

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Carrera de Ingeniería de Sistemas



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE
EQUIPOS NEONATALES PARA UN
ESTABLECIMIENTO DE ESSALUD REGIÓN
LIMA USANDO RECONOCIMIENTO
ÓPTICO DE CARACTERES Y MODELO
WEIBULL**

Trabajo de tesis para optar el grado académico de Título de Ingeniero de Sistemas

Jhonatan Junnior Anaya Medina

Código 20122496

Diego Daniel Martinez Calderon

Código 20121932

Asesor

José Antonio Taquía Gutiérrez

Lima – Perú
Diciembre de 2020

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS NEONATALES PARA UN ESTABLECIMIENTO DE ESSALUD REGIÓN LIMA USANDO RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE CARACTERES Y MODELO WEIBULL

Jhonatan Junior Anaya Medina
20122496@aloe.ulima.edu.pe
Universidad de Lima

Diego Daniel Martínez Calderón
20121932@aloe.ulima.edu.pe
Universidad de Lima

Resumen: El presente trabajo de investigación propone una alternativa de solución al problema del establecimiento de Essalud región Lima debido a la falta de mecanismos de monitoreo y control de mantenimientos para los equipos neonatales de asistencia respiratoria, lo cual impacta de manera directa en la salud de los recién nacidos en este hospital y que requieren recibir asistencia de estos equipos. Para la solución propuesta se usa un algoritmo OCR basado en Mobile Visión, el cual permite identificar en campo el código numérico del equipo mediante una aplicación Android en el teléfono móvil y luego se usa el modelo Weibull, para determinar la probabilidad de falla del equipo en ese instante. El sistema utiliza el tiempo medio entre fallas obtenida de la información histórica de cada equipo para calcular la probabilidad de falla actual y el punto máximo de funcionamiento, los cuales serán recalculados cada vez que el equipo sea escaneado. Al utilizar el sistema de reconocimiento óptico de caracteres se obtuvo una exactitud de detección de 88%. Finalmente se muestran las conclusiones de la investigación y algunas sugerencias de mejora para trabajos futuros.

Palabras Clave: Vision Artificial, Reconocimiento Óptico de Caracteres, Distribución Weibull, Neonatología y Gestión de Información de Mantenimiento.

Abstract: This research work proposes an alternative solution to the problem of the stableness of Essalud Lima region due to the lack of monitoring and maintenance control mechanisms for neonatal respiratory care equipment, which directly impacts the health of newborns in this hospital and that require assistance from this equipment. The proposed solution uses a Mobile Vision-based OCR algorithm, which allows you to identify the computer's numeric code in the field using an Android app on the mobile phone and then use the Weibull model, to determine the probability of computer failure at that time. The system uses the average time between failures obtained from the historical information of each computer to calculate the current probability of failure and the maximum operating point, which will be recalculated each time the equipment is scanned. Using the optical character recognition system resulted in a detection accuracy of 88%. Finally, the findings of the research and some suggestions for improvement for future work are shown.

Keywords: Artificial Vision, Optical Character Recognition, Weibull Distribution, Neonatology and Maintenance Information Management.

1. INTRODUCCIÓN

Se determinó que un considerable porcentaje de equipos médicos y electromecánicos se encuentra inoperativo o presenta fallas que colocan en riesgo la atención a los pacientes. Una de las primeras situaciones adversas recae en los nosocomios Almanzor Aguinaga Asenjo y Luis Heysen Inchástegui de Lambayeque, donde el Órgano de Control Institucional advirtió la presencia de 14 equipos biomédicos de “soporte vida” inoperativos y seis con funcionamiento parcial por falta de repuestos. A pesar que, más de 44 millones de soles invirtió el estado peruano en la entidad del Seguro Social de Salud para comprar equipos de alta tecnología como las maquinas neonatales en los diferentes hospitales a nivel nacional (Grupo La República, 2019).

Además, si se tiene información en forma de documento impreso o se requiere capturar algún tipo de código y se requiere procesar mediante un computador o de una plataforma móvil se tiene 2 opciones: la primera es ingresar el objeto de estudio de manera manual en la plataforma elegida que puede ocasionar error de tipeo o horas largas de trabajo. Por otro lado, la segunda opción consiste en automatizar la lectura mediante un algoritmo de OCR a través de un software como una aplicación móvil que reduce el tiempo de entrada de los datos. El algoritmo de reconocimiento de caracteres, OCR (*Optical Character Recognition*) contiene un conjunto de técnicas basadas en las formas de los caracteres que pueden ser numéricos o alfabéticos, transformaciones según patrones y en comparaciones de los caracteres con la finalidad de asignarle un valor único. En realidad, no se reconocen exactamente los caracteres de un determinado alfabeto, sino que es posible distinguir entre cualquier conjunto de formas o símbolos (Sanchez & Sandonís, 2008).

Para la gestión de mantenimiento se podrá automatizar la identificación de los códigos de los equipos neonatales basado en valores numéricos que es soportado por el algoritmo para poder extraer información del objeto de estudio a través de una aplicación móvil. Por otro lado, el establecimiento de salud posee códigos registrados a mano e

impresos; por ende, el OCR cubre ambos aspectos del análisis, ya que a través de la técnica de formas se podrá reconocer cualquiera de estos valores numéricos.

Debido a los diseños complejos, nuevos métodos que han ido apareciendo con el pasar del tiempo ha dado como resultado el cambio en los mantenimientos, esto se refleja con la implementación de un conjunto de estrategias, políticas y actitudes sistemáticas para asegurar que un sistema o componente funcione cuando es requerido. El mantenimiento compromete la seguridad, calidad y rentabilidad, brinda confiabilidad en el equipo o sistema que se pondrá en operación, para ello, se requiere de un sistema de confiabilidad operacional, esto incluye confiabilidad humana, de los procesos, mantenibilidad y de los equipos; sobre estos puntos se tiene que tomar medidas y acción para asegurar un mejoramiento continuo, y con el tiempo poder medir la confiabilidad basado en distribución de fallos y tiempos de reparación (Diaz et al., 2015).

La confiabilidad de los equipos debe tener un seguimiento y control permanente para asegurar la operatividad continua, brindando un buen desempeño en su ejecución diaria; es decir, los equipos neonatales deben optar por la distribución Weibull para determinar el ciclo de vida del equipo a través de la probabilidad de confiabilidad y fallos agregando el punto máximo de funcionamiento del equipo revisado.

Finalmente, en la presente investigación se describe el sistema OCR y el modelo Weibull explicando los algoritmos utilizados basado en la recopilación del levantamiento de requerimiento funcionales y no funcionales del establecimiento de salud. Así mismo, se realizará la unificación de ambos modelos en una plataforma móvil basada en Android utilizando Mobile Vision para el OCR y la probabilidad de fallos en el modelo Weibull detallando los resultados encontrados. Así mismo, se presenta las conclusiones de la presente investigación y los trabajos futuros para repotenciar la plataforma en beneficio del sector salud.

2. ESTADO DEL ARTE

Para lograr un correcto reconocimiento de caracteres se necesita aplicar un algoritmo de procesamiento alineado a cada necesidad teniendo como principales KNN (K vecinos más próximos), árboles de decisión y redes neuronales.

Según (Sanchez & Sandonís, 2008), en su trabajo “Reconocimiento Óptico de Caracteres” contrasta el funcionamiento y las principales características de los algoritmos de procesamiento indicados en el punto anterior. La técnica de K vecinos más próximos consiste en asignar una clase a un objeto que hace referencia a un conjunto de características de una muestra; es decir, un nuevo objeto busca en la muestra el “k” más parecido y se le asigna la clase más recurrente. Para lograr la clasificación se requiere una fase de entrenamiento que implica tener una base de datos de imágenes de los caracteres y procesar las imágenes con la finalidad de segmentar y eliminar el ruido para obtener los vectores de baja dimensionalidad que se almacenan como conjunto de prototipos. A mayor sea la cantidad de prototipos que tiene el conjunto, mayor exactitud se consigue, sin embargo, esto tiene un impacto en el costo de procesamiento.

A diferencia de la técnica de K vecinos más próximos que tiene un déficit en el costo de procesamiento por el volumen de prototipos, los árboles de decisión utilizan nodos que contienen los atributos o patrones que se requiere para evaluar un caracter a través de un proceso condicional IF-THEN-ELSE que se define en la construcción del árbol. Para conseguir un ajuste óptimo en el árbol, la orden de evaluación de parámetros es fundamental para obtener una ganancia de información para reducir la entropía del sistema. Así mismo, se puede aplicar el algoritmo pruning que consiste en “podar” los nodos descartados para reducir la complejidad del árbol.

Las redes neuronales se componen de unidades básicas llamadas neuronas que tienen una entrada que es multiplicada por un peso que representa la salida de una neurona, luego la siguiente salida depende de la suma de las salidas de la etapa previa más una función de ajuste. La versatilidad del algoritmo también permite clasificar la naturaleza de sus datos con el objetivo de buscar relaciones repotenciando el aprendizaje de las redes.

Para la presente investigación se utilizará un modelo de OCR que posee una variedad de técnicas de clasificación para el reconocimiento de los códigos numéricos de los equipos neonatales basado en una aplicación Android. Por otro lado, usaremos la metodología ágil basada en Scrum para el desarrollo de la aplicación a través de sprint donde los entregables iniciales brinden valor al negocio con un enfoque incremental para ir armando un entregable sólido alineado a las necesidades del usuario.

En la actualidad, si se quiere digitalizar documentos o extraer la información de imágenes para ser almacenados en un computador, digitar cada texto ocasiona un trabajo tedioso, alta posibilidad de error de tipeo, entre otros.

Según (Jiménez, 2018), en su trabajo “Diseño e Implementación de una aplicación Android para Reconocimiento Óptico de Caracteres” implementa un sistema capaz de detectar e interpretar la información textual incluida en las imágenes capturadas desde un dispositivo móvil con sistema operativo Android. Debido a que la plataforma Android

cuenta con una cuota de mercado superior al 80% a nivel global; para garantizar la compatibilidad del sistema implementado con la mayoría de dispositivos móviles, éste es compatible con cualquier versión del sistema operativo Android 4.0.3 o superior.

La librería de reconocimiento de imágenes que ha utilizado el autor es Google Vision API por tener una variedad de actualizaciones basado en nuevas funcionalidades y automatización de los servicios de Google y por ser una librería compatible con la versión de Android elegida. Así mismo, la librería no requiere una conexión de red para funcionar en el dispositivo.

Como resultado del desarrollo se ha obtenido el almacenamiento correcto de las imágenes procesadas que en su mayoría son libros digitales teniendo una efectividad del 90%, ya que existen libros escaneados que estaban en deterioro teniendo dificultad en la lectura del texto teniendo como conclusión que el estado del objeto de estudio y la iluminación del ambiente son factores importantes para el éxito del desarrollo.

Para la presente investigación se utilizará la librería de Google Visión API del servicio Vision Mobile Text que utiliza básicamente los algoritmos de DeepLearning y Convolutional Neural Network (CNN) que a través de su reconocimiento de bloques nos ayudará a precisar la búsqueda de valores numéricos evitando la lectura de valores alfabéticos y/u operadores que se muestran en las etiquetas de los equipos neonatales. Así mismo, la aplicación será soportado desde Android 3.0 para el uso de la aplicación móvil que solo requiere el permiso de la cámara para su funcionamiento. Por otro lado, se prevé la utilización en equipos neonatales que se encuentran en ambientes de buena iluminación con un mínimo de 100 lux para un buen procesamiento.

Respecto a la gestión del mantenimiento, según (Instituto de evaluación de tecnologías en salud e investigación [IETSI], 2019), el proceso actual para determinar el mantenimiento o reemplazo inmediato de un equipo hospitalario se basa principalmente de 3 criterios: el nivel de utilización, referido si el equipo está siendo utilizado en toda su capacidad; historial de incidentes, consiste en contabilizar y determinar el detalle de las fallas del equipo y los requisitos reglamentarios que son establecidos por el fabricante del equipo. Tomando como referencia los criterios explicados anteriormente, la decisión de brindar un mantenimiento a un equipo se basa en criterios impositivos, no formales, ya que tienen como centro a los equipos más usados, con más fallas o por el detalle de la ficha del fabricante.

Sin embargo, según (Smith, 2016) actualmente existen diversas funciones aplicables en la estadística del mantenimiento, entre ellas se pueden encontrar la Ley exponencial de fallos, Distribución de Poisson, Distribución Normal y la Distribución Weibull, las cuales puede ser utilizadas por el servicio de manteniendo como técnica estadística, para obtener la probabilidad de confiabilidad del equipo basándose en modelos de tiempo de funcionamiento, producción y fallos, pero cada una de ellas es utilizada para casos específicos.

Basado en la investigación realizada por (Vergara, 2014) se implementaron sobre diferentes conjuntos de datos relacionado al mantenimiento preventivo, distintos modelos de distribución de probabilidad, como conclusión la distribución Weibull tiene una implementación más fácil de manejar, y la confiabilidad que presenta es mayor a comparación de otros modelos, como la distribución Exponencial, la cual se caracteriza por tener una tasa de fallas constante, por ello, las políticas de mantenimiento preventivo demostraron no ser una buena estrategia, pues la aplicación de éstas solo genera pérdida de tiempo y dinero. Por otro lado, se realizó la comparación entre las distribuciones Weibull y Normal, y se puede observar que los dos se ajustan bien a los datos, pero lo que descarta la distribución Normal es la carga computacional que demanda a diferencia de la distribución Weibull, obteniendo al final resultados semejantes al momento de ejecutar las distribuciones sobre los conjuntos de datos. A su vez, la distribución Weibull al contar con tres parámetros, hace que sea más flexible al momento de implementarlo en toda clase de resultado, ya sean experimentales y operacionales, esto hace que su fiabilidad sea mayor frente a otras distribuciones como Exponencial y Poisson.

Según (Andrea & Sierra, 2017) el algoritmo de Weibull, en el ámbito de la predicción, consiste en una probabilidad continua y multiparamétrica. Dentro del campo de la fiabilidad y el mantenimiento es la más utilizada, esto es debido a la alta precisión de sus resultados, esto es debido a que se pueden utilizar 2 parámetros que son Alpha y Beta. Weibull realiza el modelado de los componentes y partes, también el % de error, los periodos de error con gran precisión, lo cual permite una adaptación rápida a un gran número de situaciones.

El algoritmo Weibull es muy versátil que puede aproximarse a la distribución Exponencial, Normal y Raleigh. Dichas características son útiles para modelar diferentes tipos de fallas; entre ellos: temprana, aleatorias y fallas debido a la obsolescencia del equipo (Salazar et al., 2017).

Basado en las publicaciones similares al caso de estudio encontrados, se optó por realizar la implementación de la distribución Weibull en el caso de estudio.

A partir de la información previa, el presente trabajo, propone una técnica formal basada en criterios analíticos para tener un mantenimiento preciso y eficiente a partir de la Distribución Weibull, con lo cual se puede calcular la

probabilidad de falla de un equipo para un tiempo “t” y determinar si el equipo requiere un mantenimiento inmediato o requiere una próxima renovación. Así mismo se propone el uso de un sistema OCR que nos ayudará a capturar en campo el código de la etiqueta del equipo analizado y proporcionar la información de la ficha técnica y probabilidad de falla a través de una aplicación móvil.

Como resultado de implementar la distribución Weibull para el presente trabajo de investigación, se obtienen los parámetros Alpha y Beta de cada equipo y da como resultado la confiabilidad y porcentaje de error de estos, basado en datos históricos, estos datos brindaban el tiempo de funcionamiento y los fallos producidos desde el año 2016 al 2019.

El algoritmo Weibull tiene el objetivo de calcular el ciclo de vida de equipos expresado como probabilidad de falla, para un tiempo t de operación. utilizando el factor tiempo como años, meses, días, entre otros. Entonces, en el modelamiento del ciclo de vida tiene como foco la calidad del objeto de estudio, ya que su utilización es importante en el ámbito de uso; por ejemplo, en el campo de la mecánica, ya que no pueden utilizar equipos obsoletos. Así mismo, puede detectar inconvenientes en el componente que se requiera monitorear a través de un listado de errores teniendo como eje el tiempo de uso (Ramírez, 2014).

