo de piezas periódicas	5
Superiores al promedio	4
Usuales: verificación de funcionamiento y pruebas de seguridad	3
Inferior al promedio	2
Mínimos: inspección visual	1

Tabla 3. Clasificación por mantenimiento

### CLASIFICACIÓN POR ANTECEDENTES DE PROBLEMAS DEL EQUIPO

<b>PROMEDIO DE FALLAS POR EQUIPO</b>	<b>FACTOR</b>
Significativo: Más de una vez cada 6 meses	+2
Moderado: Una cada 6 – 9 meses	+1
Usual: Una cada 9 – 18 meses	0
Mínimo: Una cada 18 – 30 meses	-1
Insignificante: Menos de una en los 30 meses anteriores	-2

Tabla 4. Clasificación por antecedentes

**CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO**

<b>VALOR DE GE ó EM</b>	<b>INCLUSIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>
1 a 12	No incluidos	Anual o solo reparación
13 a 14	Incluidos	Anual
15 a 18	Incluidos	Semestral
19 o 20	Incluidos	Trimestral
Valores 4 o 5 con requisitos importantes	No incluidos	Semestral
Valores 3, 2,1 con requisitos usuales	No incluidos	Anual

Tabla 5. Criterios de inclusion en inventario de mantenimientos

Dispositivo	Función	Aplicación clínica	Mantenimiento	Fallas	Número GE ó EM	Clasificación	Frecuencia
Equipo de Anestesia	10	5	5	0	20	Incluido	Trimestral
Unidad p/ artroscopia	9	4	2	-2	13	Incluido	Anual
Aspirador móvil	8	5	4	-1	16	Incluido	Semestral
Computadora PC	3	3	1	-2	5	No Incluido	Solo reparación

Tabla 6. Ejemplo de cálculo del número EM

**CAPITULO III:  
ESTADO DEL ARTE**

## Estado del Arte

En la actualidad muchas empresas y negocios se ayudan de algunas aplicaciones que se encarguen de realizar la gestión de sus procesos internos. Para ir siempre a la vanguardia, las empresas ahora deben utilizar softwares computarizados donde puedan llevar a cabo procesos generales tales como: administración de inventarios, base de datos de clientes y proveedores, control de cuentas, facturas, etc.

Este tipo de sistemas ya llevan varios años en el mercado, desde inicios los 90's siendo mas específicos. Como el sistema Aspel SAE, el cual se especializa en los procesos requeridos para la compra-venta en una empresa. Además utiliza la información obtenida de todos los procesos para realizar estadísticas con información útil para determinar si se puede mejorar en algún área o incluso encontrar oportunidades en algún mercado.<sup>[24]</sup>

Otro ejemplo de esta tecnología es el sistema SAP, el cual es una de las plataformas mas populares entre las empresas. SAP cuenta con una amplia variedad de opciones dependiendo del giro de la compañía. Incluso algunos hospitales tienen este sistema, ya que conoce cuales son los procesos que se deben realizar en una institución del Sector Salud. SAP también cuenta con una rama para los expedientes electrónicos clínicos. Esto facilita el acceso a la información de los pacientes como: diagnósticos, historial médico, estudios de imagenología, etc.<sup>[25]</sup>

La Organización Mundial de la Salud, a partir del 2012, reconoció la importancia de la automatización de los procesos internos de las instalaciones de la salud para “asegurar la mejora del acceso, la calidad y el uso de los productos médicos y tecnologías sanitarias”. Es por esto que elaboro una serie de documentos técnicos para ayudar a las instituciones de salud a mejorar su programas de mantenimiento de equipos médicos a través de un sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS) como una herramienta eficiente y eficaz que concentre la información sobre inventarios, historial de reparaciones y mantenimiento, procedimientos de mantenimiento ,etc.<sup>[12]</sup>

La recomendación que da esta organización a todos los estados miembros facilitan la instalación de este tipo de sistemas, emitiendo un documento completo en el que hace referencia desde como formar un CMMS, como integrarlo, estructurarlo, implementarlo y evaluarlo. Además define, para los usuarios, como debe de efectuarse la selección adecuada de un CMMS, que puede ser total o parcialmente automatizado dependiendo de las necesidades de cada institución ya que existen:

### Programas comerciales

Este tipo de sistemas cuenta con una gran variedad de características que hacen mas eficiente el proceso de gestión de equipos. No todos estos programas no son específicos del Sector Salud, pero tienen la posibilidad de adaptarse a las necesidades del hospital, algunos con mayor flexibilidad que otros.<sup>[12]</sup>

### Programas de código abierto

Al igual que los comerciales, estos programas no todos son desarrollados con las especificaciones que se requieren en una institución de la salud. La diferencia entre el código abierto y los comerciales radica en que para la instalación de los comerciales se requiere ayuda de un asistente técnico mientras que los de código abierto se puede descargar e instalar por parte de cualquier miembro del área.<sup>[12]</sup>

### Programas desarrollados a nivel local

Finalmente estos sistemas son creados individual y específicamente para adecuarse a las necesidades de una institución en particular. Se opta por este tipo de programa cuando ninguno de los otros dos tipos de CMMS satisface las necesidades. Las ventajas de este tipo de programas son:

- Satisface las necesidades específicas de la instalación adaptándose a su modelo de trabajo en lugar de adaptar el modelo al programa
- Se le pueden realizar los cambios necesarios conforme surjan nuevas necesidades durante la evolución de la institución de salud
- El hospital o clínica es el único dueño del código del CMMS
- El diseño y características son de acuerdo a las necesidades del usuario
- Debido a que para el desarrollo de estos programas se reúnen todo el personal usuario y el proveedor, su uso y capacitación se facilita.<sup>[12]</sup>

La estructura que recomienda la OMS para el desarrollo de un CMMS esta basado en la creación de módulos. Cada uno de ellos está conformado por una serie de tablas y pantallas. Las tablas están compuestas por campos que finalmente son las que le darán estructura a la base de datos, mientras que las pantallas serán en las que se despliegue y manipule la información de esta base:

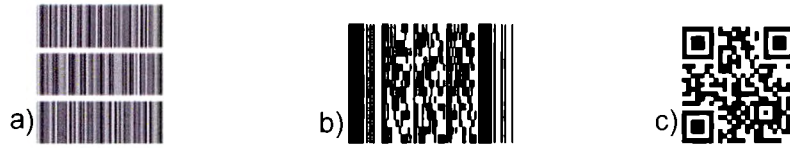
- Modulo de inventario de equipos: Es el centro del sistema computarizado de gestión de mantenimiento. En este se tiene almacenada la información de todos los equipos que conforman una instalación a la salud
- Modulo de inventario y gestión de repuestos: En este se implementa el inventario de las piezas de repuesto que son requeridas para proporcionar el mantenimiento interno de algunos equipos.
- Modulo de mantenimiento: Permite tener un control del calendario de mantenimientos programados y no programados de los dispositivos, así como el historial de mantenimiento de cada uno.
- Modulo de gestión de contratos: Se utiliza para realizar un control de los proveedores externos y del mantenimiento que proporcionan a sus equipos y los contratos que se tienen con estos.<sup>[12]</sup>

## **Estado de la técnica**

### Código QR

Los códigos de 2 dimensiones (2D) fueron inventados en 1994 por una compañía subsidiaria de Toyota, Denso Wave. Estos códigos surgieron debido a la necesidad de almacenar una mayor cantidad de información en diferentes formatos. De aproximadamente 30 tipos de códigos de 2D que existen, los códigos QR son los mas populares desde el 2006. QR es la abreviatura para "Quick Response", es decir, respuesta rápida. Actualmente ha ganado aceptación en diferentes industrias, entre ellos los almacenes, marketing y atención a la salud. Los códigos de barras son representaciones gráficas de información. Esta información solamente puede ser entendida (decodificada) por computadoras.<sup>[26]</sup>

Antes de la creación de los QR, se utilizaban los códigos de barras de 1 dimensión (1D), los que se utilizan actualmente para revisar el precio de algún producto. Se les llama de 1D ya que para la lectura de la información solamente se toma en cuenta el grosor de las barras y la distancia entre ellas de manera horizontal. Los códigos 1D permitían almacenar muy poca información, por lo que intentaron aumentar el numero de barras en el código, sin embargo esto provocaba que los códigos abarcaran mucho espacio. Gracias a esto surgieron los 2D primero los códigos de barras apiladas (PDF417) y posteriormente las matrices que conocemos actualmente como QR. En la Figura 6 se muestra la evolución de los códigos de barras.<sup>[27]</sup>



La diferencia entre los códigos QR y los PDF417 se observa principalmente en la cantidad de caracteres que puede almacenar, en la tabla 7 se muestran las características de almacenamiento de datos de ambos códigos. Cabe mencionar, que la versatilidad que tienen los códigos QR es mucho mayor que cualquier otra simbología.<sup>[27]</sup>

Datos	Código QR	PDF417
<b>Numéricos</b>	<b>7,089</b>	<b>2,710</b>
<b>Alfanuméricos</b>	<b>4,296</b>	<b>1,850</b>
<b>Binarios</b>	<b>2,953</b>	<b>1,018</b>
<b>Kanji</b>	<b>1,817</b>	<b>554</b>

Tabla 7. Capacidad de los códigos 2D

Contrario a los códigos de 1D, los QR no son decodificados por el tamaño y ubicación de las barras, sino por el arreglo que tienen los cuadros blancos y negros en la imagen (módulos). A continuación se explicará la estructura de un código QR [Fig. 7]:

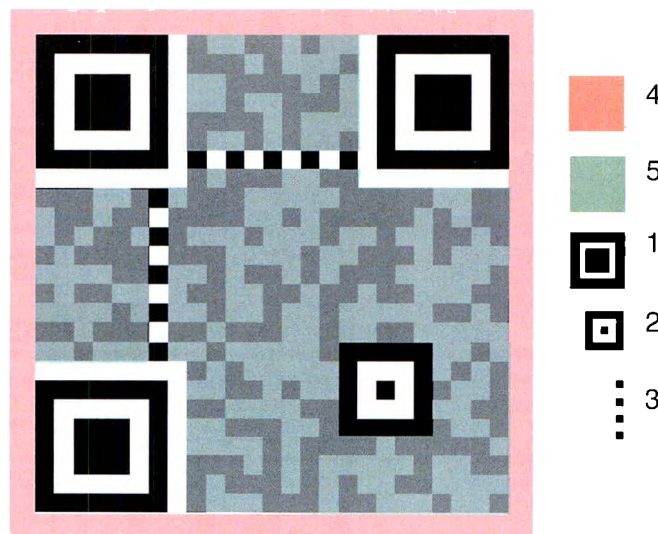


Fig. 7 Estructura del código QR

1. Patrón de ubicación: Son los 3 cuadros grandes que se encuentran en 3 de las esquinas del código. Ayuda al detector a encontrar fácilmente la ubicación de la imagen.
2. Patrón de alineamiento: Le permite al programa decodificador saber si la imagen esta contiene distorsiones, se identifica por ser un módulo negro independiente.
3. Patrón de sincronización: Son dos líneas, una horizontal y una vertical que conectan los tres cuadros del patrón de ubicación. Este patrón sirve para conocer las coordenadas de los módulos y asegurarse que los símbolos no están distorsionados y pueden leerse correctamente.
4. Zona Muda: Es la zona alrededor de la imagen, es necesaria para una buena lectura del código.
5. Área de datos: Es todo el conjunto de módulos dentro del código. aquí la información esta guardada en datos binarios (0 y 1) basado en el código Reed-Solomon.<sup>[27]</sup>



**CAPITULO IV:  
DISEÑO Y DESARROLLO**

## **Etapas 1:**

### Diseño del diagrama de flujo de la aplicación

Antes de comenzar con la parte de programación del desarrollo de la aplicación, es importante contar con la planeación de las acciones que esta va a realizar y además, la estructura que va a tener. Es por eso que se realizaron diagramas de flujo para tener la secuencia correcta de la aplicación. Para un buen uso de este sistema, se debe designar a un usuario principal, este será el que tenga la información de todos los equipos y asignará los mantenimientos a los usuarios pertinentes. En el caso de un hospital, el usuario principal será el jefe del área de Ingeniería Biomédica y los usuarios a los que se les asignarán mantenimientos a los equipos serán los ingenieros de servicio. Existe un tercer usuario que serán las personas que manejen los equipos, estos solamente se encargarán de reportar al área de servicio alguna falla o anomalía que se presente en el área. El diagrama de toda la aplicación se divide en tres módulos: el módulo de jefe de Ingeniería Biomédica, el módulo de los ingenieros de servicio y el módulo de personal de enfermería. A continuación se presentan los diagramas de flujo de las acciones que pueden realizar cada uno de los 3 usuarios disponibles.