3. ANTECEDENTES

3.1 Neonatología

La Unidad Asistencial de Neonatología se describe como un área especializada que se encuentra ubicada en el hospital, la cual, se encarga de asistir en múltiples disciplinas, a su vez es una unidad que cuenta con profesionales sanitarios abocados a realizar dichas actividades. Dentro de los requisitos que deben cumplir se encuentran los estructurales, los funcionales y organizativos, lo cual está enfocado en dar la seguridad de que las condiciones relacionadas a la seguridad, calidad y eficiencia se cumplan para brindar una atención que cumpla con las necesidades sanitarias cuando se realiza el cuidado de los neonatos (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad [MSSSI], 2014). Los procesos que se pueden considerar son; la atención prenatal y perinatal, asistencia en el parto, proceso de atención a recién nacidos, este tipo de atención se divide en cuidados intensivos, intermedios, especiales, también se tiene atención a domicilio, consultas y atención de seguimiento para aquellos neonatos que presentaron nacimientos de riesgo, y por último se dispone de apoyo para lactancia en situaciones complicadas.

La ubicación del servicio de neonatología tiene que cumplir con requisitos básicos; estar lo más próximo al salón de partos, tener luz exterior, sistema de iluminación adecuado, sistema de climatización apropiado, tener colores claros, cumplir con una distribución: salas de terapia intensiva, intermedia, de aislamiento para pacientes infectados, laboratorios, área de visitas, área de servicios: almacenes, estación de enfermería, oficinas, lencería, entre otras (Castro & Urbina, 2007).

Como especialidad de la pediatría, la neonatología es una disciplina que se encarga a la atención recién nacido, tanto sano como enfermo, durante los primeros 28 días de vida, después de los cuales se le considera como “lactante” y entra al campo propiamente dicho de la pediatría. Los pacientes de los neonatólogos son los recién nacidos, en lo que respecta a la evaluación de su desarrollo normal, así como del diagnóstico y tratamiento de sus trastornos y enfermedades, los cuales requieren de un seguimiento constante principalmente originados por el nacimiento prematuro, el bajo peso o las malformaciones del recién nacido. Hoy sabemos que a nivel mundial más de la mitad de la mortalidad infantil se ubica precisamente en este corto periodo de edad, con pocas variaciones relacionadas con el nivel de desarrollo socioeconómico de los países, lo que confiere a esta especialidad una gran importancia cada vez mayor en el ámbito de las especialidades médicas (Gutierrez et al., 2019).

3.1.1 Equipos Neonatales

Según (Lucile Packard Children's Hospital Stanford [LPCH], 2019), las UCIN, por sus siglas Unidades de cuidado intensivos, están equipados con complejos aparatos y dispositivos de monitorización, estos están diseñados con el objetivo de satisfacer las necesidades de los neonatos, por ello, las necesidades que tienen que satisfacer son específicas por la fragilidad de los recién nacidos. Dentro de estos equipos podemos encontrar desde insumos para cuidados médicos hasta respiradores artificiales, también oxígeno, medicamentos, entre otros. Dichas unidades están equipadas con tecnología que permite realizar un control prácticamente de todas las partes fisiológicas de un neonato, por ejemplo, signos vitales, los niveles de oxígeno del neonato, la temperatura en la que se encuentra, la presión sanguínea y su frecuencia cardíaca, la respiración, etc. A continuación, se presenta un listado de los equipos más utilizados para realizar la monitorización en las unidades de cuidados intensivos neonatales.

- **Monitor cardíaco o cardiorrespiratorio.** Dispone de una pantalla, la cual muestra las frecuencias, patrones respiratorios y cardíacos de un neonato

- **Monitor de presión sanguínea.** Mide la presión sanguínea de un neonato, la forma de uso es colocando un brazalete pequeño en el brazo o la pierna del neonato.
- **Temperatura.** Encargada de realizar el control de la temperatura, esto permite ajustar los parámetros de calor requeridos para mantener al neonato en una temperatura adecuada.
- **Oxímetro de pulso.** Regulador de oxígeno en la sangre del neonato, esto se realiza a través de la piel que permite monitorear la cantidad de oxígeno en los glóbulos rojos del neonato.
- **Monitor transcutáneo de oxígeno y dióxido de carbono.** Monitorea el oxígeno y dióxido de carbono en la piel del neonato.
- **Ecografía.** Produce ondas sonoras de alta frecuencia, lo que permite que a través de un computador se puedan crear imágenes de los vasos sanguíneos, tejidos y órganos.
- **Radiografía.** Utilizan rayos de energía electromagnética, esto permite obtener imágenes de tejidos internos, huesos, órganos, esto sale graficado en una placa radiográfica.
- **Tomografía computarizada.** Realiza diagnósticos por imágenes, para ello, utiliza una combinación de radiografías y tecnología, lo que permite producir imágenes horizontales, o axiales del cuerpo del neonato.
- **Imágenes por resonancia magnética.** Conformada por un conjunto de imanes de gran tamaño, radiofrecuencias y un equipo de cómputo, lo que da como resultado, son imágenes detalladas de órganos y estructuras internas del cuerpo.
- **Tubo endotraqueal.** Es un tubo que es colocado en la boca o nariz del neonato, este equipo llega hasta la tráquea. Este tubo se pega con una cinta especial que lo mantiene en su lugar, y es conectado al respirador artificial con un tubo flexible.
- **Respirador artificial o mecánico.** Brinda soporte en la respiración de un neonato, lo que permite al neonato inhalar mayor cantidad de aire.
- **Presión positiva continua en las vías respiratorias.** A partir de pequeños conductos que son previamente colocados en las fosas nasales del neonato permite liberar un continuo flujo de oxígeno a las vías respiratorias, esto permite que el neonato mantenga los pasajes aéreos de los pulmones abiertos.
- **Oxigenación por membrana extracorpórea.** Técnica especializada que es utilizada con neonatos que no reacciona de forma correcta a las atenciones médicas convencionales, los cuales tienen enfermedades respiratorias.
- **Ventilador de alta frecuencia.** Modo relativamente nuevo de asistencia respiratoria en los recién nacidos con insuficiencia respiratoria aguda.

3.1.2 Insuficiencia Respiratoria Neonatal

El síndrome de dificultad respiratoria (SDR), o también llamada como la enfermedad de las membranas hialinas, es una afección respiratoria aguda que se presenta en los recién nacidos prematuros. Esto es causado debido a que se presenta inmadurez en los pulmones del neonato prematuro, que no solo se encuentra afectado bioquímicamente, sino también presenta déficit surfactante pulmonar, también presenta problemas en los morfológico y funcional, esto se debe a que el desarrollo pulmonar no ha concluido en estos neonatos. Los pulmones que presentan un déficit de surfactante no permiten que se realice correctamente una aireación y un intercambio gaseoso adecuado. Los síntomas se presentan al poco tiempo de nacer, se puede apreciar dificultad respiratoria en el neonato, esto es debido a las alteraciones del mecanismo pulmonar y cianosis secundaria producidas por anomalías en el intercambio gaseoso. La dificultad respiratoria progresa durante las primeras horas de vida, y alcanza su mayor intensidad entre las 24 y 48 horas de nacido, estos cuadros mejoran a partir del tercer día, si la afección no es compleja. El diagnóstico de esta afección se basa en antecedentes, datos clínicos, radiografías pulmonares que muestren determinados signos. Durante la evolución natural de la afección aparecen cambios que no son patognomónicos de SDR, entre ellos, volumen pulmonar disminuida, los campos pulmonares presentan opacificación difusa con un moteado fino que tiene un aspecto de vidrio esmerilado y también se presenta broncograma aérea (López de Heredia & Valls, 2008).

El síndrome de dificultad respiratoria aguda se presenta cuando se acumula líquido en las bolsas de aire elásticos y diminutos (alvéolos) de los pulmones. El líquido impide que los pulmones se pueblen con aire, por lo tanto, llega menos oxígeno al torrente sanguíneo evitando respirar correctamente. Esto priva a los órganos del oxígeno que necesitan para funcionar. Una grave dificultad para respirar que es el síntoma principal del síndrome de dificultad respiratoria aguda suele aparecer en un par de hora o días después de poseer la infección. El riesgo de muerte aumenta con la edad y la gravedad de la enfermedad (Mayo Clinic, 2019).

3.1.3 Ventilación de Alta Frecuencia

La ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO) fue la propuesta que permitiría la reducción del riesgo de displasia broncopulmonar en los neonatos que reciben soporte ventilatorio. Cuando se pone en funcionamiento la

VAFO, lo que realiza es ejercer presión constante lo que permite que el volumen pulmonar mejore, a su vez, la oxigenación.

La ventilación de alta frecuencia es una modalidad que con volumen de corriente muy baja permite que una ventilación mecánica consiga realizar una ventilación alveolar, se genera frecuencias supra fisiológicas entre 3 y 15 Hz, que podrías expresarse en 180 a 900 ciclos por minuto, lo cual sobrepone presión media continua de la vía aérea. Debido a que maneja volúmenes corrientes de pequeña amplitud hace que el barovolutrauma pulmonar disminuya, esto repercute en la incidencia de displasia broncopulmonar. Lo que hace que la VAF se diferente a la ventilación mecánica convencional es a su independencia en el control de la oxigenación y la ventilación del neonato (Angulo & Garcia, 2016).

El término VAF se refiere a la ventilación mecánica realizada con frecuencias mayores a las habitualmente utilizadas en ventilación convencional. Usualmente estas frecuencias oscilan entre 150 y 3000 respiraciones por minuto, se utilizan volúmenes corrientes menores que el espacio muerto anatómico y tiempos inspiratorios extremadamente reducidos. Existen 3 tipos de ventilaciones: Ventilación de alta frecuencia por interrupción de flujo, Ventilación de alta frecuencia jet y Ventilación de alta frecuencia oscilatoria VAFO. Precisaremos esta última, el cual ha sido diseñado para su uso en pacientes pediátricos y neonatales. En este ventilador, por medio de un pistón se transmiten cambios de presión a un diafragma de goma, con lo cual se producen vibraciones a alta frecuencia y baja amplitud que son transmitidas a la vía aérea del paciente (Nachar & Ríos, 2008).

3.1.4 Ventiladores de Alta Frecuencia

Existen dos tipos de VAF, en el aspecto clínico: VAF que genera oscilación de alta frecuencia de presión positiva y negativa, esto se logra mediante el uso de pistones, diafragma o fuelles, esta es denominada VAFO, ventilación de alta frecuencia oscilatoria. El otro tipo de VAF es la que genera vibraciones ocasionados por la interrupción a alta frecuencia en un flujo continuo de gas. Para este último tipo los fabricantes lo fabrican de diferentes formas, y mecanismos, como válvulas solenoides o membranas, con la finalidad de interrumpir el flujo de gas constante. También existen considerando los dos tipos, los equipos convencionales o los equipos híbridos. Existe un tercer tipo de VAF, es conocido como de tipo jet o a chorro. La forma en que funciona la VAFO, es por oscilación que son pulsos de presión positiva y negativa, esto es según la presión media que se maneje. En la fase positiva, el aire es empujado hacia el paciente, y durante la negativa se succiona el aire del paciente. Esta acción es llamada espiración activa. Basados en este principio, existen osciladores que funcionan por medio de un pistón, estos equipos permiten administrar mayor volumen corriente con un menor riesgo de atrapamiento de aire en los pulmones. Contar con mayor rango de volumen corriente es conveniente puesto que facilita el poder ventilar no solamente a pacientes neonatos prematuros o con síndrome de dificultad respiratoria, sino también a neonatos que presentan problemas pulmonares de tipo obstructivo y/o restrictivo grave, este podría ser el caso de un síndrome de aspiración de meconio o de hipoplasia pulmonar. También, lo que permite un mayor rango de volumen corriente permite que se pueda ventilar pacientes de mayor peso. En los VAF con principio de interrupción de flujo, el flujo de gas continuo es inyectado al paciente y es interrumpido por milisegundos en una frecuencia determinada. Durante la interrupción, el gas se almacena detrás de la compuerta cerrada, esto definirá la amplitud de la siguiente vibración según la cantidad almacenada, durante la interrupción, el regreso elástico del pulmón es la responsable de la espiración del gas. La espiración es mediante una presión negativa, la cual es creada por un sistema *venturi*, colocada cerca de la válvula de espiración (Angulo & Garcia, 2016).



Figura 1. Ventilador de Alta Frecuencia (Hospitécnica, 2020).

3.2 Gestión de Información de Mantenimiento

3.2.1 Administración del equipo

Según (Benítez & Díaz, 2018), el éxito de las empresas del sector de mantenimiento se basa en cifras de tiempo, costo e ingresos obtenidos que estos a su vez están ligados directamente a la estructura del ámbito laboral desde los materiales que se emplea, los flujos establecidos, el lineamiento propuesto de la forma de laborar y el equipo de trabajo que lo conforma. Entonces, se requiere los siguientes datos de los equipos:

- Código único
- Ubicación del equipo
- Ficha de técnica, instalación y compra
- Status del equipo
- Comentarios

La necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo tiene como objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos productores en la cadena de producción. Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos de mantenimiento requiere una gestión de información de mantenimiento adecuada para lograr los puntos propuestos. En el caso del mantenimiento la organización debe estar alineada al seguimiento y control de los siguientes objetivos: Optimización de la disponibilidad del equipo productivo, disminución de los costos de mantenimiento, optimización de los recursos humanos y la maximización de la vida útil de las máquinas (Revista Mantenimiento N°1, 1990).

3.2.2 Órdenes de trabajo

El objetivo del mecanismo de trabajo consiste en brindar herramientas necesarias de comunicación para planificar los requerimientos del equipo de gestión de mantenimiento. Es decir, realizar una lista de los materiales a utilizar, asignar a trabajadores capacitados y calificados para realizar las labores comendadas con el propósito de planificar el proyecto en etapas como la recolección de información, planificación de los trabajos, inventario de los recursos y la ejecución del trabajo (Benítez & Díaz, 2018).

3.2.3 Administración de las especialidades del mantenimiento

En la gestión de administración de materias relacionadas al ámbito del mantenimiento es importante administrar el control y monitoreo de las unidades requeridas para cumplir con las órdenes de trabajo. Por otro lado, se debe contar con una ficha personal de cada colaborador para poder gestionar la capacidad del equipo, los conocimientos del personal y el tiempo de sus jornadas laborales con la finalidad de administrar de manera equitativa las labores del proyecto (Benítez & Díaz, 2018).

La administración del mantenimiento se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento por la importancia e impacto que tienen el proceso de producción. Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 90%. La razón de un nivel tan alto de

disponibilidad es en general el alto coste en producción que tiene una avería. Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años) (Renove Tecnología, 2018).

3.2.4 Abastecimiento y control de materiales

El éxito del abastecimiento de materiales gira entorno a la gestión de los inventarios planificados en la etapa inicial utilizados por el equipo de trabajo. De hecho, un importante aspecto es contar con la información correcta de los equipos y materiales utilizados en las distintas labores. En la creación de las ordenes de trabajo, el supervisor de campo debe validar con el inventario los insumos que se requiere para el proyecto y ser capaz de gestionar nuevas compras para concluir con el trabajo planificado y contar con el material necesario. Así mismo, la planificación es el eje de todo proyecto, ya que te dará visión inicial de los recursos que se posee, levantará las necesidades que se requiere y administrar los tiempos para futuras fechas de entrega de los avances del proyecto. (Benítez & Díaz, 2018).

La gestión de almacenes puede definirse como el proceso logístico que se encarga de la recepción, el almacenamiento y el movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de consumo de cualquier unidad logística, así como el tratamiento de información de los datos generados en cada uno de los procesos. La gestión de almacenes tiene como principal propósito optimizar un área logística funcional que actúa en dos etapas de flujo como lo son: el abastecimiento y la distribución física, constituyendo por ende la gestión de una de las actividades más importantes para el funcionamiento de la cadena de abastecimiento (Salazar, 2018).

3.2.5 Información de desempeño

El control y monitoreo del status del desempeño de los recursos materiales es fundamental para identificar si se requiere de la adquisición de nuevos recursos para seguir con los trabajos. Por otro lado, el gestor del proyecto debe contar con reportes con frecuencia semanal para dar seguimiento a las labores realizadas, el tiempo que se invirtió en ello, la cantidad de personal involucrada en el trabajo y los recursos utilizados, ya que la finalidad es identificar ordenes de trabajo sin cerrar y donde se está invirtiendo tiempo innecesario (Benítez & Díaz, 2018).

3.3 Visión Artificial

Los algoritmos de reconocimiento que se aplican a alguna rama de la visión artificial abarcan distintos sectores como el industrial, salud, tecnológico, económico y cultura que tiene como base la utilización de hardware y software donde será el contenedor de la plataforma digital de versión web o móvil que tendrá como una de sus funciones la identificación y aplicando algoritmos de detección y transformación para luego plasmarlo en una salida digital (Cognex, 2016).

Tabla 1

Principales beneficios de la utilización de la visión artificial en diferentes sectores económicos

Beneficio	Descripción
Desarrollo	Reducción de tiempo y costo.
Configuración	Cambios programados de antemano
Monitoreo y Supervisión	Utilización de algoritmos de reconocimiento
Calidad Superior	Reducción del ruido de las imágenes
Ahorro de materias primas	Uso de tecnología y algoritmos de reconocimiento.
Operación en tiempo real	Alto nivel de procesamiento de imagen.
Sistema no intrusivo	Cuenta con equipo de imagen.

La visión artificial trata de simular el proceso del sentido de la visión de los seres humanos, según capta algún tipo de objeto a través de la retina y procesar la imagen captada mediante el cerebro. La visión artificial consiste en la captura de imágenes o extractos de textos en línea mediante cámaras basadas en matrices de sensores sensibles a la luz (CCD o CMOS), el posterior tratamiento de las mismas mediante técnicas de análisis de imagen y la actuación sobre el proceso (control de producto) o el producto (control de calidad). Las principales ventajas son la reducción de los costes del control de calidad, el aumento de la producción, la inspección del 100% de la producción (Porras & De la Cruz, 2018).

3.3.1 Iluminación

La iluminación es un factor importante en el uso de algoritmos de reconocimiento, ya que el texto, imagen o video proceso que cuenta con un ambiente iluminado generar mayor precisión y exactitud en el reconocimiento de los

elementos numéricos, textos digitales o manuscritos. Entonces, se puede agregar a la plataforma digital un algoritmo de iluminación con el objetivo de que los deterioros, manuscritos afecten directamente en los resultados del objeto de estudio (Cognex, 2016).

La iluminación es un factor importante en el resultado de la visión artificial. Los sistemas de visión artificial crean imágenes a través del análisis de la luz reflejada por un objeto, no del análisis del propio objeto. Una técnica de iluminación implica una fuente de luz y su ubicación con respecto al objeto de estudio y la cámara. Una técnica de iluminación particular puede mejorar una imagen de forma que se anulen algunas características y se mejoren otras, silueteando una pieza que oscurece los detalles superficiales para permitir la medición de sus bordes, por ejemplo (Porras & De la Cruz, 2018). Según Cognex, existen 7 técnicas de iluminación:

- **Retroiluminación:** Utiliza la iluminación para brindar mayor exactitud en el reconocimiento de forma de los bordes de la imagen analizada.
- **Iluminación difusa axial:** Utiliza la iluminación de manera horizontal para uniformizar la imagen y captar un buen procesamiento.
- **Luz estructurada:** Utiliza la iluminación de manera frontal para detectar el relieve y los volúmenes de los elementos procesados.
- **Iluminación de campo oscuro:** Utiliza la iluminación para detectar los contrastes y segmentar un campo oscuro y brillante de la imagen.
- **Iluminación de campo brillante:** Utiliza la iluminación para detectar los contrastes y únicamente para el campo brillante de la imagen.
- **Iluminación cenital difusa:** Utiliza la iluminación de manera uniforme para reducir irregularidades de la imagen.
- **Iluminación estroboscópica:** Utiliza la iluminación para inmovilizar a los elementos de la imagen.

3.3.2 Lentes

La lente de la cámara es un factor importante en el reconocimiento de caracteres, ya que la calidad y el enfoque determina el éxito del análisis. Se recomienda utilizar un enfoque fijo de la cámara para capturar la imagen evitando el movimiento, lo recomendable es utilizar el autoenfoco de la cámara y no representa una inversión alta para conseguir una cámara con estas características, ya que los equipos celulares de gama media cuentan con el autoenfoco en sus equipos (Cognex, 2016).

Las ópticas utilizadas en sistemas de visión artificial tienen una distancia focal variable, también denominada enfoque para el reconocimiento de caracteres del objeto de estudio. El objeto revisado debe estar enfocado correctamente para su posterior análisis, sino el resultado podrá tener alteraciones. El rango en que una lente ofrece nitidez está entre el infinito y una distancia mínima, esta distancia depende de la distancia focal de la cámara y el objeto analizado (Nogue & Antiga, 2012).

3.3.3 Sensor de imagen

En las plataformas digitales requieren de un sensor de imagen para detectar correctamente el elemento, esto se realiza a través del enfoque de la cámara que viene integrada en el equipo. Es importante que la cámara tenga la resolución de sensor correcta para la aplicación, ya que, si no fuera así, puede distorsionar el resultado; por otro lado, al contar con una buena resolución se tendrá mayor enfoque, calidad e iluminación para procesar las imágenes en el algoritmo de reconocimiento (Cognex, 2016).

En un sensor CCD, la luz (carga) que cae sobre los píxeles del sensor se transfiere desde el chip a través de un nodo de salida. Las cargas son convertidas a niveles de voltaje, almacenados temporalmente y enviados como una señal analógica. Esta señal se amplifica y se convierte en números usando un convertidor A / D fuera del sensor (Axis Communications, 2010).

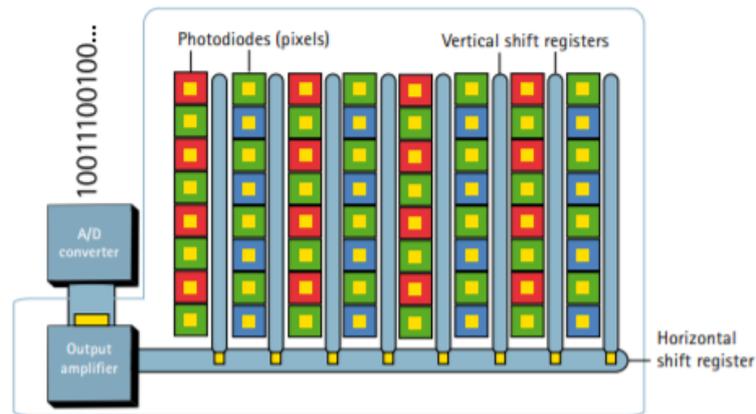


Figura 2. Sensor CCD (Tucsen Photonics, 2020).

Los sensores CMOS tienen varias ventajas en comparación a los sensores CCD, a diferencia del sensor CCD, el sensor CMOS incorpora amplificadores y convertidores A / D, lo que reduce el costo de las cámaras ya que contiene todas las lógicas necesarias para producir una imagen. Los sensores CMOS también tienen una lectura más rápida, menor consumo de energía, mayor inmunidad al ruido y un tamaño de sistema más pequeño (Axis Communications, 2010).

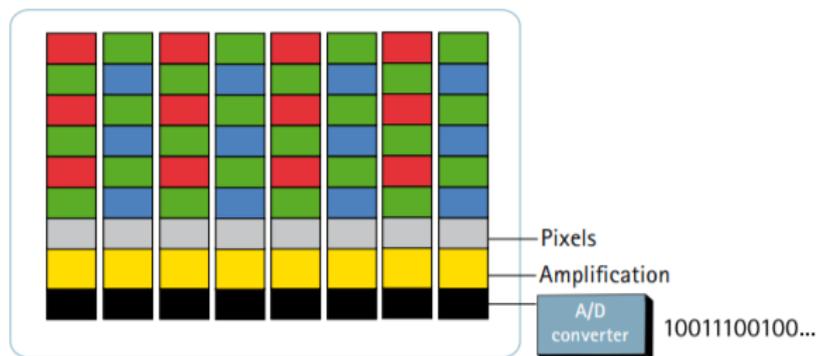


Figura 3. Sensor CMOS (Tucsen Photonics, 2020).

3.3.4 Procesamiento de visión

Posterior al enfoque y el sensor de la imagen, se requiere el análisis y el procesamiento que consiste en aplicar el algoritmo que inicia con captura de la imagen, segmentación de elementos, agrupación de componentes y la salida del resultado que puede ser a través de un archivo digital o una cadena de texto con los campos que se requiera detectar. Así mismo, el software utilizado tiene una participación relevante, ya que según las necesidades se debe dar foco al enfoque, al borde, al volumen, entre otros y diseñarlo según lo solicitado (Cognex, 2016).

Generalmente el procesamiento busca subsanar en la imagen los desperfectos producidos o no eliminados por el hardware; por ejemplo, poco o mucho contraste o brillo, entre otros. Los algoritmos de procesamiento permiten modificar la imagen para eliminar ruido para mejorar el resultado final de la imagen capturada. En un proceso de visión artificial estos algoritmos tienen que ser utilizados lo menos posible, un uso excesivo de ellos repercutirá en el tiempo de proceso total e indicará que la calibración, iluminación y selección de los elementos de la etapa de adquisición no ha sido la adecuada (Gonzales et al., 2006).

3.3.5 Comunicación

La comunicación en los sistemas de reconocimiento es relevante, ya que es el medio de como el usuario visualiza el resultado del análisis; entonces, según el ámbito desarrollado se debe priorizar la publicación de los resultados que se puede dar a través de documentos digitales si el sector es educativo o una cadena de texto si el sector es tecnológico. Finalmente, el éxito del algoritmo de reconocimiento es el uso de todas las etapas priorizando el enfoque, el procesamiento y la comunicación (Cognex, 2016).

3.4 Distribución Weibull

Es una función de distribución, la cual se caracteriza por incluir tres parámetros dentro de su formulación, por ello, se dificulta su manejo. Esta propuesta presentaba dificultades, debido a que tiene que manejar funciones no lineales, que eran necesarios para hallar los parámetros de ajuste. La linealización de la función permitió un uso intensivo de dicha distribución, debido a la posibilidad de realizar cálculos más complejos en menos tiempo, esta distribución fue utilizada en el medio industrial con mayor intensidad. Debido a que los parámetros de la función determinan el resultado, esto hace que esta función presente mucha versatilidad, Las implicaciones físicas, teóricas, algébricas, y gráficas son algunos aspectos interesantes que generan y dan lugar a una gran cantidad de trabajos diversos. Físicamente, los parámetros extremos de la distribución Weibull están relacionados a la vida útil de un equipo que se encuentre en estudio, lo cual generó una filosofía o se han presentado iniciativas relacionadas con la calidad, o de cero fallas entre otros. Teóricamente, los parámetros al ser cambiados nos muestran que generan una familia de distribución cuyos casos específicos coinciden con otras distribuciones, tales como, chi-cuadrado, exponencial, gaussiana, entre otras. Algebraicamente, para encontrar sus parámetros requiere de estrategias algebraicas no triviales, a pesar de que su acumulada son formas cerradas desde el punto de vista matemático, al ser de índole no lineal, trae como consecuencia el uso de algoritmos especializados del tipo Newton. Gráficamente, se han utilizado escalas logarítmicas que permiten encontrar los parámetros de la función Weibull, aunque poco a poco los métodos computacionales han facilitado la obtención de los ajustes de curva (Salazar et al., 2013)

El análisis de Weibull es la técnica mayormente elegida para estimar una probabilidad, basada en datos medidos o asumidos. La distribución de Weibull descubierta por el sueco Walodi Weibull, fue anunciada por primera vez en un escrito en 1951. La distribución de Weibull es útil por su habilidad para simular un amplio rango de distribuciones como la Normal, la Exponencial, etc. Las técnicas discutidas en la distribución de Weibull son similares a las usadas con las distribuciones Normal y Log-Normal (Abernethy, 2008).

El análisis de Weibull es una técnica que es utilizada para estimar los índices de confiabilidad, como referencia se tiene el trabajo realizado por (Porrás, 2017) en una central hidroeléctrica, empleada para solucionar problemas de confiabilidad en los equipos de grupo de generadores, también es usado en el trabajo realizado por (Pacheco & Hildebrando, 2017) aplicado en tiempo de fallas de la faja transportadora N°64 de la Planta San Antonio, donde el principal problema era la confiabilidad de la máquina y fue empleada la distribución Weibull para identificar estas probabilidades de falla.

La distribución de Weibull complementa a la distribución exponencial y a la normal, que son casos particulares de aquella, como veremos. A causa de su mayor complejidad sólo se usa cuando se sabe de antemano que una de ellas es la que mejor describe la distribución de fallos o cuando se han producido muchos fallos (al menos 10) y los tiempos correspondientes no se ajustan a una distribución más simple. En general es de gran aplicación en el campo de la mecánica. Aunque existen dos tipos de soluciones analíticas de la distribución de Weibull (método de los momentos y método de máxima verosimilitud), ninguno de los dos se suele aplicar por su complejidad. En su lugar se utiliza la resolución gráfica a base de determinar un parámetro de origen (t_0). Un papel especial para gráficos, llamado papel de Weibull hace esto posible. El procedimiento gráfico, aunque exige varios pasos y una o dos iteraciones, es relativamente directo y requiere, a lo sumo, álgebra sencilla. La distribución de Weibull nos permite estudiar cuál es la distribución de fallos de un componente clave de seguridad que pretendemos controlar y que a través de nuestro registro de fallos observamos que éstos varían a lo largo del tiempo y dentro de lo que se considera tiempo normal de uso. El método no determina cuáles son las variables que influyen en la tasa de fallos, tarea que quedará en manos del analista, pero al menos la distribución de Weibull facilitará la identificación de aquellos y su consideración, aparte de disponer de una herramienta de predicción de comportamientos. Esta metodología es útil para aquellas empresas que desarrollan programas de mantenimiento preventivo de sus instalaciones (Tamborero, 1994).

Sobre la estimación de los parámetros de la distribución Weibull, es empleada en la optimización no lineal por consecuencia se hace uso de algoritmo especializado de tipo Newton, por otro lado, para la confiabilidad se tiene el tiempo de falla de los equipos, esto quiere decir que se presentan datos univariados. No existe la variable de respuesta y la variable de predicción, esto es debido a que el análisis no tiene como objetivo la predicción del tiempo de vida del siguiente equipo, busca describir la distribución total de posibles tiempos de vida de los equipos, por ende, es un ajuste de distribución con datos univariados (Salazar et al., 2017).

3.4.1 Características generales

La función Weibull de densidad está dada por la siguiente ecuación (1).

$$\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{T - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{T-\gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad (1)$$

β – parámetro de forma – es indicador del mecanismo de falla

η – parámetro de escala – vida característica

γ – parámetro de localización . la vida mínima

La Figura 1 muestra la distribución de Weibull, en la cual, se han utilizados diversos valores para el parámetro β , en la función de densidad donde en la imagen podemos ver el comportamiento que adopta (Salazar et al., 2013).

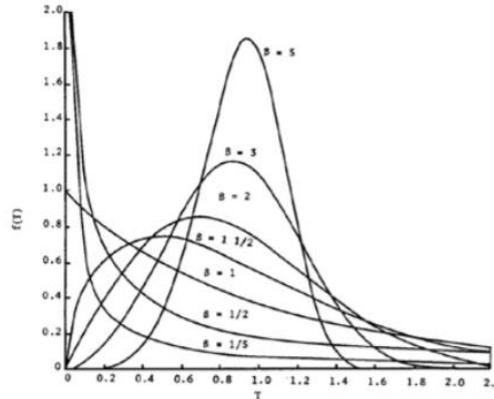


Figura 4. Función de densidad de probabilidad Weibull para varios valores de β (Salazar et al., 2013).