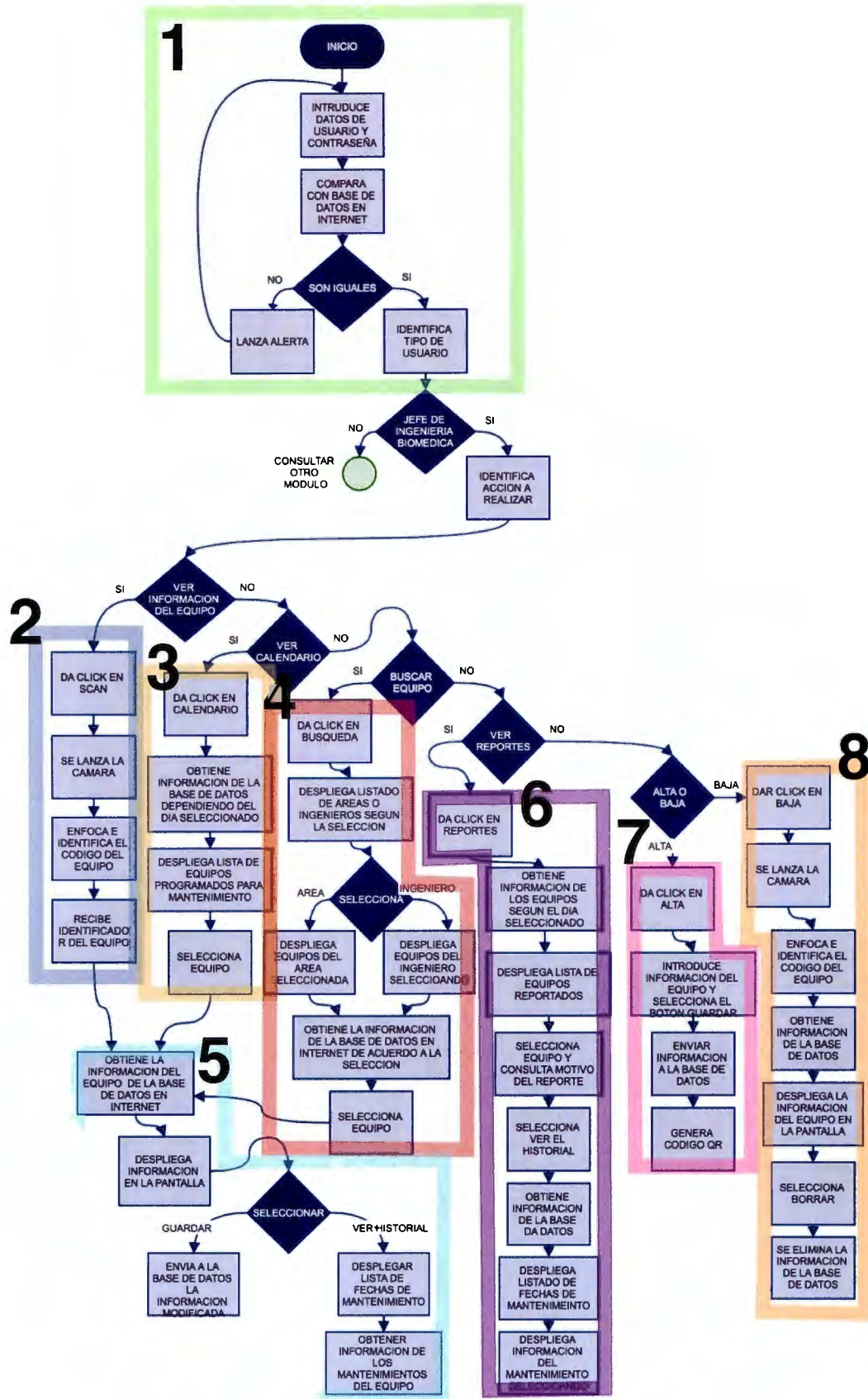


Fig. 8 Diagrama del modulo de jefe de Ingeniería Biomédica

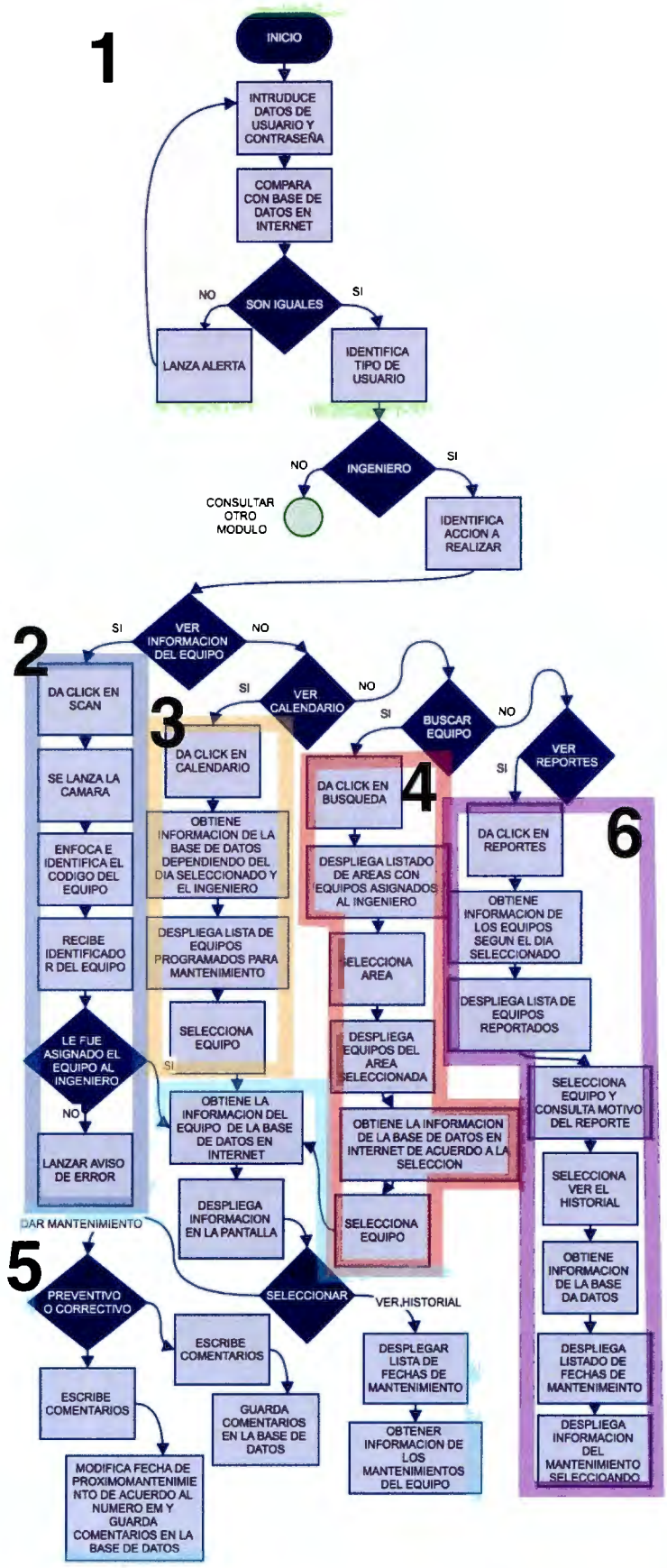


Fig. 9 Diagrama del modulo de ingenieros de servicio

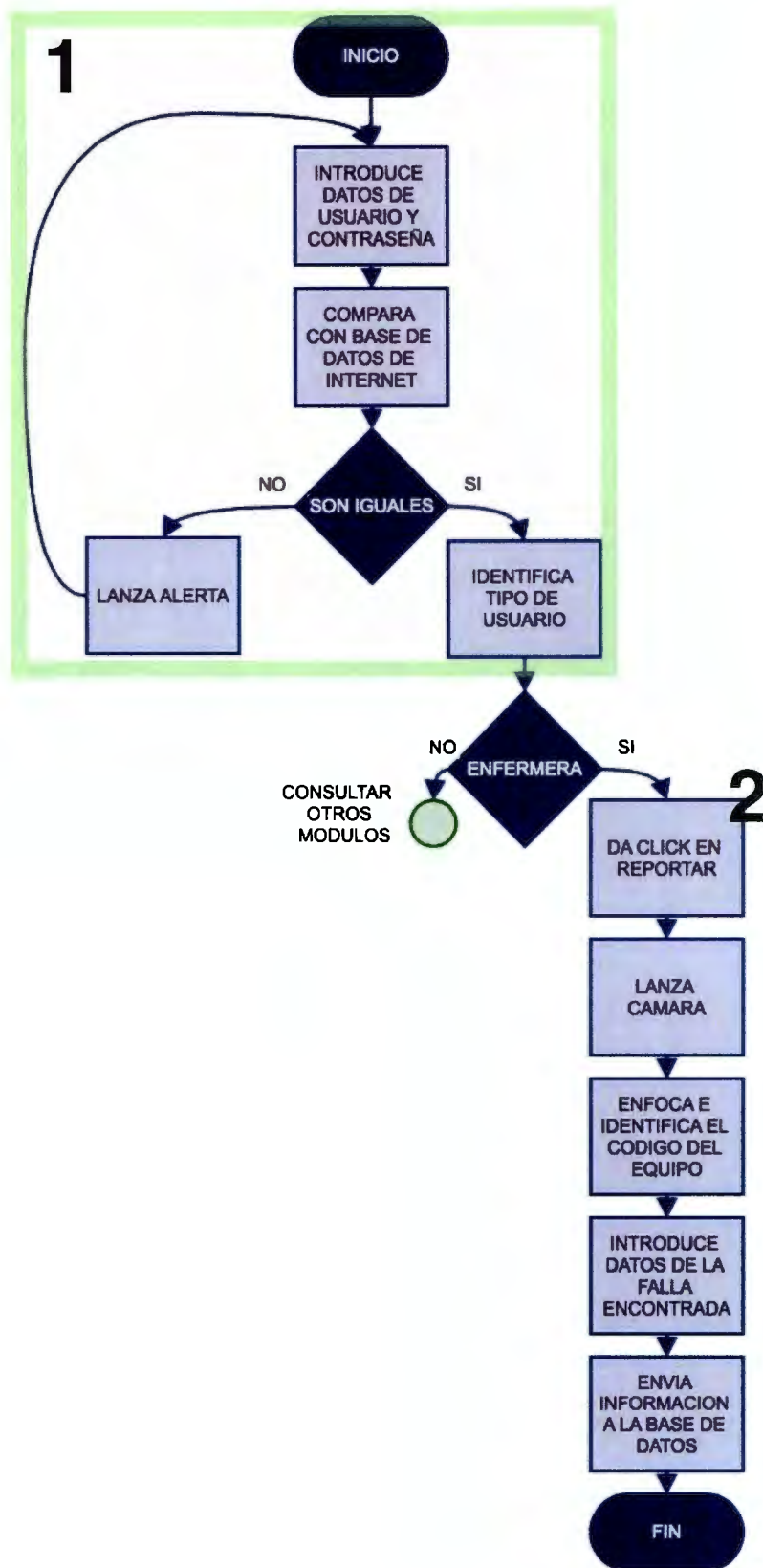


Fig. 10 Diagrama del modulo de personal de enfermería

Los tres diagramas comienzan con la misma secuencia, en el numero 1, pedir que se introduzca usuario y contraseña, una vez que el usuario los introdujo, esta información se verifica con la base de datos en internet para determinar si son correctos o no. Si no son correctos te debe informar que se cometió un error y volver a preguntar estos parámetros. En el caso de que sean correctos se identificará que tipo de usuario es y así determinar cuales son las

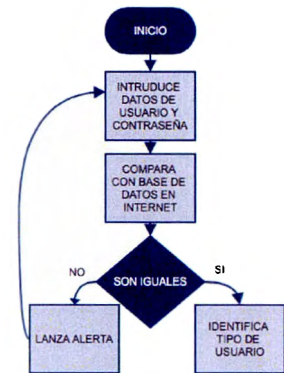


Fig. 11 Inicio del programa (1)



Fig. 12 Acción 2 para el ingeniero de servicio

acciones que puede realizar de acuerdo a su cargo.

El numero 2 va a ser el mismo para el ingeniero y el jefe de Biomédica, es la acción de escanear código,

esta se utiliza cuando se quiere ver la información de algún equipo específico, el usuario selecciona el botón de "SCAN" lo cual activará la cámara del dispositivo. Acto seguido, se debe apuntar hacia el código QR del equipo hasta que la cámara lo enfoque y lo detecte. Sin embargo debido a que el ingeniero solamente puede visualizar los equipos que le fueron asignados, si la cámara detecta que el equipo no es del usuario que ingreso a la aplicación, lanza una alerta informándole que no le fue asignado ese equipo, mientras que el jefe puede obtener la información de cualquiera de los equipos. El numero 2 del personal de enfermería es solamente para reportar alguna falla de equipo dentro de su área. De igual forma



Fig. 13 Acción 2 para personal de enfermería.

cuando la enfermera selecciona el botón "Reportar", se activa la cámara, detecta el código y una vez identificado el equipo, el usuario debe escribir el problema que tiene el equipo para que se envíe al departamento de Ingeniería Biomédica.

Para la siguiente acción, la 3, solamente el jefe de Ingeniería Biomédica y los ingenieros de servicio tienen secuencia en el diagrama de flujo. Es el botón calendario, aquí se van a enlistar los mantenimientos que están programados para cada día del año. De igual forma, el ingeniero de servicio solamente podrá ver los equipos que le fueron asignados.

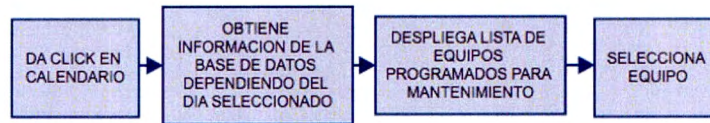


Fig. 14 Acción 3, calendario de mantenimientos preventivos



Fig. 15 Acción 4 de jefe de Biomédica

El número 4 es la búsqueda, esta acción varía un poco en el jefe y en el ingeniero, ya que el ingeniero solo visualizará una lista con las áreas donde cuenta con equipo asignado, mientras que el jefe podrá seleccionar ver la lista de todas las áreas del hospital junto con los equipos que pertenecen a cada departamento y además tendrá otra lista de los ingenieros de servicio a su cargo y los equipos asignados a cada uno de ellos. La razón por la que se decidió que los ingenieros solo puedan consultar información referente sus equipos asignados, es para que estén familiarizados con el comportamiento de cada uno de ellos y al momento de que presente alguna falla, la solución pueda ser un poco más eficiente.