- Para $0 < \beta < 1$, $f(T)$ decrece monótonamente y es convexa
- Para $\beta = 1$ se obtiene la función exponencial con 2 parámetros

En la ecuación (2) tenemos la función exponencial con 2 parámetros en Distribución Weibull.

$$f(T) = \frac{1}{\eta} e^{-\left(\frac{T-\gamma}{\eta}\right)} \quad \text{donde } \eta = \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

$$f(T) = \lambda e^{-\lambda(T-\gamma)} \quad \gamma \geq 0 \quad t \geq \gamma \quad \eta > 0$$

- Para $\beta > 1$ $f(T)$ adopta formas similares a una distribución normal, donde su aplicación es para equipos que han presentado tasa de falla por desgaste. Para $2.6 < \beta < 5.3$ siempre tiene proximidad a una distribución normal cuando $\eta = 1$, $\gamma = 0$.
- Realizar alguna modificación en η como consecuencia dará un efecto igual si se hubiere realizado la modificación en la escala de abscisa, la distribución dependerá si se contrae o se expande por el parámetro η la distribución se contraerá si el parámetro aumentó, mientras que esta se expande cuando el parámetro ha disminuido.
- El parámetro γ nos brinda la ubicación inicial en el eje x (Salazar et al., 2013).

La media T es definida por la ecuación (3).

$$\bar{T} = \eta \left\{ \Gamma\left(\frac{2}{\beta} + 1\right) - \left[\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (3)$$

- Cuando γ presenta un valor negativo, nos muestra que se han presentado fallas, estas han sucedido antes de ejecutarse las pruebas. Por otro lado, T , η y γ presentan unidades iguales, ya sean de tiempo, cantidad, etc. También, la unidad del parámetro β es adimensional (Kececioglu, 1991).

3.4.2 Características de la función de confiabilidad Weibull

En la ecuación (4) se muestra la función de confiabilidad de la distribución Weibull.

$$R(T) = e^{-\left(\frac{T-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (4)$$

La Figura 2 muestra la distribución de Weibull, en la cual, se han utilizados diversos valores para el parámetro β en la función de confiabilidad donde en la imagen podemos ver el comportamiento que adopta (Salazar et al., 2013).

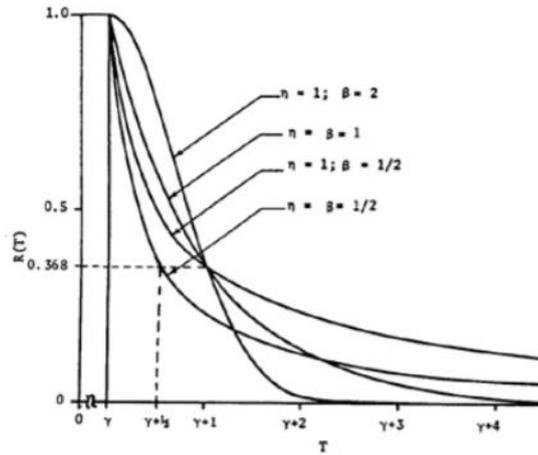


Figura 5. Función de confiabilidad Weibull para varios valores de β (Salazar et al., 2013).

Debido a que se supone que todos los equipos antes de realizar la pruebas se encuentran en perfecto estado, por ende, sin fallas, la confiabilidad de la función Weibull es 1, conforme va pasando el tiempo esta confiabilidad tiende a cambiar, disminuyendo, esto se puede apreciar en la Figura 2, se muestra una disminución de manera asintótica al presentar β valores menores a 1, la confiabilidad asume una forma exponencial cuando el parámetro es igual a 1 (Salazar et al., 2013).

Función de confiabilidad Weibull (Propiedades)

- Cuando β es igual a 1 la curva tiende a disminuir monótonamente más rápido que para $0 < \beta < 1$.
- La confiabilidad para una prueba $(\gamma + \eta)$ empezando la prueba en edad 0 es

La confiabilidad para una misión $(g + h)$ se expresa en la ecuación (5).

$$R(T) = e^{-\left(\frac{\gamma+\eta-T}{\eta}\right)^\beta} = e^{-1} = 0.368 \quad (5)$$

La Ecuación 5 significa que para una prueba que dura $(\gamma + \eta)$, tiene probabilidad de seguir funcionando de 36.8%.

- La función de confiabilidad condicional

Confiabilidad de una nueva misión de duración t habiendo acumulado T horas de operación al iniciar la nueva misión expresado en la ecuación (6).

$$R(T, t) = e^{\left[\left(\frac{T+t-\gamma}{\eta}\right)^\beta - \left(\frac{T-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right]} \quad (6)$$

3.4.3 Vida Confiable

La vida confiable T_R , para una confiabilidad específica, es definida empezando la misión a la edad de cero como se expresa en la ecuación (7).

$$T_R = \gamma + \eta\{-\ln R(t)\}^{1/\beta} \quad (7)$$

Para la ecuación (7), si $R(T_R) = 0.50$, entonces $T_R = T$ es la vida media.

3.4.4 Función de tasa de falla Weibull

La función de la tasa de falla Weibull se muestra en la ecuación (8) y la figura 5.

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{T-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} = \frac{f(T)}{R(T)} \quad (8)$$

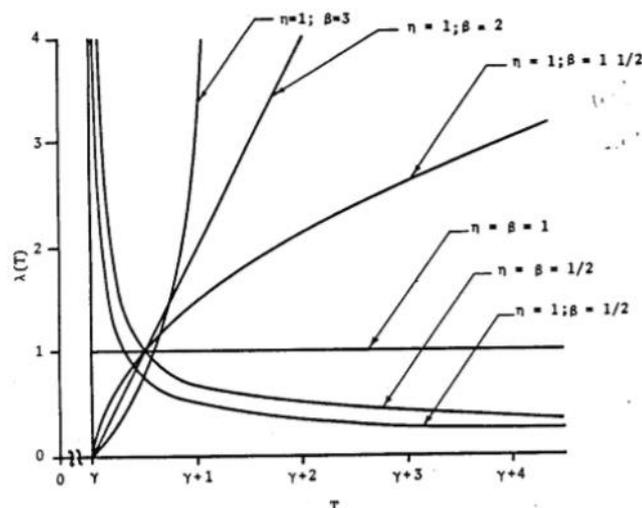


Figura 6. Función tasa de falla Weibull para varios valores de β (Salazar et al., 2013).

La tasa de falla Weibull para β con valores entre 0 y 1 se inicia en ∞ cuando $T = \gamma$, después decrece monótonamente cuando $T \rightarrow \infty$ y $\gamma \rightarrow 0$. La distribución Weibull tiene un comportamiento que hace que viable para el uso de equipos donde su tasa de fallas tiende a decrecer con el paso del tiempo, esto quiere decir que es identificado con la parte I de la curva típica de fallas (Salazar et al., 2013).

- Para $\beta = 1 \rightarrow$ la función representa la tasa de falla constante de la vida útil de las unidades que corresponde a la zona II de la curva típica de fallas, para este valor coincide con la función exponencial.
- Para $\beta > 1$, $\lambda(T)$ crece cuando T se incrementa y se puede utilizar para representar la falla de unidades exhibiendo fallas por desgaste, corresponde a la zona III de la curva típica de fallas.
- Para $1 < \beta < 2$ la curva es cóncava, y la tasa de falla se incrementa a una tasa decreciente
- Para $\beta = 2$ se tiene el caso de la distribución Rayleigh, en donde la tasa de falla, expresada en la ecuación (9)

$$\lambda(T) = \frac{2}{\eta} \left(\frac{T-\gamma}{\eta} \right) \quad (9)$$

- Para $2.6 < \beta < 5.3$ se aproxima a la tasa de falla normal siempre que $\eta = 1$, $\gamma = 0$, también utilizada para modelar las fallas debido a la edad y obsolescencia.

3.5 Reconocimiento Óptico de Caracteres

Los sistemas de reconocimiento de caracteres presentan una estructura estándar para reconocer textos, imágenes, entre otros elementos con la finalidad de reemplazar el trabajo manual de identificación que se realiza en algunas empresas. Así mismo, estos sistemas consisten en plataformas digitales en versión web o móvil compatibles con diferentes servicios, librerías u otros desarrollos obteniendo como resultado los caracteres identificados de la imagen o texto según parámetros que se indican en el modelo.

Actualmente los sistemas de reconocimiento pueden brindar como salida el archivo de entrada detectando datos numéricos, letras y operadores, pero la eficacia y eficiencia va ligado a componentes externos como la iluminación, el enfoque, el estado del elemento de estudio; por eso, los software de reconocimiento poseen algoritmos complementarios para mitigar esos factores externos y proporcionar al usuario la efectividad y presión que se merece (Observatorio Vasco de la Cultura, 2011).

Podría decirse que los sistemas OCR son uno de los campos de investigación en el área de reconocimiento de patrones. Los Sistemas OCR lograron fomentar tal interés sobre los investigadores debido a sus grandes posibilidades de aplicación en los distintos sectores como el industrial, tecnológico, salud, entre otros. Los beneficios de estos sistemas incluyen: digitalización de textos impresos, procesamiento de cheques y lectura automática de formularios. En la actualidad, el problema de los OCR para textos impresos puede considerarse resuelto, a pesar de no poseer un reconocimiento del 100% por condiciones externas del objeto de estudio. Sin embargo, el reconocimiento de texto manuscrito es un área que aún hoy se encuentra vigente y es objeto de investigación activa. Las soluciones populares producto de dichas investigaciones apuntan a utilizar métodos estadísticos o redes neuronales que son especialmente

aptas para resolver este tipo de problemas, como el algoritmo K-NN o los mapas auto-organizados de Kohonen, respectivamente (Constenla & Aguilera, 2010).

3.5.1 Mobile Vision Text API

Según (Google Developers, 2019), es el proceso de detectar texto en imágenes y transmisiones de video y reconocer el texto que contiene. Una vez detectado, el reconocedor determina el texto real en cada bloque y lo segmenta en líneas y palabras. La librería Text API de Google identifica el texto en idiomas latinos en tiempo real en el mismo dispositivo. El sistema de reconocimiento de caracteres segmenta el objeto de estudio en bloques, líneas y palabras.

- Un **bloque** es la agrupación de líneas del objeto de estudio como un párrafo de un texto.
- Una **línea** es la agrupación de elementos en la misma dirección vertical.
- Una **palabra** es un conjunto contiguo de caracteres alfanuméricos en el mismo eje vertical.

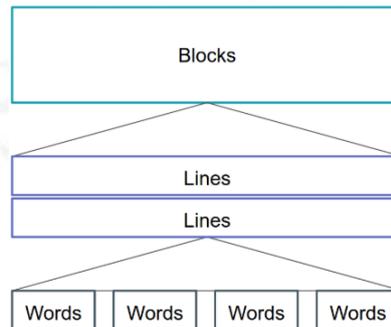


Figura 7. Estructura del reconocimiento de texto (Google Developers, 2019).

Por otro lado, Google API utiliza técnicas basadas en Deep Learning y Convolutional Neural Network. Deep Learning aplica la arquitectura de las redes neuronales aprendiendo a clasificar imágenes y textos a través de capas de entrada y salida que recopilan las características del objeto. Convolutional Neural Network que aplica un derivado de las redes neuronales utilizando el concepto de convolución que consiste en filtrar una imagen a través de un mascara que hace referencia a las conexiones con neuronas de capas previas recopilando progresivamente las características de la imagen.

Así mismo, Google API utiliza el método Text Detection para imágenes y textos que consiste en detectar el texto presente en la imagen, seguido de poder rodearlo con un cuadro delimitador rectangular.

La detección de texto puede llevarse a cabo utilizando la técnica basadas en imágenes en la cual una imagen se segmenta en múltiples segmentos. Cada segmento es un componente conectado de píxeles con características similares. Las características estadísticas de los componentes conectados se utilizan para agruparlos y formar el texto a través del TextRecognizer explicado en el capítulo de desarrollo de la aplicación móvil.

3.5.2 Dependencias de Google Play Store

Ingresar al archivo build gradle en el módulo de la aplicación y cambie el bloque de dependencias para incluir la dependencia de play-services-vision (Google Developers, 2019).

3.5.3 Configurar TextRecognizer y CameraSource

Según (Google Developers, 2019), este objeto detector procesa imágenes y determina qué texto aparece dentro de ellas. Una vez que se inicializa, TextRecognizer se puede usar a para detectar texto en todo tipo de imágenes. Encuentra el createCameraSource método y construye a TextRecognizer.

Solo así, el TextRecognizer está construido. Sin embargo, podría no funcionar todavía. Si el dispositivo no tiene suficiente almacenamiento, o los Servicios de Google Play no pueden descargar las dependencias de OCR, es posible que el TextRecognizer objeto no esté operativo. Antes de comenzar a usarlo para reconocer el texto, debemos verificar que esté listo. Agregaremos esta verificación a createCameraSource después de inicializar el TextRecognizer.

Ahora que hemos comprobado que TextRecognizer está operativo, podríamos usarlo para detectar tramas individuales. Pero queremos hacer algo un poco más interesante: leer el texto en vivo en la vista de la cámara. Para hacerlo, crearemos un CameraSource administrador de cámara preconfigurado para el procesamiento de Vision. Vamos a establecer la resolución alta y activar el enfoque automático, porque es una buena combinación para

reconocer texto pequeño. Si supiera que sus usuarios mirarían grandes bloques de texto, como señalización, podría usar una resolución más baja, que podría procesar marcos más rápidamente.

3.5.4 Crear el OcrDetectorProcessor

Según (Google Developers, 2019), la aplicación podría detectar texto en marcos individuales utilizando el método de detección en el TextRecognizer. Eso es lo que haría si quisiera encontrar texto en una fotografía u otro archivo de imagen. Pero para leer el texto directamente desde la cámara, es útil implementar un Processor, que manejará las detecciones con la frecuencia que estén disponibles.

Esa interfaz requiere que se implementen dos métodos. El primero, receiveDetections recibirá TextBlocks de la TextRecognizer medida que estén disponibles. El segundo, release puede utilizar para eliminar los recursos de forma limpia cuando TextRecognizer se eliminan. En este caso, solo tenemos que borrar la superposición gráfica, que limpia todos los OcrGraphic objetos.

Obtendremos el TextBlocks de la detección y crearemos OcrGraphic objetos para cada bloque de texto que detecte el procesador. Por ahora, no se procesarán; Implementaremos su comportamiento de dibujo en el siguiente paso. Finalmente, el procesador de texto está listo, tenemos que configurarlo textRecognizer para usarlo.

3.5.5 Dibuja los gráficos en pantalla

Según (Google Developers, 2019), el mensaje de depuración nos dice que se está reconociendo el texto. También nos gustaría que el usuario vea eso, dibujando el texto en la parte superior de la vista previa de la cámara.

Implementemos el OcrGraphic método de dibujo. Queremos ver si el gráfico tiene texto, traducir su cuadro delimitador a las coordenadas apropiadas para el lienzo y luego dibujar el cuadro y el texto.

Esto se debe a que el motor coloca todo el texto que reconoce en una TextBlock oración completa, incluso si ve la oración dividida en varias líneas. Si quieres la oración completa, eso es muy útil. Pero, ¿qué pasa si quieres saber dónde está realmente cada línea de texto.

Puede obtener el Lines de a TextBlock llamando getComponents, y luego puede iterar sobre cada línea para obtener la ubicación y los valores del texto dentro de ella. Esto le permite colocar el texto en el lugar donde aparece realmente.

4. METODOLOGÍA

4.1 Metodología Ágil Scrum

La presente investigación ha optado por la metodología ágil Scrum que brinda al usuario lo mínimo indispensable de la herramienta con la finalidad de brindar un valor agregado en el negocio a través de entregables por sprint y aplica un desarrollo de software incremental. Ya que, el prototipo fue cambiando a medida de cada visita guiada para la revisión de la aplicación móvil, pero siempre manteniendo el objetivo de la utilización de un sistema de OCR y distribución Weibull. A continuación, vamos a detallar las fases de la metodología alineado a la investigación realizada.

4.1.1 Evaluación de procesos y estructura actual de la empresa

El 22 de junio del 2019 se realizó una reunión de coordinación entre las partes, es decir, los tesisistas y el cliente con la finalidad de evaluar el proceso de gestión de mantenimiento de los equipos del establecimiento de Essalud región Lima explicada en la Figura 6 donde muestra el proceso habitual y en la Figura 7 se detalla la solución propuesta utilizando tecnologías de OCR para la identificación de los códigos numéricos de los equipos. Se realizó el plan de trabajo donde se estimó 18 semanas para concluir con la implementación.

4.2 Levantamiento de información

Se realizó una visita guiada al establecimiento de Essalud región Lima teniendo al equipo de mantenimiento como encargados de mostrarnos los diferentes ambientes donde se encontraban los equipos neonatales para poder determinar la iluminación, la ubicación y el estado de las etiquetas donde muestra el código del equipo.



Figura 10. Modelo de etiqueta de los equipos del establecimiento de Essalud región Lima.

En el levantamiento de requisitos funcionales y no funcionales nos comentaron el flujo relacionado a la gestión de mantenimiento del establecimiento de salud que consiste en recopilar los códigos de etiqueta de los equipos en general de manera manual que posteriormente es ingresada al servidor de base de datos donde se tiene información relevante del equipo como la ficha técnica y fechas de mantenimiento.

Los requerimientos funcionales son:

1. La aplicación deberá configurar la cámara del smartphone para usar los servicios.
2. La aplicación tendrá cinco vistas:
 - a. vista de inicio que no solicita autenticación del usuario
 - b. vista de redes para seleccionar al conjunto de hospitales para limitar la búsqueda de la maquina
 - c. vista de reconocimiento.
 - d. vista de información del equipo.
 - e. vista de cálculo de distribución Weibull.
3. La aplicación reconocerá el código de la maquina basado en valores numéricos, no debe reconocer letras u otros valores como operadores o signos matemáticos.
4. La aplicación al ser consultada mediante el botón “Procesar Datos” por el usuario, el sistema mostrará la ficha técnica del equipo, incluido la predicción del modelo Weibull que será mostrada en una nueva vista con el detalle de las variables utilizadas.
5. La aplicación al mostrar el cálculo tendrá un botón para regresar a la vista de reconocimiento.

Los requerimientos no funcionales son:

1. La aplicación necesita que el smartphone utilice un sistema operativo Android 3.0 como versión mínima.
2. La aplicación necesita utilizar la cámara del smartphone.
3. La aplicación no debe publicarse por Play Store, ya que es de uso interno para el equipo de mantenimiento del Es Salud.
4. La aplicación solo se utilizará para equipos neonatales en ambientes de buena iluminación.

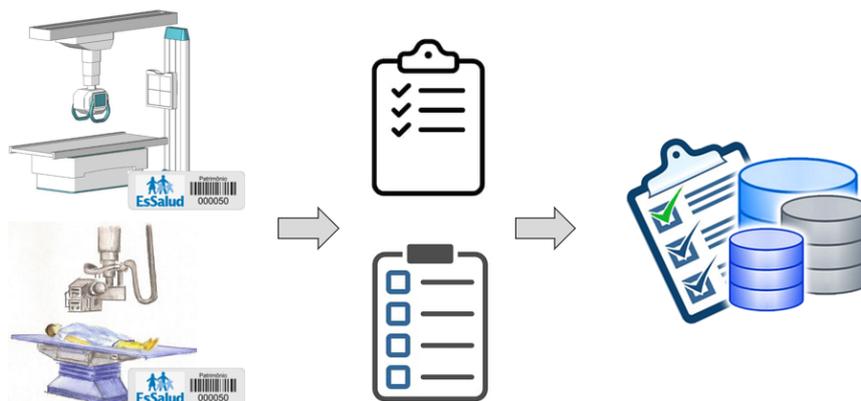


Figura 11. Modelo de gestión de información de mantenimiento del establecimiento de Essalud región Lima.

Entonces, se realizó una reunión con los involucrados de la investigación que es conformada por los tesisistas, el asesor y el cliente para definir el nuevo flujo de recopilación de la información de la unidad de gestión de mantenimiento; por lo tanto, la primera versión se trata de una aplicación móvil que utilice un algoritmo de reconocimiento de

caracteres con la finalidad de extraer el código de la maquina basado en valores numéricos que contiene la información del equipo revisado para fines de mantenimiento y gestión interna del establecimiento de salud. Por otro lado, se descartó el uso de la lectura del código de barra a pesar de su mejor presión en la detección de objetos, ya que existen equipos que no poseen códigos de barras y los códigos son manuscritos; entonces, se determinó en el alcance usar el OCR que cubre ambas partes, maquinas con etiquetas o manuscritos. En la sección de los mockups se presentarán fotos de las maquinas con los manuscritos.

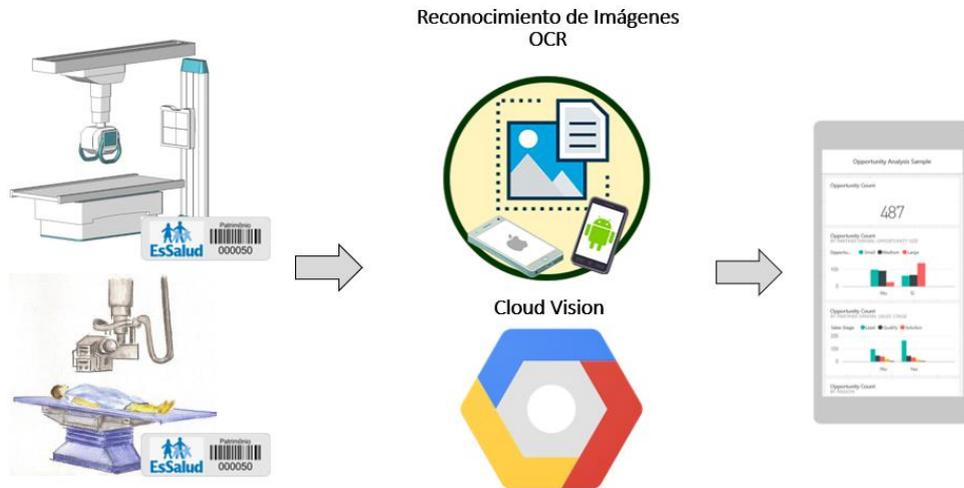


Figura 12. Modelo propuesto para la gestión de información de mantenimiento del establecimiento de Essalud región Lima.

4.3 Definición del alcance

- El aplicativo móvil será utilizado para equipos neonatales, ya que son equipos cruciales para un neonato, esto es porque las primeras horas de nacido será determinantes para el posterior desarrollo del recién nacido, por ello, los equipos deben estar operativos al momento de ser requeridos, ya que impacta de manera directa en la salud de los recién nacidos.
- El aplicativo móvil será desarrollado para el sistema operativo Android utilizando una herramienta de reconocimiento óptico de caracteres, en este caso se están utilizando Mobile Vision de Google, ya que además de las etiquetas impresas también existen equipos con etiquetas manuscritas, las cuales son aplicadas debido al deterioro de la etiqueta impresa original o debido a la ubicación inaccesible de la misma. De esta forma el algoritmo OCR cubre ambos aspectos y se descarta el uso de código de barras por no cubrir ambas aristas y por ofrecer un gasto adicional por el uso de una aplicación propietaria.
- El equipo de sistemas del Essalud desarrollará el API que será el anexo entre el código capturado y la base de datos interna del hospital para extraer la información asociada al equipo.
- El cálculo de la probabilidad de fallas se realizará en el servidor donde se encuentra el historial de tiempo entre falla por cada equipo neonatal utilizando el modelo Weibull que será visualizado en el aplicativo móvil.
- El aplicativo móvil contará con 5 secciones, una vista de inicio, una vista para seleccionar la red de búsqueda (vista a mediano plazo para utilizar la app en otros hospitales y acotar la búsqueda del API del punto anterior), una vista del reconocimiento, la vista de datos de la máquina y la vista de cálculo de la distribución Weibull.



Figura 13. Secuencia de las vistas funcionales de la aplicación móvil.

- El aplicativo móvil utilizará la cámara del equipo celular para el reconocimiento y no contará con el uso del flash para evitar distorsiones con el algoritmo de reconocimiento.

4.3.1 Application Programming Interface

Se desarrollará una aplicación basada en Android que utiliza las API de Google Mobile Vision. El servicio de Mobile Vision Text API es una plataforma flexible y escalable para ser utilizado en plataformas digitales como Android, ya que posee algoritmos de reconocimiento que se acoplan a las necesidades levantadas con el usuario que funciona con la mayoría de los dispositivos Android en las diversas plataformas.

4.3.2 Mockups Inicial

En esta sección se detalla la versión 1.0 de la aplicación móvil teniendo limitaciones que fueron subsanadas en la versión final de la aplicación.

La aplicación solicita el permiso de la cámara para poder ingresar a la aplicación donde tendrá la opción de identificar el código y grabar la foto.



Figura 14. Primera fase del mockup de la aplicación móvil.

El sistema funciona correctamente en condiciones de buena y mediana iluminación, para detectar el código del equipo se debe posicionar el celular cerca de la etiqueta del equipo y presionar el botón identificar para capturar el código de la etiqueta.



Figura 15. Segunda fase del mockup de la aplicación móvil – Buena Iluminación.

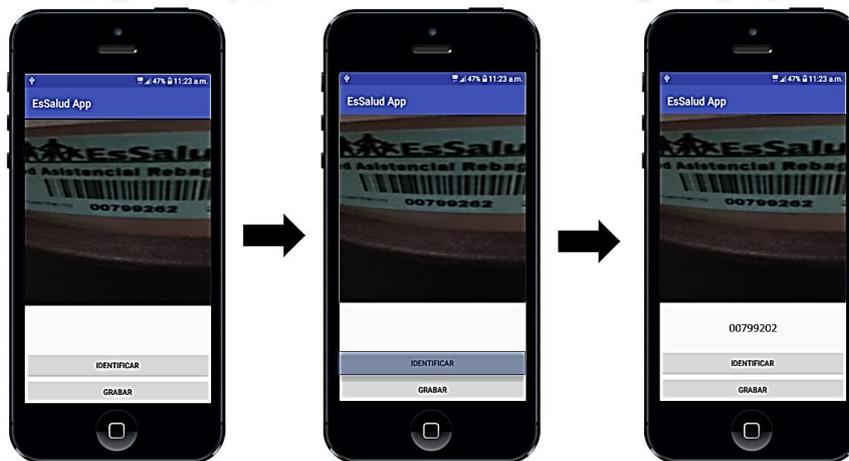


Figura 16. Tercera fase del mockup de la aplicación móvil – Mediana Iluminación.

Luego de obtener el código de la etiqueta se puede tomar una foto a la pantalla y grabarlo en memoria a través del botón grabar.



Figura 17. Cuarta fase del mockup de la aplicación móvil – Grabar la imagen en memoria.

Luego de obtener el código de la etiqueta, y presionando el código te direcciona a una vista con la información del equipo extraída a través del API.



Figura 18. Quinta fase del mockup de la aplicación móvil – Utilizar el API.

Las limitaciones que se presentaron en la versión 1.0 de la aplicación móvil fueron las siguientes:

- El sistema reconocía los valores numéricos y alfabéticos que se presentaban en la etiqueta, sin embargo, el objetivo es capturar solo los valores numéricos del código del equipo.
- La librería de reportería utilizada tenía un impacto negativo en el performance de la aplicación porque calculaba la proporción de todos los equipos revisados.
- Ocurría un deterioro en el reconocimiento para ambientes donde la intensidad de iluminación es menor a 100 lux.

4.3.3 Modelo Final

En la sección anterior detalla el alcance inicial del objetivo de la aplicación que fue cambiando según la necesidad del usuario y las características internas y externas del estudio como la iluminación cambiante por zonas, equipos que cuenta con etiquetas y manuscritos, la importancia del ciclo de vida de las máquinas y el impacto social que puede agregar la presente investigación.

El problema del reconocimiento alfanumérico de la etiqueta fue resuelto por un ajuste a nivel programación con la finalidad de reconocer solo el código numérico de la etiqueta, reemplazamos la vista de reportería por la vista de los resultados obtenido del modelo Weibull y el inconveniente de la iluminación de los ambientes fue acotado en el alcance con la finalidad de utilizar equipos neonatales que se encuentran ubicados en espacios de buena iluminación. A continuación, se detallará la versión final de la aplicación para sincronizar el algoritmo OCR y la distribución Weibull.

Se inicia descargando la app en su móvil Android; entonces, te mostrará a una vista principal donde a través del botón “ingresar” te llevará a una segunda vista, en la cual se debe seleccionar la red para detectar equipos neonatales.



Figura 19. Vistas finales de la implementación Android, detalle de ingreso.

Luego de concretar el punto anterior, la aplicación solicitará permiso del servicio de la cámara que será utilizado en el algoritmo de reconocimiento de caracteres. Luego el enfoque de la cámara deberá estar posicionado a la altura de la etiqueta de la maquina neonatal y presionar el botón “identificar” para detectar a través del algoritmo de OCR el número de etiqueta. Por otro lado, el botón “consultar” deberá ser el iniciador del servicio del API que está siendo implementado por el personal de sistema del establecimiento de Essalud región Lima que será incluido a la aplicación por los tesistas, este punto entrará como trabajos futuros. Pero, para realizar las pruebas se está implementando una base de datos interna para capturar la información del equipo y poder calcular la probabilidad de fallas del modelo Weibull.



Figura 20. Vista consideraras en el alcance de la implementación Android, detalle de la captura del OCR.

A continuación, se presentará un modelo de la información del equipo médico.

Tabla 2

Datos generales de los equipos médicos

Detalle	Características
Nombre del equipo	Ventilador Neonatal
Marca	Bear
Modelo	Bear Cub
Serie	750 Vs
Fabricante	Bears Ventilators
Fecha de Adquisición	01 de octubre 2019
Nombre de Proveedor	Soma Tech InTL
Mantenimiento	Revisión cada 6 meses
Calibración	Sujeto a uso continuo
Garantía	1 año

La aplicación agregará la distribución Weibull mostrando el resultado de aplicar la probabilidad de falla y el punto máximo de funcionamiento del equipo revisado. Para los datos que se va a presentar se está utilizando el equipo neonatal 606366. La aplicación revisará como input el periodo y el tiempo entre fallas (días operativos hasta que falla).

Tabla 3.

Inputs para la aplicación móvil

ti	Acum
21	21
107	128
164	292
197	489
202	691
390	1081

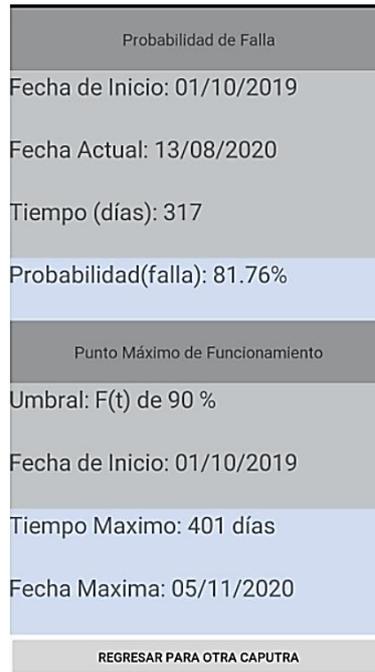


Figura 21. Vista del modelo Weibull en la aplicación móvil.

A través del servicio de API, se calculará las variables Lag1 y Desfase a partir del tiempo entre fallas de la información del equipo. Así mismo, se podrá calcular la probabilidad de confiabilidad y falla del equipo revisado.

Tabla 4

Variables calculadas en el servidor que se reflejan en una vista Weibull de la aplicación móvil

ti	Acum	Lag1	Desfase	R(t)	F(t)
21	21	0	0	99.90%	0.10%
107	128	21	441	99.75%	0.25%
164	292	128	16384	99.57%	0.43%
197	489	292	85264	99.38%	0.62%
202	691	489	239121	99.18%	0.82%
390	1081	691	477481	98.96%	1.04%

Luego de calcularse las variables Lag1 y Desfase expresado en la Tabla 4 se utilizará una regresión para hallar coeficientes que serán utilizados para determinar el punto máximo de funcionamiento del equipo revisado.