El número 5 es el paso en el que se diferencian las acciones entre los dos tipos de usuario restantes. Este se refiere al despliegue y manipulación de la información de cada equipo. Esta parte del diagrama es el punto de confluencia de los números 2, 3 y 4 tanto del jefe de Biomédica como de los ingenieros. Una vez seleccionado el equipo, ya sea por escaneo del código o selección del mismo a través de la lista de equipos, se presenta la información de la base de datos. Ambos usuarios podrán consultar el historial del equipo, al seleccionar el botón "Historial" se despliega una lista, ordenada del más viejo al más reciente, de los mantenimientos tanto preventivos como correctivos que ha recibido el equipo seleccionado, además de los comentarios que se hicieron respecto a este procedimiento.

Este es el punto donde se diferencian ambos usuarios, ya que el jefe del área tiene posibilidades de modificar la información desplegada del equipo, incluida la fecha del próximo mantenimiento y el ingeniero de servicio asignado, mientras que el ingeniero de servicio solo puede observar la información. Una tarea que solo es del ingeniero de servicio es darle mantenimiento a los equipos del hospital, es por esto que en la pantalla de despliegue de la información, tienen la opción de registrar que se le dio mantenimiento al equipo, seleccionando si fue correctivo o preventivo y escribiendo los comentarios pertinentes.

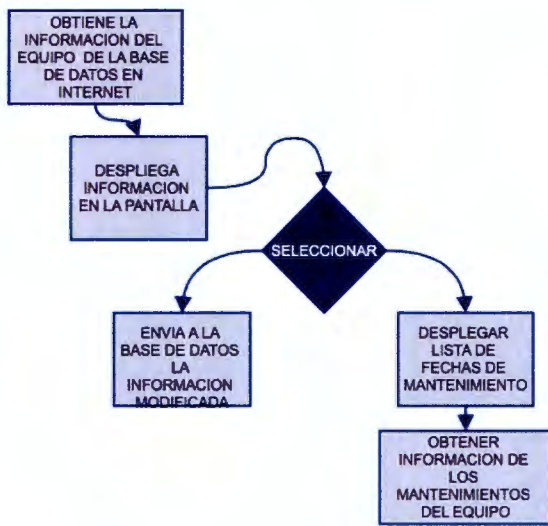


Fig. 16 Acción 5 del ingeniero de servicio

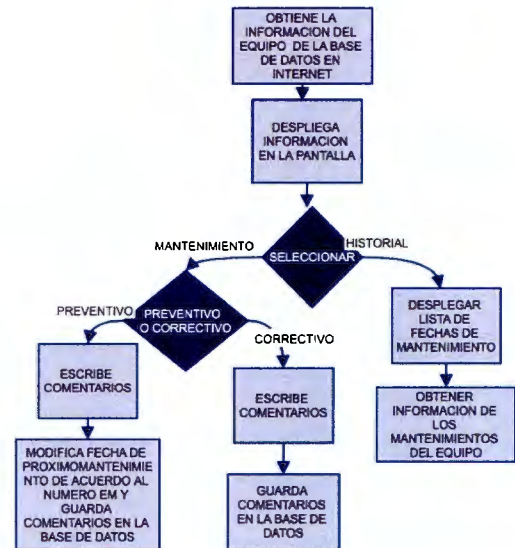


Fig. 17 Acción 5 de jefe de Biomédica

La siguiente acción (y última para los ingenieros de servicio) que pueden realizar estos usuarios, es revisar los reportes de equipos que fallaron y la fecha en que sucedió la falla. Para esto, al igual que en los mantenimientos programados, se despliega una lista de los equipos reportados en el día seleccionado por el usuario. Cuando se selecciona el equipo reportado, aparecerá una pantalla que indicara el área y el problema que presentó, además de la posibilidad de poder revisar el historial de mantenimiento del equipo.



Fig. 18 Acción 6, reportados



Los puntos 7 y 8 son solamente actividades que el jefe de Biomédica puede realizar, ya que se refieren al manejo del inventario del hospital. El número 7 se llevara a cabo cuando ingrese un equipo nuevo al hospital, aquí el jefe debe introducir toda la información de este. Una vez concluido el registro de la información se generara el código con el cual será identificado el nuevo equipo. En cuanto al último número (8), se seleccionara cuando se desee eliminar algún equipo del inventario, ya sea por obsolescencia o por reemplazo. Para llevarlo a cabo se debe escanear el código QR del equipo, cuando la cámara lo detecte, se desplegara su información para asegurarse de que sea el equipo correcto y después poder eliminarlo de la base de datos

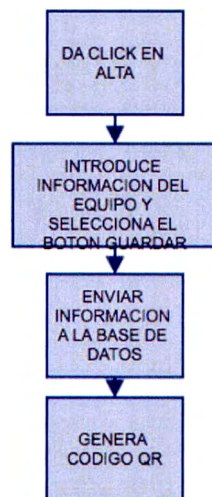


Fig. 19 Acción 7, dar de alta

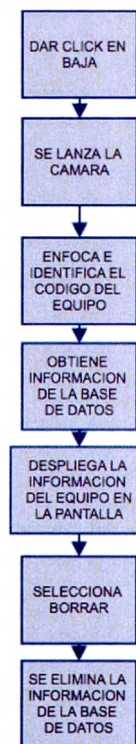


Fig. 20 Acción 8, dar de baja

## Etapa 2:

### Diseño de la base de datos

Una vez concluido el diseño completo de la estructura de la aplicación, el siguiente paso fue determinar el lugar de donde se iba a almacenar y obtener la información de los equipos que formarán parte del inventario del hospital. Debido al conocimiento previo que se tenía de "Fusion Tables", y por el grado de complejidad que representaba el crear una base de datos en un servidor propio, se decidió implementar la base de datos en ella. Fusion Tables es una herramienta de Google Drive que te permite crear archivos de tablas de datos y modificarla de acuerdo a tus necesidades. Estos archivos quedan almacenados en la Web dentro de tu cuenta de Google Drive (GMail). La estructura de la base de datos se pensó de la siguiente manera:

- Tener un archivo que contuviera los nombres de los usuarios, sus contraseñas y el tipo de usuario que se trata.

usuario	contra	tipo
jaime	angeles1	jefe
asul	angeles2	ingeniero
sam	angeles3	enfermera
rafael	angeles4	ingeniero
marychuy	angeles6	ingeniero
laura	angeles5	ingeniero
raul	angeles7	ingeniero

Tabla 8. Base de datos de usuarios

- Un segundo archivo donde se almacene toda la información de los equipos, los campos que contiene esta tabla son:
  - Nombre del equipo
  - Número de serie
  - Marca del equipo
  - Fecha del próximo mantenimiento preventivo
  - Contacto del proveedor
  - Modelo
  - Número interno del hospital
  - Número de identificación de equipo en base a la ECRI
  - Número EM
  - Indicador para saber si el equipo esta reportado
  - Fecha del reporte

- Falla del equipo reportado
- Link para el archivo de mantenimiento del equipo
- Biomédico asignado
- Área donde esta ubicado el equipo

Equipo	Serie	Area	Mantenimiento	Proveedor	Asignado
Monitor de Signos Vitales	NS21903	TerapiaIntensiva	14/11/2013	55367890	asul
Maquina de Anestesia	QD23490	Quirofano	02/12/2014	45900922	asul
Electrocardiografo	NS3490	TerapiaIntensiva	28/11/2013	48903893	asul
Incubadora	QT356	Cuneros	28/11/2013	48903893	laura
Desfibrilador	134572	Urgencias	12/12/2013	55367829	raul
Desfibrilador	123498	Quirofano	10/01/2014	79173929	marychuy
Resonancia Magnética	LK48768	Imagen	12/09/2013	65789392	laura

Marca	Modelo	IDTabla	ID	Reportado	Problema	FechaRep	ECRI	NumeroM
Phillips	US235	11s8-POBFx3MezS5	R1T	si		03/11/13	12599	1
Plarre	QD2930J	1N11wsJ7KKT€	R2T	no			10134	2
Phillips	MU4560	1LL6LUjZKpi2lWpe65zwFatM	R3T	si	no hay cable	04/11/13	11407	4
Phillips	MU4560	1P6awVBY3rUf	R4T	si	No enciende	11/11/13	12112	3
Phillips	NS3546	1p1APIZG0w9NgjP9twm-zLfb8JLZ9Gik6l	R5T	no			18500	5
Phillips	NS1938	1E9u0KO1HwgFeKMsTKiHyZC	R6T	no			18500	5
General Electric	NP1234	1AcdWUunsCko	R7T	no			15302	4

Tabla 9. Base de datos del inventario

- Por ultimo se debe contar con un archivo por equipo donde este almacenada toda la información respecto a los mantenimientos preventivos y correctivos que se han realizado. Contiene: fecha de mantenimiento, tipo del mantenimiento y comentarios del procedimiento. Cada archivo estará relacionado con el equipo al que pertenece en la columna de "Link para el archivo de mantenimiento del equipo".

Fecha	Tipo	Comentario
10/07/2013	Preventivo	Completo
17/10/2013	Correctivo	Bien

Tabla 10. Base de datos de mantenimientos

### **Etapa 3:**

#### Funcionamiento de escáner de códigos QR

Antes de comenzar con la programación de la aplicación, era importante asegurarse de que el método que facilitaría la obtención de información (escaneo de Código) funcionaba de forma correcta. Así que se busco tanto una librería que detectara código QR como un generador de códigos. La librería utilizada fue ZBar ya que su manejo es relativamente sencillo. Para poder utilizarla primero se debe copiar la carpeta que contiene el código al proyecto donde deseas implementar el detector. Una vez instalado, se deben escribir unas líneas de código las cuales permitirán que se active la cámara cuando el usuario o el programa mismo lo necesite, la desactive una vez que se haya detectado el código QR y además que almacene la información que contiene el código en una variable que será utilizada posteriormente para obtener los datos del equipo que se desee.<sup>[28]</sup> La librería se encarga de hacer la detección y alineación del código, así como de filtrar la imagen y decodificar la información que contiene el mismo y así poder hacer uso de ella. Para generar los códigos QR se utilizo un servidor de Google llamado *Infographics*. Esta herramienta requiere únicamente de este URL "<https://chart.googleapis.com/chart?chs=150x150&cht=qr&chl=>" para crear un nuevo código. Donde chs determina el tamaño de la imagen generada, cht el tipo de imagen, en este caso un código QR y chl será el texto o cualquier tipo de información que se desee guardar en la imagen. Este URL puede ser modificado para cambiar las dimensiones y la información que almacenara en el código. En esta etapa se requirió registrar un dispositivo de Apple (en este caso un iPhone 5) como desarrollador, ya que el simulador solamente permite seleccionar una imagen almacenada en lugar de utilizar la cámara de la computadora para detectar los códigos.<sup>[29]</sup>

### **Etapa 4:**

#### Adquisición y modificación de la información vía remota

Una vez que se comprobó que el escáner funcionaba y la base de datos en Fusion Tables estaba implementada, ahora era necesario poder desplegar la información en una pantalla del dispositivo. La única forma posible para obtener la información almacenada en las FTs por un medio diferente a un navegador de internet, es a través de la API de Google específica para Fusion Tables. Esta API permite hacer peticiones tanto de obtención como de modificación de la información almacenada en una base de datos, o en este caso un archivo

de FT. Las peticiones se hacen vía URL utilizando el lenguaje de programación SQL, el cual es utilizado para comunicación con bases de datos. Para hacer un GET (obtener información de las tablas), es necesario contar con el identificador de la tabla y una llave conocida como APIkey. El identificador de la tabla o TableID, es una serie de caracteres alfa-numéricos que es específico y diferente para cada archivo creado en Fusion Tables, mientras que la APIkey es para la protección de la información dentro de la tabla, es decir que si se desean ver los datos almacenados, al final de esta URL "https://www.googleapis.com/fusiontables/v1/query?sql=SELECT \* FROM {TableID}&key={API key}" se debe agregar la llave para poder acceder a ellos. La estructura para hacer peticiones en SQL es la siguiente:

- **SELECT:** Se refiere al nombre de la columna de donde se desea obtener la información. Si se quiere tener la información de todas las columnas se utiliza un \* después de esta palabra
- **FROM:** Se refiere al lugar de donde debe obtener la información, es decir la tabla o archivo donde están los datos que se desean visualizar. Para el caso de esta app se debe colocar aquí el ID de la tabla.
- **WHERE:** Esta instrucción no es obligatoria, pero se utiliza cuando se quiere filtrar la información. Es como una comparación donde se coloca el nombre de la columna seguido de la palabra o cualquier otro tipo de caracteres que se desee que aparezca en la lista de resultados de la búsqueda. La petición quedaría de la siguiente forma: SELECT \* FROM {TableID} WHERE {Nombre Columna} ={'valor'}.
- **ORDER BY:** Como su nombre lo indica, esta instrucción es para regresar una lista de datos ordenados por orden alfabético, numérico y/o cronológico
- **AND:** Tampoco es obligatorio y solamente se utiliza cuando los filtros son de mas de una condición. La estructura es: SELECT \* FROM {TableID} WHERE {Nombre Columna} ={'valor'} AND {Nombre Columna} ={'valor'}.<sup>[30]</sup>

Existen muchas otras instrucciones de SQL pero estas son las que se utilizarán para el desarrollo de la aplicación.

Cuando se desea hacer un POST (modificar o agregar información a la tabla), se requiere un poco mas de seguridad ya que cualquiera podría ver la información, pero muy poca gente debería poder modificarla. Por esta razón se utilizo Google Toolbox, que es una librería para manejo de información de las Fusion Tables. Google Toolbox te permite crear nuevas tablas, actualizar y/o agregar información a una tabla ya existente, así como borrar filas completas

de los archivos o los archivos mismos. Como es modificación de las tablas, se necesita otro tipo de confirmación o autenticación. Para esto se debe registrar la aplicación que se esta desarrollando para obtener 2 llaves, estas se guardaran en un documento dentro de los archivos de la app, ya que estas llaves se utilizarán cada que se quiera modificar las tablas.

Los comandos de POST que se utilizaran en esta aplicación serán:

- UPDATE: Con esta instrucción se modifican los datos que se tengan guardados en una fila de la tabla. La estructura es esta: UPDATE {TableID} SET {Columna} = {valor} WHERE ROWID = {ROWID}. Si los valores a modificar son mas de uno, estos deben estar separados por comas y no necesariamente deben ir en el orden en que aparecen en la tabla. El ROWID se refiere al numero o identificador especifico de cada fila de la tabla.
- INSERT: Se utiliza cuando se desea agregar una nueva fila a la tabla seleccionada. Se coloca la siguiente instrucción: INSERT INTO {TableID} ({columna1}, {columna2}) VALUES ({valor1} , {valor2}). A diferencia del comando UPDATE, aquí se colocan primero los nombres de las columnas y en otra lista los valores que se guardaran en la fila, los valores deben coincidir con el nombre de la columna al que pertenecen.
- DELETE: Finalmente este comando se utiliza para eliminar una fila de una Fusion Table. Su estructura es: DELETE FROM {TableID} WHERE ROWID = {ROWID}. Es mas sencilla de usar ya que solo necesita de un solo dato para identificar la fila que se desea eliminar<sup>[30]</sup>.

## **Etapa 5:**

### Funcionamiento de los calendarios

Debido a que esta aplicación va a tener organizados los mantenimientos preventivos y estos deben estar siempre calendarizados, se busco como implementar un calendario para iOS. Se utilizo una librería llamada ABCalendar la cual despliega un calendario interactivo. En un inicio aparece la fecha actual, es decir el día que aparece seleccionado por default es el día en que se abra la aplicación. Para el manejo de esta herramienta primero se implemento la selección de los días, es decir que la información que proporciona el calendario cambie de acuerdo al día seleccionado en la pantalla.<sup>[31]</sup>

## **Etapa 6:**

### Diseño de las pantallas y programación

Una vez que todos los elementos que conformarán la aplicación funcionan, llega el momento de unirlo todo para crear MEMSy. La programación se realizó en XCode, una herramienta de Apple para el desarrollo de aplicaciones. En XCode es posible crear de una forma fácil la interfaz del usuario, además de la conexión y el flujo entre las pantallas, ya que cuenta con una GUI (Graphic User Interface) la cual te permite colocar elementos en las pantallas, conectarlos entre sí y hasta atribuirle acciones a algunos elementos.

El lenguaje de programación que se utiliza en XCode es Objective C, este es un lenguaje orientado a objetos con el cual se desarrollan aplicaciones tanto para dispositivos móviles como para computadoras Apple. Para el manejo de información, fue necesario crear 2 objetos, uno denominado Usuario y otro Equipo. Ambos objetos se crearon para poder tener variables globales en toda la aplicación ya que se necesita saber el nombre y el tipo de usuario que ingresó al sistema y además los datos que permitirán obtener la información del equipo en las pantallas que lo requieran. Para cada pantalla que formará parte de la aplicación, se debe crear una clase, ya que en estas se manejan los elementos que conforman cada pantalla. Para una mejor comprensión de la secuencia de pantallas se tomarán como referencia los números de los diagramas de flujo de la etapa 1.