Tabla 5

Coficiente de las variables Lag1 y Desfase

	Coefficients
Intercept	76.411177
Lag1	0.2940863
Desfase	0.0001781

Finalmente, se mostrará en la aplicación móvil una sección información. Por ejemplo, En la maquina 606366 tiene una media de 14 días de funcionamiento hasta que deje de funcionar. Así mismo, te muestra en un tiempo “t” la probabilidad de falla según la información del equipo revisado.

DATOS DEL EQUIPO	Probabilidad de Falla
Nombre: Ventilador Neonatal	Fecha de Inicio: 01/10/2019
Marca: Bear	Fecha Actual: 13/08/2020
Modelo: Bear Cub	Tiempo (días): 317
Serie: 750VS	Probabilidad(falla): 81.76%
Fabricante: Bears Ventilators	Punto Máximo de Funcionamiento
Fecha: 01 de Octubre 2019	Umbral: F(t) de 90 %
Proveedor: Soma Tech InTL	Fecha de Inicio: 01/10/2019
Mantenimiento: Cada 6 meses	Tiempo Maximo: 401 días
Calibración: Sujeto a uso continuo	Fecha Maxima: 05/11/2020
Garantía: 1 año	
Código del equipo: 00606360	
DATOS WEIBULL	REGRESAR PARA OTRA CAPUTRA

Figura 22. Vista de la información del equipo y el cálculo del modelo Weibull en la aplicación móvil.

La Figura 17 nos muestra dos secciones de la vista Weibull. La sección “Probabilidad de Falla” nos indica la $F(t)$ en el instante de la consulta, al 13/08/2020 el equipo consultado tiene un $F(t)$ de 81.76% y la sección “Punto Máximo de Funcionamiento” nos indica la fecha donde el equipo llegará al umbral del $F(t)$ que nos indica que la maquina requiere un mantenimiento, en 401 días después de la fecha de inicio de la maquina; es decir, el 05/11/2020 el equipo llegará a tener un $F(t)$ de 90.00% y se debería programar un nuevo mantenimiento.

El umbral del $F(t)$ de 90% es propuesto alineado a la coyuntura actual, por la criticidad de los ventiladores neonatales el $F(t)$ podría oscilar entre 70% a 80% desde un punto de vista conservador, pero un componente importante es el presupuesto asignado; es decir, a tener una posición conservadora requieres mayor presupuesto por la recurrencia en mantenimiento de los equipos y la coyuntura actual no nos permite brindar esta propuesta; entonces, por ese motivo el umbral del $F(t)$ será 90% para que en cada consulta al equipo pueda revisar la fecha máxima que requiere un mantenimiento inmediato el equipo revisado.

4.4 Desarrollo e Implementación

En la Figura 18, muestra la arquitectura de la aplicación móvil que inicia con la configuración de la cámara para activar el servicio de Mobile Vision API que no requiere de internet para funcionar. Luego, al tener el servicio activo se capturará el código numérico que es el input para los módulos cores como la información del equipo y el modelo Weibull; por ende, a través de un servicio API desarrollado por el equipo de sistemas de Es Salud traerá la información del equipo y los cálculos del Weibull para mostrarlo en cada vista y evitar el impacto en el performance, este flujo se realizará cada vez que se consulte por equipo en particular que será mostrado en la aplicación móvil.

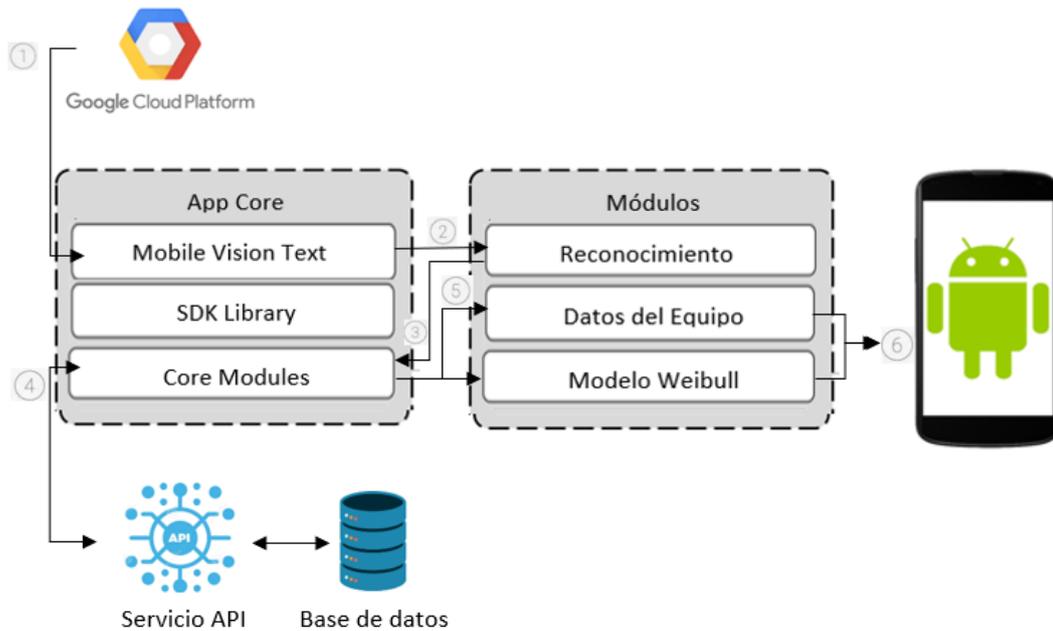


Figura 23. Arquitectura de la aplicación móvil.

Abriremos el build gradle en (Módulo: aplicación) y agregue dependencias de *Mobile Vision* como esta. Para usar esta biblioteca, es posible que deba actualizar su versión instalada de Google Repository en las herramientas del SDK.

Name	Version	Status
<input checked="" type="checkbox"/> Android SDK Build-Tools		Installed
<input checked="" type="checkbox"/> GPU Debugging tools		Installed
<input checked="" type="checkbox"/> LLDB		Installed
<input type="checkbox"/> NDK (Side by side)		Update Available: 20.1.5948944
<input checked="" type="checkbox"/> CMake		Installed
<input checked="" type="checkbox"/> Android Auto API Simulators	1	Installed
<input checked="" type="checkbox"/> Android Auto Desktop Head Unit emulator	1.1	Installed
<input type="checkbox"/> Android Emulator	29.2.1	Update Available: 29.3.4
<input type="checkbox"/> Android SDK Platform-Tools	29.0.4	Update Available: 29.0.5
<input checked="" type="checkbox"/> Android SDK Tools	26.1.1	Installed
<input checked="" type="checkbox"/> Documentation for Android SDK	1	Installed
<input checked="" type="checkbox"/> Google Play APK Expansion library	1	Installed
<input type="checkbox"/> Google Play Instant Development SDK	1.9.0	Not installed
<input checked="" type="checkbox"/> Google Play Licensing Library	1	Installed
<input checked="" type="checkbox"/> Google Play services	49	Installed
<input type="checkbox"/> Google USB Driver	11	Update Available: 12
<input type="checkbox"/> Google Web Driver	2	Not installed
<input checked="" type="checkbox"/> Intel x86 Emulator Accelerator (HAXM installer)	7.5.2	Installed

Figura 24. Componentes descargados del Google Repository.

Agregar permisos para acceder a CÁMARA y también metadatos para usar OCR en un archivo AndroidManifest.xml.

- **TextRecognizer:** este objeto procesa imágenes y determina qué texto aparece dentro de ellas. Una vez que se inicializa, se puede usar para detectar texto en todo tipo de imágenes. Tenga en cuenta que antes de comenzar a usarlo para reconocer el texto, debemos verificar que esté listo. Esto se hace utilizando el método `textRecognizer.isOperational()`.
- **CameraSource:** Este es un administrador de cámara preconfigurado para el procesamiento de Vision. Aquí estableceremos la resolución en $1280 * 1024$ y activaremos el enfoque automático, ya que ayudará a reconocer textos más pequeños mucho más rápido. Además, configuramos `cameraSource` para usar la cámara trasera de forma predeterminada.
- **Detector.Processor <TextBlock>:** para que `TextRecognizer` lea el texto directamente desde la cámara, tenemos que implementar un procesador de detector, que manejará las detecciones con la frecuencia que estén disponibles.

Tomamos los valores de `TextBlock` y creamos el objeto `StringBuilder` y agregamos los valores a `textView`, que se actualizará cada vez que haya un texto en la vista de la cámara. Finalmente, se muestra los resultados de la aplicación móvil de reconocimiento óptico de caracteres de códigos de etiquetas del establecimiento de Essalud región Lima.

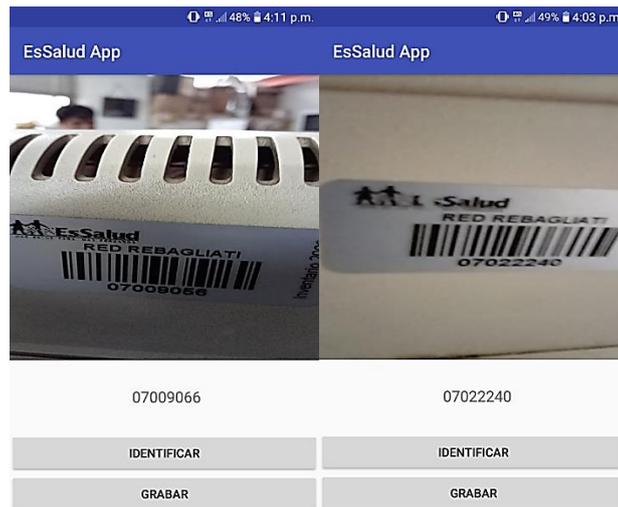


Figura 25. Captura de códigos de etiqueta con la aplicación móvil.

4.5 Distribución Weibull

4.5.1 Depuración de datos históricos

Para el caso de estudio la información fue obtenida de los reportes históricos de los equipos del establecimiento de Essalud región Lima, para ello, se ha utilizado reportes que van desde el año 2016 al 2019, la información utilizada fue de equipos neonatales de ventilación de alta frecuencia. Los reportes brindan información de los mantenimientos que han recibido los equipos, estos mantenimientos se dividen en dos tipos, los mantenimientos programados, que son mantenimientos que se deben realizar de forma preventiva a los equipos para que su funcionamiento sea el correcto a través del tiempo y prevenir posibles fallos, el otro tipo de mantenimientos son los correctivos, este tipo de mantenimientos son realizados cuando el equipo en operación sufre un fallo, que impide que siga operando, estos equipos dejan de ser utilizados y se ejecuta un plan de mantenimiento no planificado.

Otm	Tipo Mant.	Emisión	Solicitud	Término	Hrs Para
000019	2016 C	14/01/2016	11/01/2016	14/01/2016	7.24
006975	2016 P	14/03/2016	14/03/2016	15/03/2016	6.21

Figura 26. Reporte mostrando tipos de mantenimientos ejecutados en el año 2016.

El tiempo que se tenía el equipo sin operar, puesto que se encontraba en una etapa de mantenimiento, estaba expresado en horas, esa información se encuentra registrada en los reportes, como parte de la depuración se extrajo las fechas de inicio y fin de las fallas en el equipo, con esos datos, se logró obtener el tiempo entre fallas que consiste en expresar el tiempo que la maquina estuvo operativa hasta que se produjo algún fallo o tuvo inconvenientes en su funcionamiento (*time between failures*), lo cual nos permitió obtener los parámetros para resolver la distribución de Weibull.

Tabla 6

Datos de tiempo entre fallas por día del año 2016 al 2019

Intervalo (i)	Tiempo entre fallas (días)
1	16
2	168
3	52
4	60
5	9

6	27
7	102
8	63
9	11
10	12
11	28
12	92
13	110
14	242

Nota. Tabla 6 inicia en la pág. 27 continua en la pág. 28.

La información de la Tabla 6 fue extraída de 56 reportes realizados desde el año 2016 al 2019, la información presentada es de una de las máquinas presente en los reportes, puesto que, los datos del 2019 solo se tenían hasta el mes de Julio y los datos era obtenidos de diferentes máquinas identificadas por código.

4.5.2 Implementación de distribución Weibull

Los cálculos del modelo Weibull se realizará en el computador donde podrá recalcularse si tiene una nueva entrada de tiempo cada vez que se consulte por un equipo en específico. Siguiendo los pasos para resolver una distribución Weibull, se procedió a ordenar los datos extraídos del registro de menor a mayor.

Tabla 7

Datos extraídos por semestre ordenados

i	ti
1	9
2	11
3	12
4	16
5	27
6	28
7	52
8	60
9	63
10	92
11	102
12	110
13	168
14	242

Después como parte del modelo construido se debe obtener la media de tiempo entre fallas que se obtiene con la ecuación (10).

$$\frac{\sum \ln(ti)}{n} \quad (10)$$

Lo que tengo que hallar después es la Varianza, pero para obtenerla primero tenemos que calcular el tiempo de falla menos la media aritmética, expresada en la ecuación (11).

$$(\ln(ti) - \bar{x})^2 \quad (11)$$

El resultado al aplicarlo a los tiempos de falla que se presentaron en la Tabla 7, se expresan en la Tabla 8.

Tabla 8.
Resultado de la Ecuación 11 a los tiempos de falla

i	ti	Ln(ti)	(Ln(ti) -x) ²	Lag1	Desfase
1	9	2.19722458	2.599570015	0.00	0.00
2	11	2.39789527	3.286928776	9.00	81.00
3	12	2.48490665	3.610001078	20.00	400.00
4	16	2.77258872	4.785954092	32.00	1024.00
5	27	3.29583687	7.349144176	48.00	2304.00
6	28	3.33220451	7.547647093	75.00	5625.00
7	52	3.95124372	11.33222717	103.00	10609.00
8	60	4.09434456	12.31615645	155.00	24025.00
9	63	4.14313473	12.66098906	215.00	46225.00
10	92	4.52178858	15.49904154	278.00	77284.00
11	102	4.62497281	16.3221369	370.00	136900.00
12	110	4.70048037	16.93794935	472.00	222784.00
13	168	5.12396398	20.60304402	582.00	338724.00
14	242	5.48893773	24.04952358	750.00	562500.00

Una vez que se obtiene la Tabla 8, se puede hallar dos componentes: la varianza y la desviación estándar; por ello, se aplican las ecuaciones (12) y (13).

$$\frac{1}{(n - 1)(\sum \ln(ti) - \bar{x})^2} \quad (12)$$

$$\left(\frac{1}{(n - 1)(\sum \ln(ti) - \bar{x})^2}\right)^{1/2} \quad (13)$$

Después de obtener la varianza y la desviación estándar, lo que sigue es obtener las variables del algoritmo Weibull, β y α ; por ello, aplicamos la ecuación (14).

$$\beta = \frac{\pi}{r \sqrt{6}} \quad (14)$$

Para obtener α , primero tenemos que obtener e, para ello, seguimos la ecuación (15) y lo aplicamos en la ecuación (16).

$$e = x + \left(\frac{0.5772}{\beta}\right) \quad (15)$$

$$\alpha = e^x \quad (16)$$

Una vez encontrados los valores β y α , lo que procede es hallar R(t) expresado en la ecuación (17), expresado en la Tabla 9 y se puede ver en la Ilustración 1 el comportamiento del equipo.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-y}{\alpha}\right)^\beta} \quad (17)$$

Tabla 9
Resultado de R(t) de datos históricos

i	ti	Ln(ti)	(Ln(ti) -x) ²	R(t)	1 - R(t)
1	9	2.197225	0.019132396	90.38%	9.62%
2	11	2.397895	0.003887621	84.52%	15.48%
3	12	2.484907	0.022309057	79.73%	20.27%
4	16	2.772589	0.191007668	75.60%	24.40%

5	27	3.295837	0.922161462	71.93%	28.07%
6	28	3.332205	0.993331211	68.61%	31.39%
7	52	3.951244	2.610484023	65.59%	34.41%
8	60	4.094345	3.093377722	62.80%	37.20%
9	63	4.143135	3.267382491	60.21%	39.79%
10	92	4.521789	4.779663242	57.81%	42.19%
11	102	4.624973	5.241482083	55.56%	44.44%
12	110	4.70048	5.592921734	53.44%	46.56%
13	168	5.123964	7.775283293	51.46%	48.54%
14	242	5.488938	9.943888951	49.58%	50.42%

Nota. Tabla 9 inicia en la pág. 29 continua en la pág. 30.