La primera pantalla es la de inicio de sesión, el número 1 en el diagrama. Esta pantalla es muy sencilla ya que solo cuenta con dos cuadros de texto, uno para el usuario y otro para la contraseña, y un botón de inicio. Una vez que se introdujo el usuario y la contraseña, se hace una petición a las Fusion Tables, esta regresa una lista de los usuarios, contraseñas y tipos de usuario y las almacena en tres arreglos diferentes. Se compara primero el usuario con el arreglo de nombres, y una vez que se encuentra la coincidencia se verifica que en la misma casilla donde se encontró el usuario se encuentre la contraseña que coincida con la entrada del cuadro de texto. Ya que se verificó que estos datos son correctos, se confirma que tipo de usuario es, ya que la siguiente pantalla es el menú principal, y su contenido dependerá del tipo de usuario que ingrese a la aplicación. Si es enfermera solo se mostrará el botón de reportar, si es ingeniero se mostrarán 4 botones: SCAN, Búsqueda, Reportes y Calendario, y finalmente el jefe podrá ver todos los botones: SCAN, Búsqueda, Reportes, Calendario, Alta y Baja.

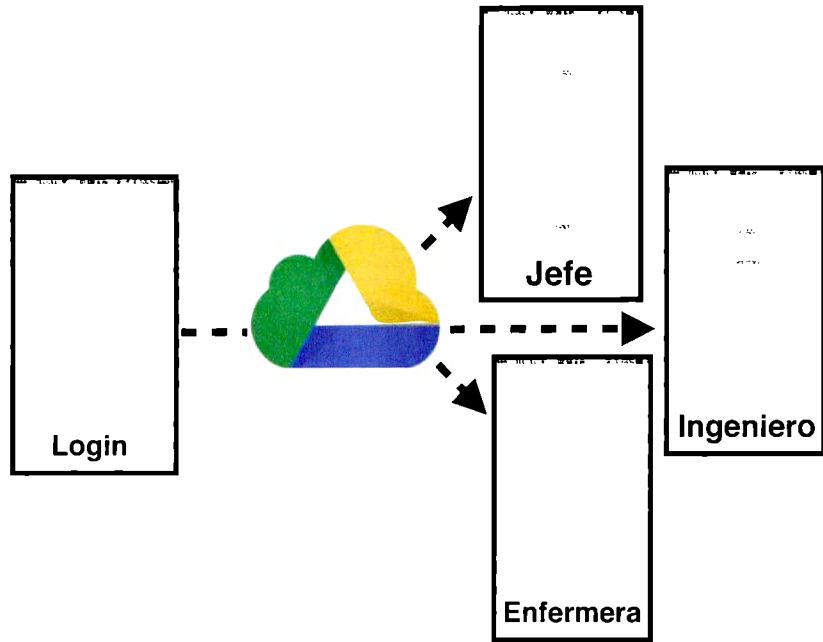


Fig. 21 Login y selección de usuario

Pasando al siguiente bloque, el 2, recordamos que el personal de enfermería tiene una acción diferente a los otros dos usuarios. Cuando una enfermera da click en el botón reportar, la aplicación va activar la cámara para que se escanee el código del equipo. Una vez que es detectado, la información que almacena se guarda en una variable. Esta variable va a utilizarse como un filtro para la petición SQL donde se va a pedir la información referente al equipo que se desea reportar. Cuando se desactiva la cámara, se muestra la pantalla de Reportar, esta solamente mostrará el nombre del equipo y un cuadro de texto para poder escribir los comentarios que se observan con respecto a la falla. Finalmente tiene un botón de enviar, este va a hacer un POST en la base de datos en la fila donde está el equipo seleccionado. Modificará la columna de "Reportado" para cambiar su estatus y que aparezca en la lista de equipos reportados, colocará la fecha en que fue reportado y colocará los comentarios que se hicieron al respecto.

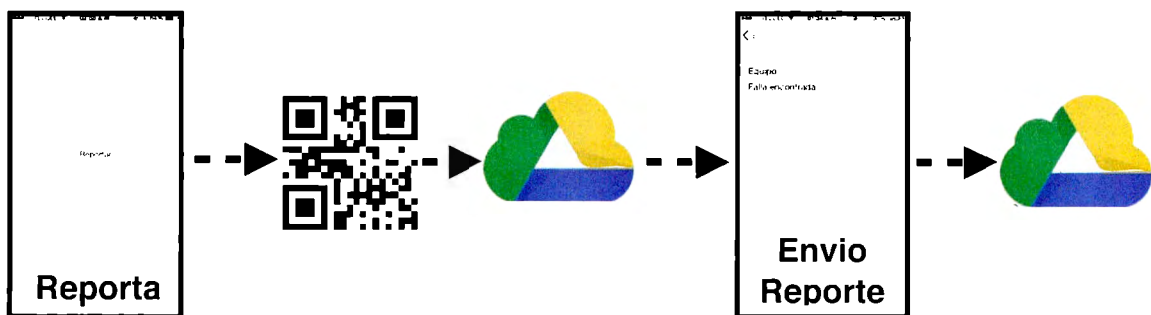


Fig. 22 Secuencia de reportar equipo



El bloque 2 para jefe e ingeniero sucede cuando el usuario da clic en el botón "SCAN". Inmediatamente se lanza la cámara para poder detectar el código. Una vez detectado, también se guarda la información almacenada en una variable que servirá para hacer el filtro del GET. La información que tiene almacenada el código QR es el numero de identificación interno del hospital, esto hace que sea único y por lo tanto que solamente regrese la información de un solo equipo. En este mismo bloque pero solo para los ingenieros de servicio, se verifica que el equipo haya sido asignado a ese usuario dentro de la petición SQL y como se muestra en el diagrama, si no fue asignado lanzar un aviso de error.

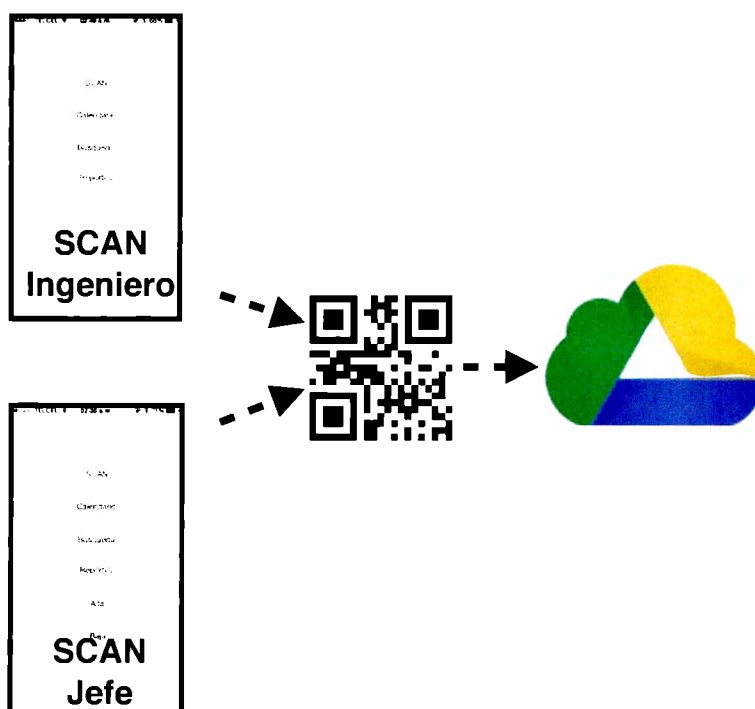


Fig. 23 Secuencia de SCAN

Cuando el ingeniero de servicio o el jefe de Biomédica presionan el botón de Calendario (bloque 3) se despliega una pantalla dividida en 2 horizontalmente. En la parte de arriba se muestra el calendario con el mes y la fecha actual, en la parte de abajo esta una lista donde aparecerán los equipos programados para la fecha seleccionada en el calendario. Para lograr esto, se hace un GET filtrando la información con el día que marca el calendario. Una vez que aparezca la lista de equipos, el usuario puede seleccionar el equipo que desee para poder ver su información.

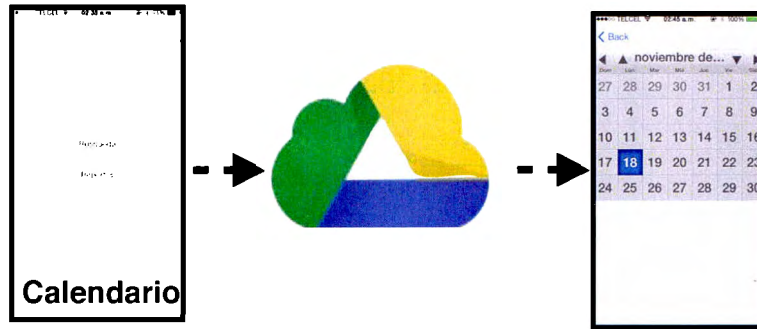


Fig. 24 Calendario de preventivos

Pasando al bloque 4, el usuario podrá llegar aquí al seleccionar el botón de Búsqueda. Las pantallas para el jefe y para el ingeniero son ligeramente diferentes. El jefe cuenta con dos botones en la parte inferior de la pantalla que le permitirán seleccionar si quiere ver una lista de las áreas del hospital y otra lista donde se desplegaran los nombres de todos los ingenieros de servicio que tenga a su cargo. Esto se logra gracias a un GET que obtiene ambas listas de la base de datos, pero como tanto las áreas como los usuarios se repiten dentro de esta tabla, se debe hacer un filtrado dentro del programa para evitar elementos duplicados. En cuanto al ingeniero de servicio, también se despliega una lista en la pantalla mostrando únicamente las áreas que contienen equipos a su cargo. El usuario puede seleccionar el área o el ingeniero del que se deseen ver los equipos, una vez seleccionado, se mostrará otra lista con todos los equipos pertinentes y de esta nueva lista elegir el equipo que se esté buscando.

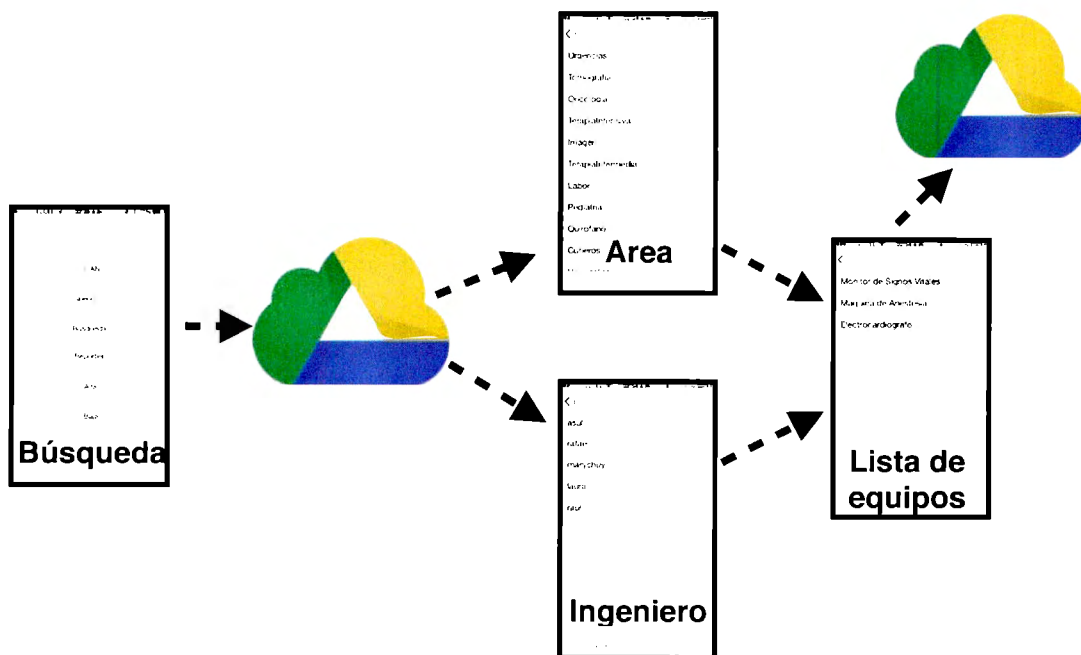


Fig. 25 Secuencia búsqueda

Como se explico en la sección de los diagramas de flujo, el bloque 5 es el punto donde se unen los bloques 2, 3 y 4 tanto del ingeniero como del jefe de biomédica. Este bloque implementado en pantallas, pueden parecer muy similares al principio pero ambos usuarios pueden realizar acciones diferentes. Para llegar aquí se debió seleccionar un equipo ya sea por medio del escaneo de código o por selección de una lista. De cualquier manera, una vez obtenida esta información, se desplegara una pantalla en el dispositivo móvil, que contiene campos para colocar:

- Nombre del equipo
- Número de serie
- Marca del equipo
- Fecha del próximo mantenimiento preventivo
- Contacto del proveedor
- Modelo
- Número de identificación de equipo en base a la ECRI
- Biomédico asignado
- Área donde esta ubicado el equipo

Estos campos se llenarán con la información obtenida del GET previo. Ambas pantallas cuentan con un botón llamado Historial, cuando se selecciona, se despliega una lista de todos los mantenimientos que ha recibido el equipo desde la fecha en que fue agregado a la base de datos. La lista de los historiales también se hace por una petición con SQL la cual obtiene el identificador de la tabla donde están almacenados los mantenimientos de ese equipo y después con este TableID hace otro GET para adquirir todos los mantenimientos, que tipo son y las observaciones. Cuando se selecciona una fecha de la lista de mantenimientos se muestra otra pantalla donde aparece el tipo de mantenimiento realizado y los comentarios de este.

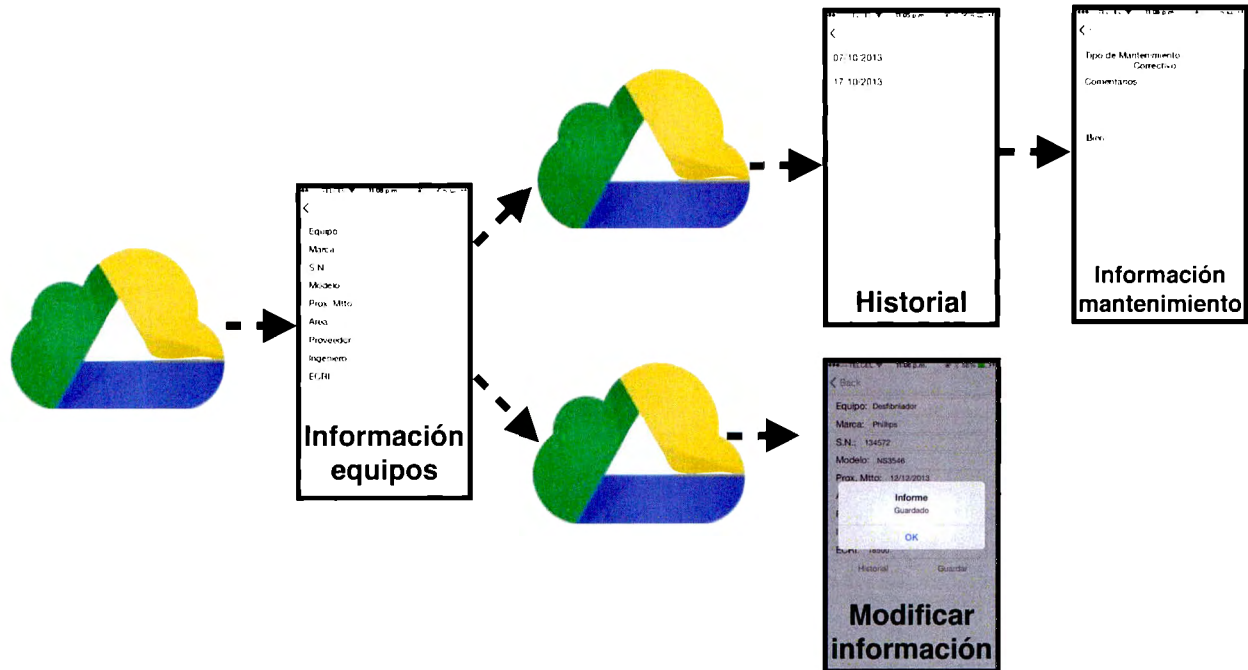


Fig. 26 Secuencia del bloque 5 del jefe de Biomédica

Hasta aquí ambos usuarios parecen iguales, pero la diferencia es que en la pantalla del jefe de ingeniería Biomédica, ésta información puede ser modificada si hubo algún error en la captura o simplemente si se desea modificar la fecha de mantenimiento o el ingeniero asignado y al hacer click en el botón guardar, la información es enviada a la base de datos por un POST modificando la base de datos. Por otro lado, el ingeniero no puede hacer modificaciones, pero si realiza una acción diferente al jefe, ya que cuenta con un botón de mantenimiento, al presionarlo se despliega una pantalla donde el usuario seleccionara si es un mantenimiento preventivo o correctivo, y un cuadro de texto para los comentarios pertinentes. Una vez terminado este procedimiento, al dar click en enviar se hace un POST a la tabla de mantenimientos del equipo, pero además si es mantenimiento correctivo, se modifica la tabla para cambiar el estatus del equipo a no reportado, y si es preventivo, automáticamente se modifica la fecha del próximo mantenimiento de acuerdo a las prioridades y al numero EM del equipo.

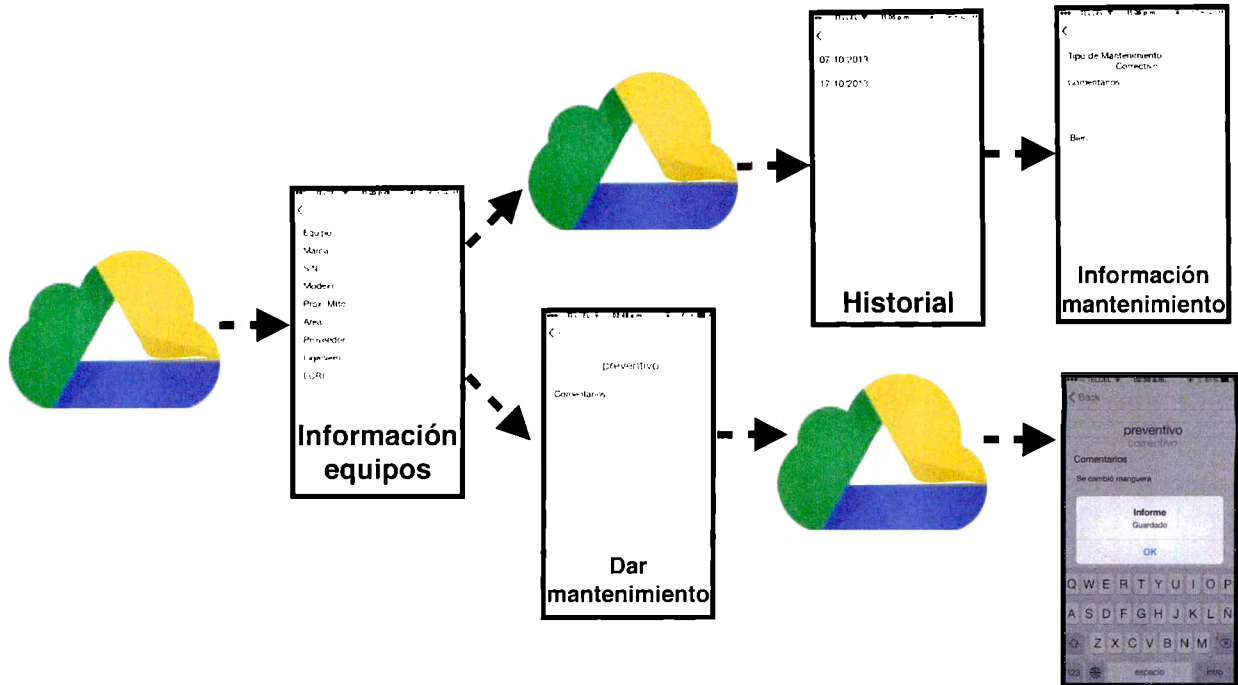


Fig. 27 Secuencia del bloque 5 del ingeniero

En el bloque 6, se refiere al botón de Reportes, cuando este es seleccionado se despliega un calendario idéntico al presentado en el bloque 3, sin embargo este en lugar de desplegar los mantenimientos programados, despliega los equipos que fueron reportados en algún área del Hospital. Al seleccionar uno de los equipos de la lista, se despliega una pantalla donde aparece el nombre del equipo reportado, el área que lo reporta y los detalles de la falla. Al igual que los demás bloques, toda la información desplegada se obtuvo por medio de un GET a la base de datos.