En la figura 27, se pueden visualizar la evolución de la confiabilidad a través del tiempo.

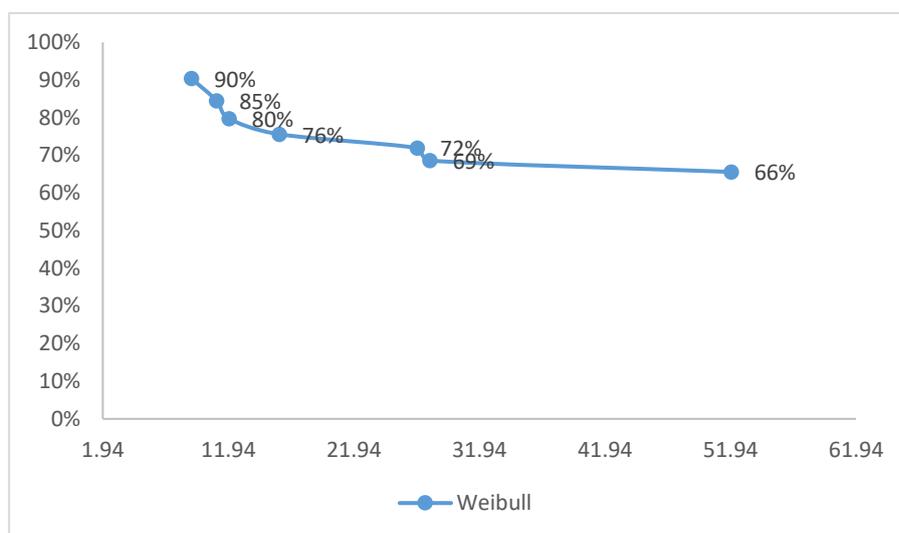


Figura 27. Gráfica de la función R(t) para un equipo de ventilación neonatal.

5. RESULTADOS

La versión final de la aplicación móvil requiere que el reconocimiento del código de los equipos se delimite a solo valores numéricos y también presentar vistas de navegación. Se realizó la toma de 50 fotos, teniendo un resultado de 88 % de exactitud. Los códigos no detectados es consecuencia del estado en deterioro de la etiqueta, los ambientes donde la intensidad de iluminación es menor a 100 lux y los manuscritos que servían como etiquetas ocasionando la distorsión de los números. La probabilidad de reconocer un número incorrectamente, representa 8 % del total de fotos que está relacionado directamente con los manuscritos y el deterioro. El 4 % restante hace referencia al tema de la iluminación que solo reconoce algunos caracteres del código del equipo.

La aplicación tiene una pantalla de inicio para luego seleccionar la red de búsqueda que te llevará a la vista de reconocimiento.



Figura 28. Pantallas iniciales de la aplicación móvil.

Al iniciar la vista de reconocimiento la aplicación automáticamente va a configurar la cámara del equipo móvil donde se capturará el código numérico del equipo revisado y posterior a esto, se puede consultar la información del equipo.

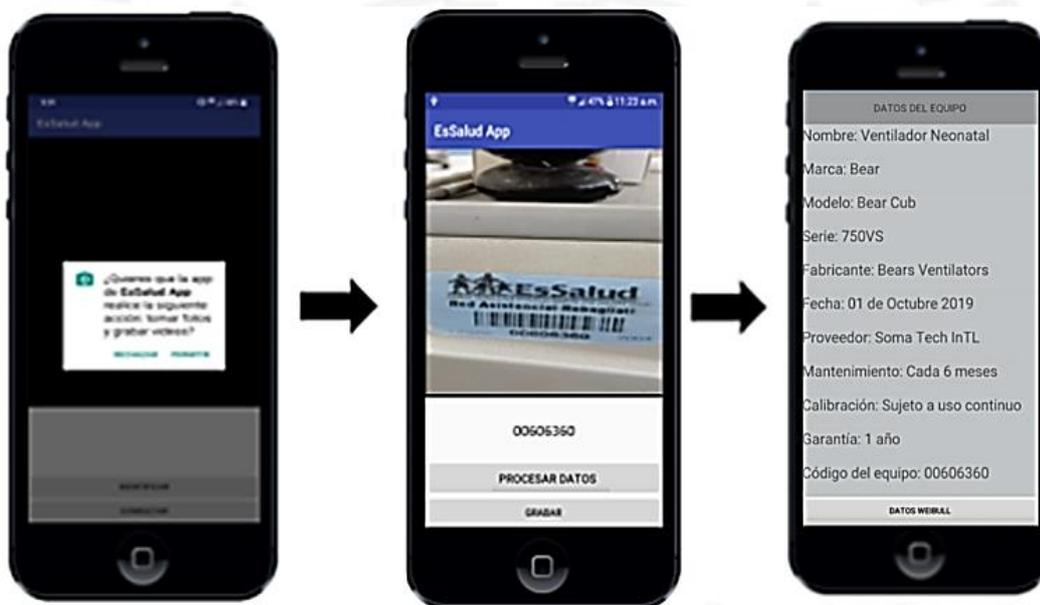


Figura 29. Resultados de la aplicación móvil solo detectando datos numéricos.

Después de realizar la captura del código del equipo en revisión se pasará a la implementación del modelo de distribución Weibull y como resultado se obtuvieron los parámetros de la distribución de la Tabla 9, estos parámetros se obtuvieron analizando una de las máquinas. Posteriormente en el documento de investigación se mostrarán los resultados obtenidos de cada una de las máquinas que fueron analizadas.

Tabla 10
Parámetros resultados

Parámetro	Valor
β	0.73
α	22.69

Cuando el parámetro β se encuentra en el rango $0 \leq \beta \leq 1$, refleja que se han presenta fallas prematuras en el periodo inicial de vida de la máquina que sirvió para este estudio identificada con el código 602697.

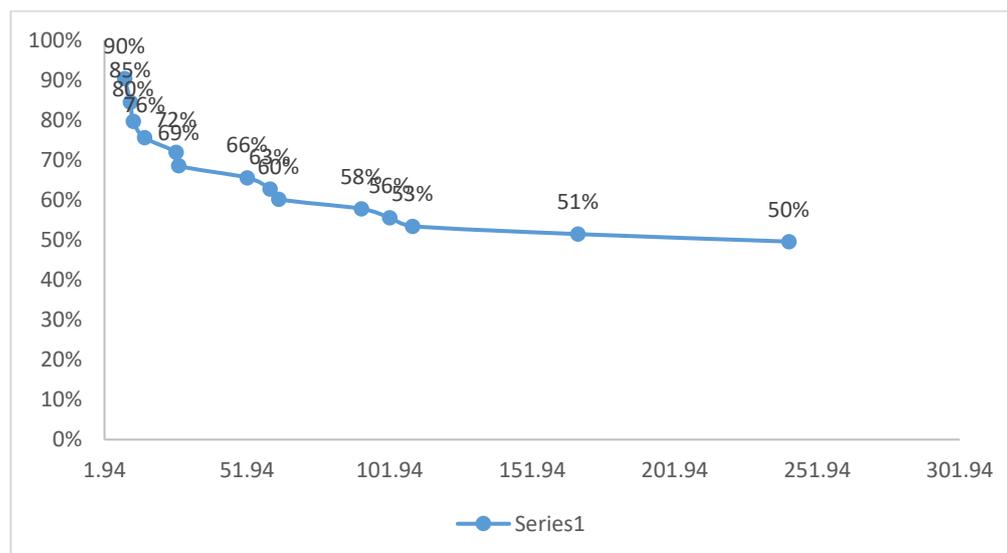


Figura 30. Probabilidad de Supervivencia R(t) por tiempo para fallar en días.

Basado en la información proporcionada acerca de los mantenimientos del equipo de ventilación Neonatal identificada con el código 602697, nos muestra que la confiabilidad de la maquina ha decrecido con el tiempo, mostrando que presenta en la actualidad un 49.580%, siendo su tiempo de funcionalidad de dos años y 8 meses. Así mismo la probabilidad de falla (F(t)) sería 50.42 %, el cual está dentro del umbral propuesto que es 90.00% que no indica que la maquina debe solicitar un mantenimiento inmediato y/o la posibilidad de renovar el equipo si fuera necesario por una relación de costo / beneficio; por eso, la maquina analizada todavía no requiere un mantenimiento inmediato.

Para obtener un punto máximo de funcionamiento de la máquina estudiada identificada con el código 602697, se aplicó una regresión a las columnas de Lag1 y Desfase, datos que se pueden observar en la Tabla 8, los coeficientes obtenidos fueron los siguientes.

Tabla 11.

Coefficientes obtenidos de Regresión Ti, Lag1 y Desfase.

Resumen	Coefficientes
Intercepción	14.7755494
Lag1	0.19254877
Desfase	0.00013056

Los coeficientes obtenidos fueron aplicados para obtener el punto máximo de funcionamiento, ecuación que se describe en la ecuación (18).

$$PMF = (Ln(p) - Ln(q))/(p + q) \quad (18)$$

Para obtener p, q y m y ser empleados en la ecuación (19), se deben de utilizar los coeficientes de la Tabla 11, de la siguiente manera.

$$p = \frac{\text{Intercepción}}{m}$$

$$q = \frac{\text{Desfase}}{m}$$

$$m = \frac{-\text{Intercepción} - \sqrt{\text{Lag1}^2 - 4 * \text{Intercepción} * \text{Desfase}}}{2 * \text{Desfase}} \quad (19)$$

El equipo 602697 empezó a funcionar el 29/02/2020; entonces, al día de hoy 20/09/2020 ha transcurrido 204 días que hace referencia a una probabilidad de falla de 97.10% que es mayor a nuestro umbral propuesto que es 90.00% que equivale a 143 días a partir de la operatividad del equipo; entonces, requiere un mantenimiento inmediato o una renovación del equipo. Así mismo, como información adicional, luego de reemplazar las ecuaciones con los resultados

obtenidos previamente y a partir del historial de incidentes del equipo analizado, el tiempo máximo que estuvo operativo el equipo entre fallas es 14.76 días. A continuación, en la Tabla 12 se presentarán las máquinas analizadas.

Tabla 12
Resultado de máquinas analizadas

Código de Maq.	β	α	Interpretación basado en β	i	ti	Acum	Lag1	Desfase	Ln(ti)	(Ln(ti) - x) ²	R(t)	1 - R(t)
602697	0.73	22.69	Se producen fallas prematuras, estas se presentan en la parte inicial de la vida útil	1	9	9	0	0	2.197	0.019	90.38%	9.62%
				2	11	20	9	81	2.397	0.003	84.52%	15.48%
				3	12	32	20	400	2.484	0.022	79.73%	20.27%
				4	16	48	32	1024	2.772	0.191	75.60%	24.40%
				5	27	75	48	2304	3.295	0.922	71.93%	28.07%
				6	28	103	75	5625	3.332	0.993	68.61%	31.39%
				7	52	155	103	10609	3.951	2.610	65.59%	34.41%
				8	60	215	155	24025	4.094	3.093	62.80%	37.20%
				9	63	278	215	46225	4.143	3.267	60.21%	39.79%
				10	92	370	278	77284	4.521	4.779	57.81%	42.19%
				11	102	472	370	136900	4.624	5.241	55.56%	44.44%
				12	110	582	472	222784	4.700	5.592	53.44%	46.56%
				13	168	750	582	338724	5.123	7.775	51.46%	48.54%
				14	242	992	750	562500	5.488	9.943	49.58%	50.42%
606366	1.28	209.58	La tasa de fallas es constante, presenta fallas aleatorias	1	21	21	0	0	3.044	3.427	99.90%	0.10%
				2	107	128	21	441	4.672	0.049	99.75%	0.25%
				3	164	292	128	16384	5.099	0.0416	99.57%	0.43%
				4	197	489	292	85264	5.283	0.150	99.38%	0.62%
				5	202	691	489	239121	5.308	0.170	99.18%	0.82%
				6	390	1081	691	477481	5.966	1.145	98.96%	1.04%
604801	0.96	154.07	Se producen fallas prematuras, estas se presentan en la parte inicial de la vida útil	1	11	11	0	0	2.397	4.170	99.23%	0.77%
				2	54	65	11	121	3.988	0.203	98.51%	1.49%
				3	129	194	65	4225	4.859	0.176	97.80%	2.20%
				4	158	352	194	37636	5.062	0.387	97.11%	2.89%
				5	362	714	352	123904	5.891	2.106	96.42%	3.58%
602044	0.72	24.31	Se producen fallas prematuras, estas se presentan en la parte inicial de la vida útil	1	5	5	0	0	1.609	0.616	90.57%	9.43%
				2	23	28	5	25	3.135	0.549	84.90%	15.10%
				3	40	68	28	784	3.688	1.675	80.28%	19.72%
				4	42	110	68	4624	3.737	1.804	76.30%	23.70%
				5	46	156	110	12100	3.828	2.056	72.76%	27.24%
				6	49	205	156	24336	3.891	2.242	69.57%	30.43%
				7	70	275	205	42025	4.248	3.437	66.65%	33.35%
				8	79	354	275	75625	4.369	3.900	63.96%	36.04%
				9	100	454	354	125316	4.605	4.887	61.46%	38.54%
				10	101	555	454	206116	4.615	4.931	59.14%	40.86%
				11	113	668	555	308025	4.727	5.442	56.96%	43.04%
				12	127	795	668	446224	4.844	6.001	54.91%	45.09%
				13	149	944	795	632025	5.003	6.809	52.98%	47.02%
				14	212	1156	944	891136	5.356	8.774	51.15%	48.85%
601959	1.04	68.80	La tasa de fallas es constante,	1	29	29	0	0	3.367	0.096	98.80%	1.20%
				2	35	64	29	841	3.555	0.015	97.55%	2.45%

			presenta fallas aleatorias	3	38	102	64	4096	3.637	0.001	96.28%	3.72%
				4	46	148	102	10404	3.828	0.022	95.00%	5.00%
				5	74	222	148	21904	4.304	0.391	93.74%	6.26%
				6	118	340	222	49284	4.770	1.192	92.47%	7.53%
				7	176	516	340	115600	5.170	2.225	91.22%	8.78%
				8	245	761	516	266256	5.501	3.322	89.97%	10.03%
				9	363	1124	761	579121	5.894	4.909	88.73%	11.27%
601115	1.20	143.37	La	1	14	14.00	0.00	0.00	2.639	3.415	99.750%	0.25%
			tasa de fallas es constante,	2	61	75.00	14.00	196.00	4.110	0.141	99.424%	0.58%
			presenta fallas aleatorias	3	73	148.00	75.00	5625.00	4.290	0.038	99.062%	0.94%
				4	82	230.00	148.00	21904.00	4.406	0.006	98.676%	1.32%
				5	88	318.00	230.00	52900.00	4.477	9.406	98.271%	1.73%
				6	277	595.00	318.00	101124.00	5.624	1.292	97.850%	2.15%
				7	351	946.00	595.00	354025.00	5.860	1.887	97.416%	2.58%

Nota. Tabla 12 inicia en la pág. 33 continua en la pág. 34.

Después de obtener los resultados de la Tabla 12, se procedió a obtener el punto máximo de funcionamiento de cada una de las máquinas, el resultado se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13

Resultado de máquinas analizadas Punto Máximo de funcionamiento en días ecuación (18)

Código de Máquina	Punto Máximo de funcionamiento (PMF) (días)
602697	14.76293188
606366	4.807421273
604801	3.330526371
602044	24.17549728
601959	12.75708143
601115	11.38161503

A continuación, en la Figura 24 se muestran los resultados obtenidos desde la aplicación móvil.