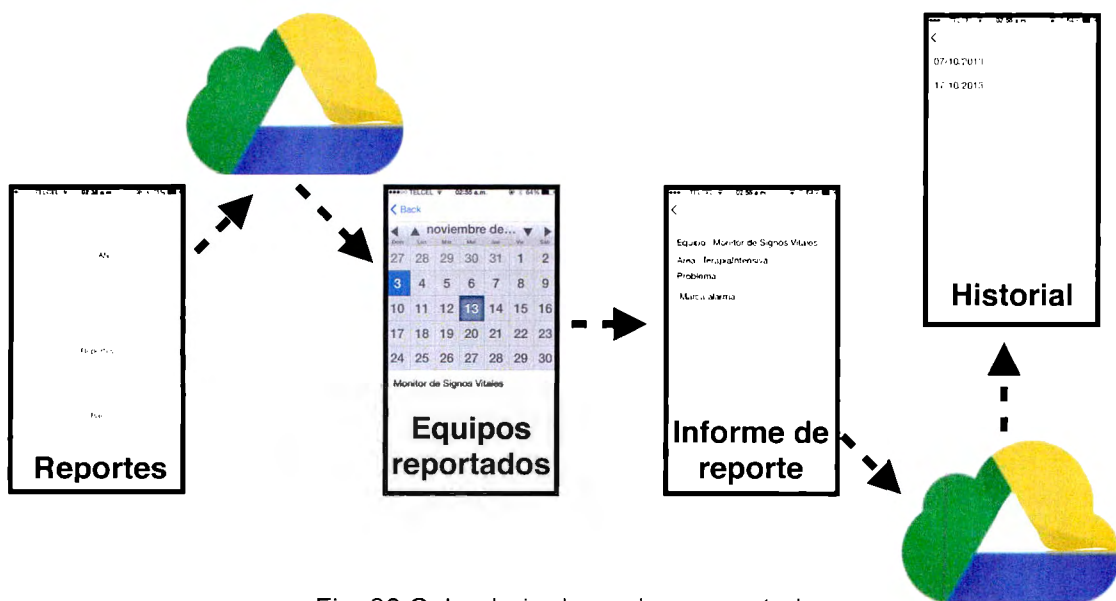


Fig. 28 Calendario de equipos reportados

Finalmente los bloques 7 y 8 del jefe de ingeniería Biomédica Son para dar de alta o baja algún equipo. Cuando se selecciona el botón Alta se despliega una pantalla con los siguientes campos vacíos:

- Nombre del equipo
- Número de serie
- Marca del equipo
- Fecha del próximo mantenimiento preventivo
- Contacto del proveedor
- Modelo
- Número interno del hospital
- Número de identificación de equipo en base a la ECRI
- Número EM
- Biomédico asignado
- Área donde esta ubicado el equipo

El jefe del área de Biomédica debe llenar estos datos, ya que están completos los datos, se presiona el botón de guardar, inmediatamente aparece una imagen del código QR del equipo y se envía por medio de un INSERT INTO la información a la base de datos y se crea una nueva fila.

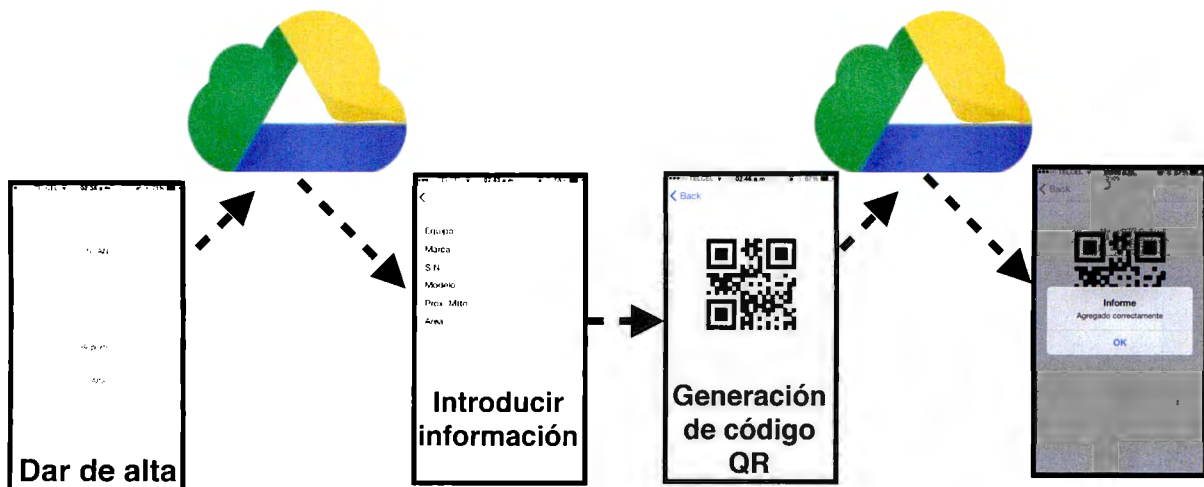


Fig. 29 Secuencia para dar de alta

Para el bloque 8, cuando se selecciona el botón Baja, se activa la cámara para poder escanear el código del equipo que se desea eliminar. Ya que se detecto y se obtuvo la información almacenada en la imagen, se despliega la información del equipo como en la pantalla del bloque 5 para asegurarse que es el equipo correcto. Cuando se esta seguro, se presiona el botón Dar de Baja y esto elimina la fila correspondiente en la base de datos por medio de un DELETE FROM.



Fig. 30 Secuencia para dar de baja

CAPITULO V:  
Resultados



## Resultados

A continuación se presentan una serie de imágenes donde se muestra el funcionamiento de la aplicación MEMSy. Estas son impresiones de pantalla donde previamente se seleccionó un equipo de la base de datos, ya sea por lectura de código QR o seleccionándolo manualmente desde la app.

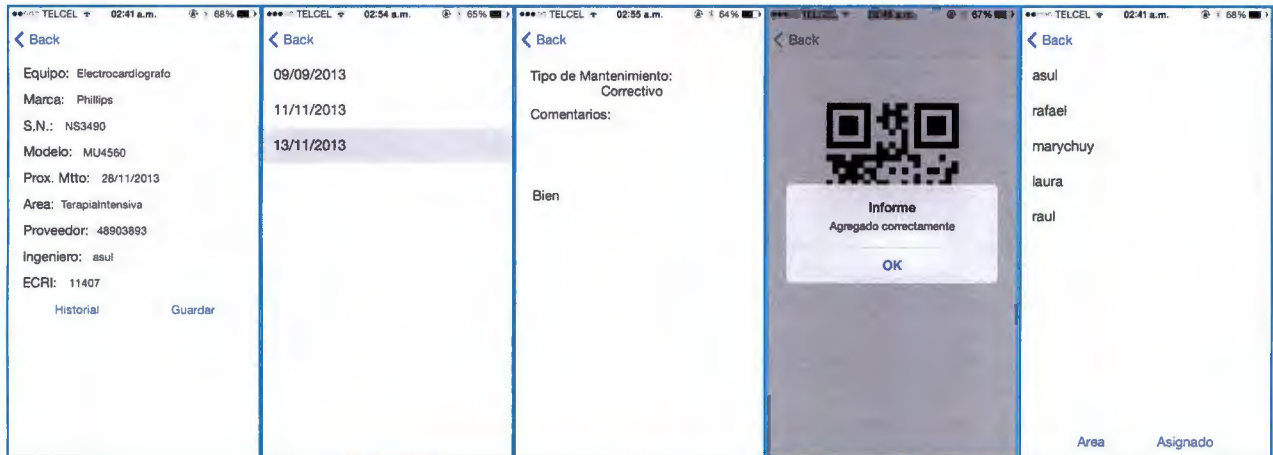


Fig. 31 Pantallas tomadas directamente del dispositivo móvil

Podemos observar los beneficios de esta herramienta de ayuda para el mantenimiento de equipos analizando los diagramas de los pasos generales para realizar el mantenimiento a los dispositivos médicos

### Mantenimiento Preventivo

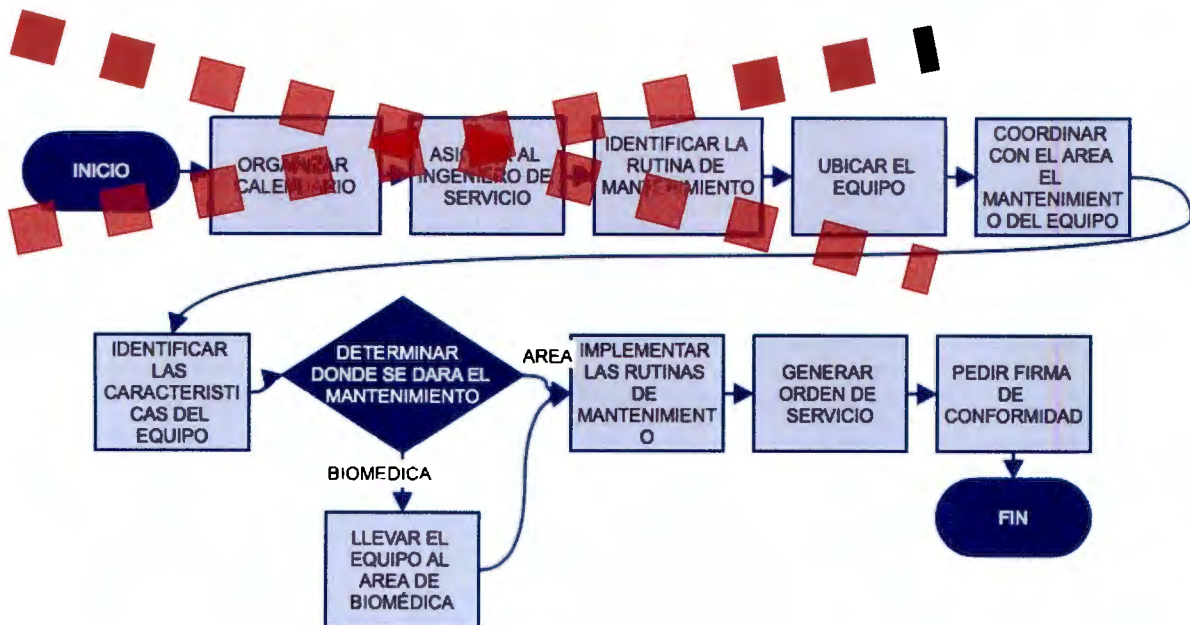


Fig. 32 Diagrama de mantenimiento preventivo

El paso donde más se notarán los beneficios es en la calendarización de los mantenimientos, ya que MEMSy realiza automáticamente este proceso basándose en las prioridades y números EM de los equipos. En algunos hospitales la organización del calendario se realiza semanalmente, el personal de biomédica invierte una gran cantidad de tiempo en realizarlo y además no es 100% efectivo, ya que algunas veces confunden u olvidan algún equipo.

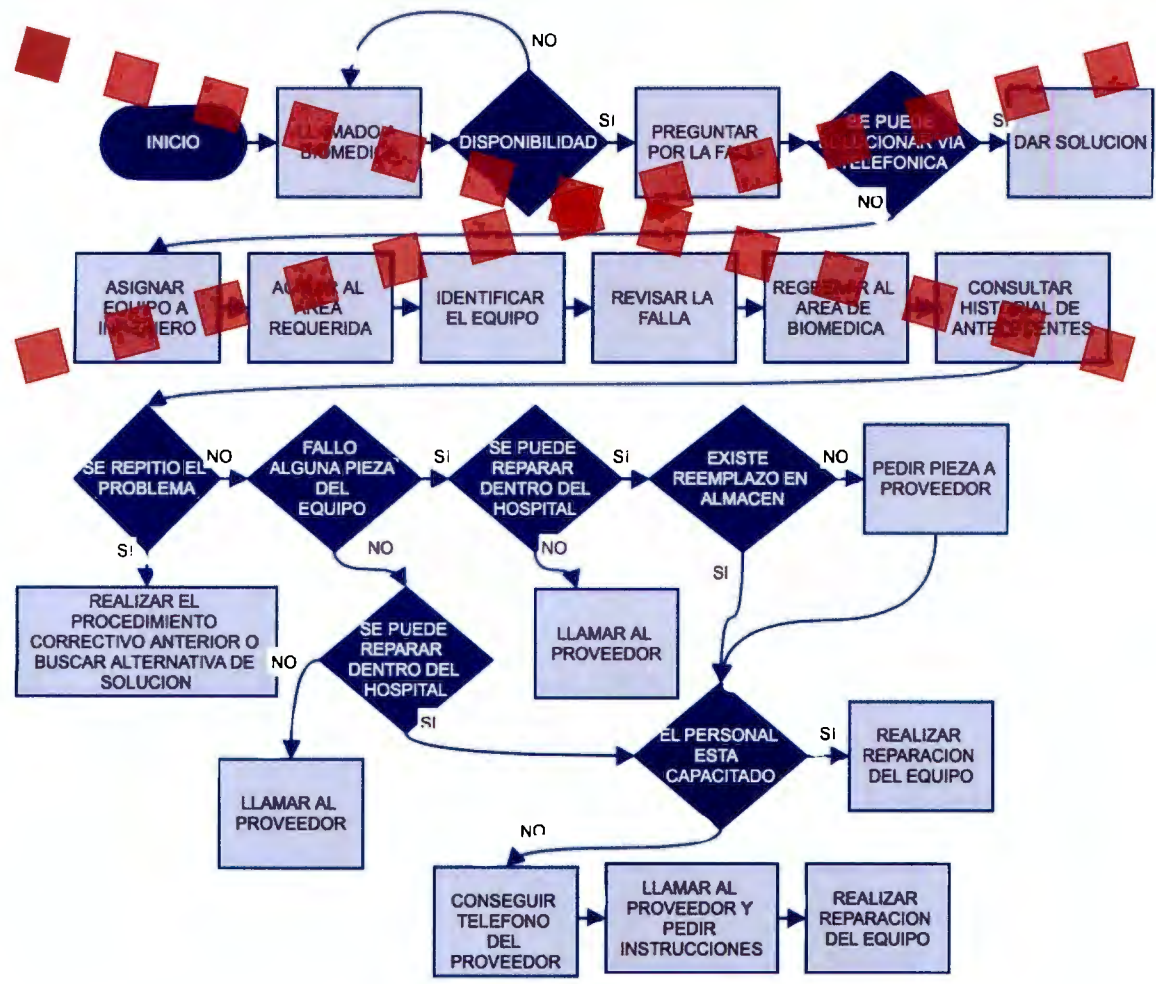


Fig. 33 Diagrama de mantenimiento correctivo

Mantenimiento Correctivo

Pasando al correctivo, el personal que reporta una falla ya no necesita esperar a que haya personal en el área de IB ya que automáticamente aparece en la aplicación. Además la búsqueda del historial de mantenimientos se facilita ya que toda la información de las reparaciones esta en el dispositivo móvil.

## **Trabajo a futuro**

Para complementar la sección de mantenimientos correctivos, se piensa implementar un módulo de inventario y gestión de repuestos para consultar con que piezas se cuentan en el almacén sin tener que revisar otros archivos o el almacén mismo. También una migración a diferentes sistemas operativos (Android), para que el programa se pueda utilizar por una mayor cantidad de personas.

Para mejorar la seguridad y privacidad de la información, se piensa implementar una base de datos en un servidor propio en lugar de continuar con el uso de las Fusion Tables de Google. Finalmente se tiene considerado el uso de notificaciones automáticas por parte del teléfono para las diferentes funciones que realice cada usuario.

## Referencias

1. Organización Mundial de la Salud (2012) "Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos". [http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789243501536\\_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789243501536_spa.pdf) [Recuperado del World Wide Web el 23 de septiembre de 2013].
2. Enderle, J (2012) "Medical Equipment Maintenance: Management and Oversight", Morgan & Claypool Publishers. Estados Unidos.
3. Secretaría de Salud (2007) "Programa de acción específico 2007-2012: Gestión de Equipo Médico". <http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/PAES/PEDM.pdf> [Recuperado del World Wide Web el 21 de noviembre de 2013].
4. El País (2005) "Las 'dolencias' de los hospitales". <http://historico.elpais.com.co/paisonline/notas/Abril012007/dolencias.html> [Recuperado del World Wide Web el 16 de septiembre de 2013].
5. CENETEC (2008) "Gestión de Equipo Médico: Curso-taller región sur de Ingeniería clínica". [http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/Curso\\_I\\_Clinica08/PDF/Med\\_tec.pdf](http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/Curso_I_Clinica08/PDF/Med_tec.pdf) [Recuperado del World Wide Web el 22 de noviembre de 2013].
6. Vilcahuamán, L., Rivas, R. (2006) "Ingeniería Clínica y Gestión de Tecnología en Salud: Avances y Propuestas". [http://its.uvm.edu/PUCP\\_CENGETS/LIBRO-CENGETS-NOV2006.pdf](http://its.uvm.edu/PUCP_CENGETS/LIBRO-CENGETS-NOV2006.pdf) [Recuperado del World Wide Web el 22 de noviembre de 2013].
7. Proyecto Salud (2013) "Fiebre de aplicaciones en medicina (apps)". <http://www.proyecto-salud.com.ar/shop/detallenot.asp?notid=9929> [Recuperado del World Wide Web el 13 de septiembre de 2013].
8. La Primera (2012) "Tendencias tecnológicas de la salud 2012". [http://www.diariolaprimeraperu.com/online/ciencia-y-salud/tendencias-tecnologicas-de-la-salud-2012\\_101587.html](http://www.diariolaprimeraperu.com/online/ciencia-y-salud/tendencias-tecnologicas-de-la-salud-2012_101587.html) [Recuperado del World Wide Web el 13 de septiembre de 2013].
9. Sexenio Puebla (2013) "Presenta IBM tendencias Tecnológicas para el Cuidado de la Salud". <http://www.sexenio.com.mx/puebla/articulo.php?id=17270> [Recuperado del World Wide Web el 14 de septiembre de 2013].
10. Técnica Aplicada Internacional (2013). "MP software". <http://www.mpsoftware.com.mx/es/mp.html> [Recuperado del World Wide Web el 10 de septiembre de 2013]
11. EMaint (2013) "Líder Mundial en CMMS Online". <http://www.emaint.com.mx/overview1/> [Recuperado del World Wide Web el 10 de noviembre de 2013]

12. Organización Mundial de la Salud (2012) "Sistema computarizado de gestión del mantenimiento". [http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789243501413\\_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789243501413_spa.pdf) [Recuperado del World Wide Web el 23 de septiembre de 2013].
13. Paganini, P. (2013) *GAO Invites FDA to Improve Information Security for Medical Devices*. <http://securityaffairs.co/wordpress/9200/hacking/gao-invites-foa-to-improve-information-security-for-medical-devices.html> [Recuperado del World Wide Web el 14 de septiembre de 2013].
14. Córdoba, J., Velázquez, A., et. al (2007) *Serie Tecnologías en Salud: Volumen 3, Telemedicina*. <http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/TecnologiasSaludV3.pdf> [Recuperado del World Wide Web el 10 de septiembre de 2013].
15. FDA (2013) "FDA Safety Communication: Cybersecurity for Medical Devices and Hospital Networks". <http://www.fda.gov/medicaldevices/safety/alertsandnotices/ucm356423.htm> [Recuperado del World Wide Web el 14 de septiembre de 2013].
16. Molina, J. (2010) "Mantenimiento y seguridad industrial". [http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CFsQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.ugr.unsl.edu.ar%2Fdocumentos%2FMantenimiento%2520Industrial.doc&ei=29GSUqnHKKyu2gWa1YHgBg&usg=AFQjCNGorMo8ViOYnrSP E3RicIWM8XrNLQ&sig2=\\_CIR1MpLpKYY7TuxN85MnQ](http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CFsQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.ugr.unsl.edu.ar%2Fdocumentos%2FMantenimiento%2520Industrial.doc&ei=29GSUqnHKKyu2gWa1YHgBg&usg=AFQjCNGorMo8ViOYnrSP E3RicIWM8XrNLQ&sig2=_CIR1MpLpKYY7TuxN85MnQ) [Recuperado del World Wide Web el 10 de octubre de 2013].
17. Barrios, A., Ortiz, M. (2013) "Procedimiento para la gestión de mantenimiento utilizando herramientas de la cuarta generación". [www.eumed.net/ce/2013/gestion-mantenimiento-sistemico.html](http://www.eumed.net/ce/2013/gestion-mantenimiento-sistemico.html) [Recuperado del World Wide Web el 10 de octubre de 2013].
18. Alarcón, J. (2004) "Implementación de un sistema de mantenimiento preventivo, auxiliado por un software, para una línea de pintura electroforética". [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo3.pdf) [Recuperado del World Wide Web el 10 de octubre de 2013].
19. Muñoz, M. (2003) "Mantenimiento Industrial". <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf> [Recuperado del World Wide Web el 10 de octubre de 2013].
20. García, A. (2011) "Conceptos básicos sobre mantenimiento industrial". [http://www.itsteziutlan.edu.mx/site2010/index.php?option=com\\_content&view=article&id=685:conceptos-basicos-sobre-mantenimiento-](http://www.itsteziutlan.edu.mx/site2010/index.php?option=com_content&view=article&id=685:conceptos-basicos-sobre-mantenimiento-)

- industrial&catid=27:artlos&Itemid=288 [Recuperado del World Wide Web el 10 de octubre de 2013].
21. ECRI (2013) "ECRI Institute". <https://www.ecri.org/Pages/default.aspx> [Recuperado del World Wide Web el 20 de octubre de 2013].
  22. Rodríguez, E., Miguel, A., Sánchez, M. (2001) "Gestión de Mantenimiento para equipos médicos". <http://www.hab2001.sld.cu/arrepdf/00187.pdf> [Recuperado del World Wide Web el 12 de octubre de 2013].
  23. Muñoz, K. (2008) "Manual de protocolos de mantenimiento de equipos biomédicos para el hospital Susana López de Valencia E.S.E.". <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/3111/1/T0003307.pdf> [Recuperado del World Wide Web el 12 de octubre de 2013].
  24. Aspel (2004). "Productos". <http://www.aspel.com.mx/mx/index.exe?idsa=> [Recuperado del World Wide Web el 8 de septiembre del 2013].
  25. SAP (2013). "Líneas de negocio". <http://www.sap.com/latinamerica/index.epx> [Recuperado del World Wide Web el 10 de septiembre del 2013].
  26. Furth, B. (2011) "Handbook of Augmented Reality". Springer. Estados Unidos.
  27. Denso Wave (2011) "QR Code ESsentials" <http://www.nacs.org/LinkClick.aspx?fileticket=D1FpVAvvJuo%3D&tabid=1426&mid=4802> [Recuperado del World Wide Web el 10 de noviembre del 2013].
  28. Brown, J. et al. (2010) "ZBar iPhone SDK". <http://zbar.sourceforge.net/iphone/sdkdoc/camera.html> [Recuperado del World Wide Web el 15 de octubre del 2013].
  29. Google (2012) "Google Chart Tools: Infographics". [https://developers.google.com/chart/infographics/docs/qr\\_codes](https://developers.google.com/chart/infographics/docs/qr_codes) [Recuperado del World Wide Web el 20 de octubre del 2013].
  30. Silberschatz, A., Korth, H., Sudarshan, S. (2010) "Database System Concepts". McGraw-Hill. Estados Unidos.
  31. Bukov, A. (2013) "ABCalendarPicker Reference". <http://cocoadoes.org/docsets/ABCalendarPicker/1.1.2> [Recuperado del World Wide Web el 2 de noviembre del 2013].