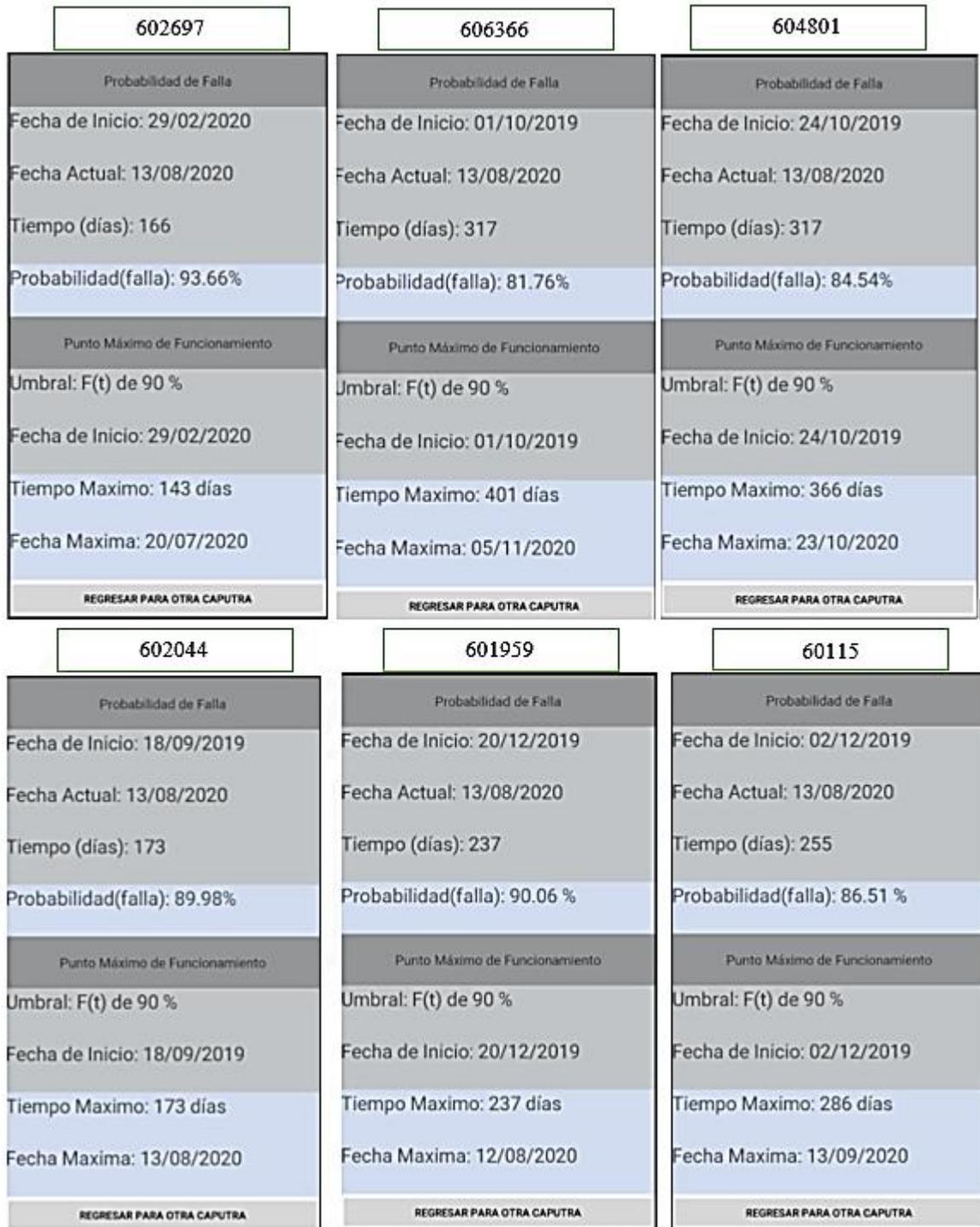


Figura 31. Resultados de análisis Weibull en aplicativo desarrollado.

5.1 Mejora de proceso

Para realizar el desarrollo del aplicativo se analizaron los procesos realizados por el área de Mantenimiento del establecimiento de Essalud región Lima, esto debido a que nos brindaría una visión más amplia del impacto del desarrollo de la aplicación y de aplicar distribución Weibull sobre sus equipos. Recopilando la información se elaboró el modelo *As Is* de sus procedimientos para el uso de la OTM en el mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones y para el uso de la OTM en el mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones representados en las Figuras 25 y 26.

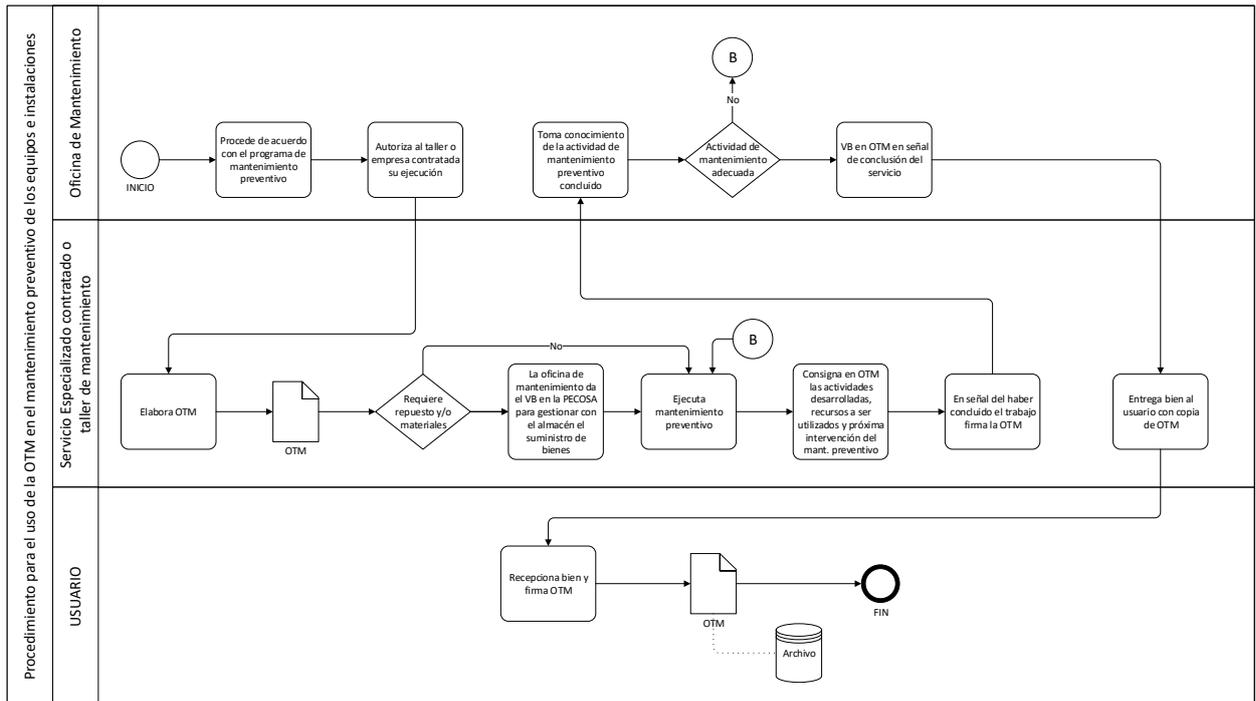


Figura 32. Diagrama AS IS de Procedimiento para el uso de la OTM en el mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones.

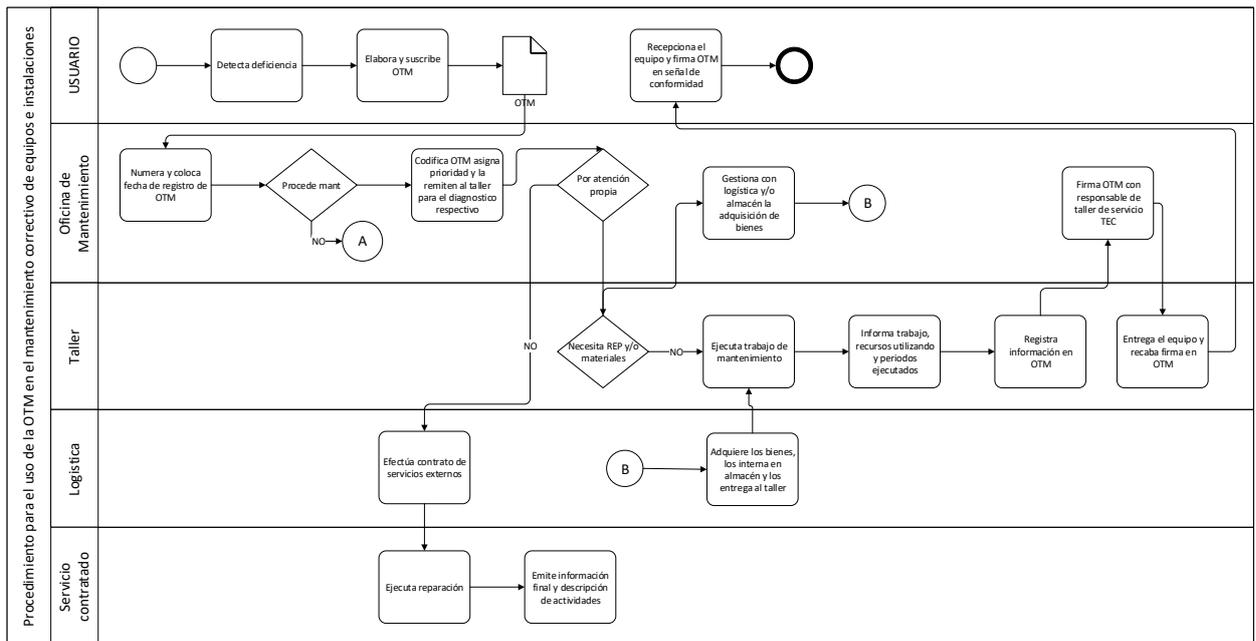


Figura 33. Diagrama AS IS de Procedimiento para el uso de la OTM en el mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones.

El sistema propuesto modificó los procedimientos de mantenimiento, previamente fue necesario identificar en cada modelo los procesos que se podían automatizar, haciendo que muchos de los pasos que antes eran manuales sean ahora digitalizados y la toma de decisiones para los mantenimientos ahora están basados en los datos históricos de

cada una de las máquinas, el resultado se puede apreciar en los procesos TO BE en la Figura 27 y Figura 28.

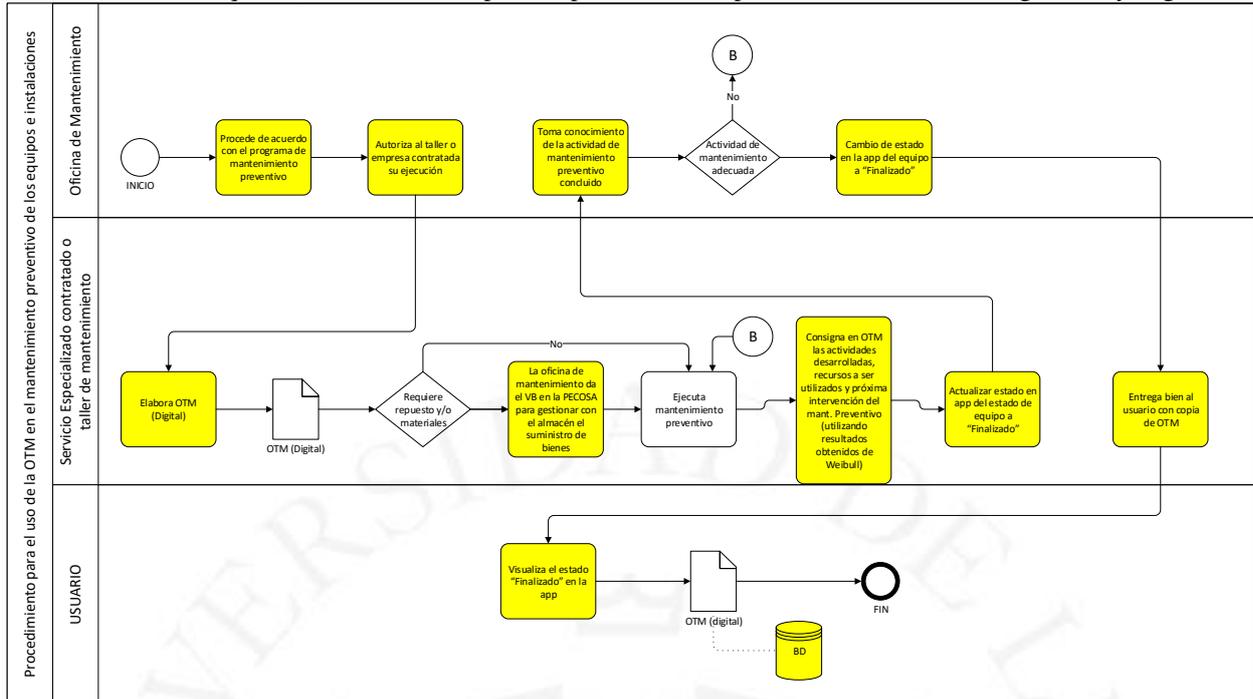


Figura 34. Diagrama TO BE de Procedimiento para el uso de la OTM en el mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones.

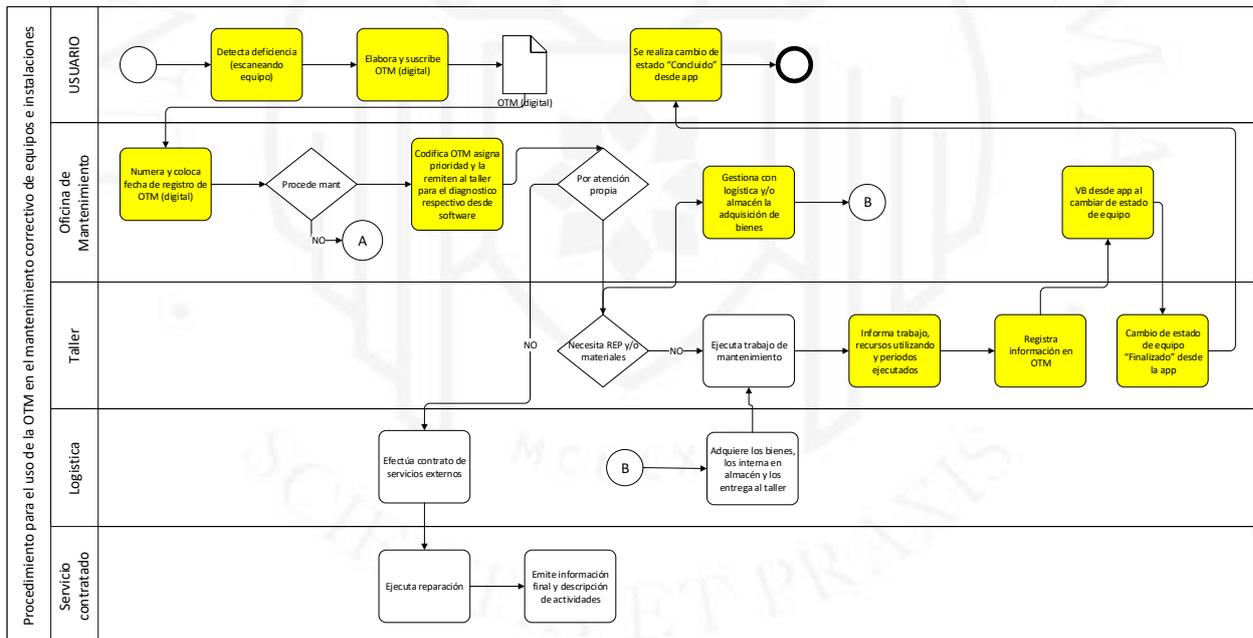


Figura 35. Diagrama TO BE de Procedimiento para el uso de la OTM en el mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones

6. CONCLUSIONES

- La aplicación móvil que utiliza un algoritmo de reconocimiento de caracteres representa en los procesos de digitalización de información una gran importancia, ya que estos procesos nos permiten un ahorro del tiempo, costo y horas hombres del trabajo empleado.
- La tecnología cada vez va innovando en patrones de cambio para beneficiar y automatizar procesos para mitigar el error, esta aplicación tiene el objetivo de ser el inicio de un cambio tecnológico total en los sectores de salud.

- Al utilizar la distribución Weibull permitió identificar un grupo de máquinas con fallos prematuros, lo que se requiere hacer para reducir el riesgo de fallo inicial es que tengan un periodo de iniciación, donde sean utilizadas y probadas en los primeros días de uso bajo supervisión.
- Se identificó otro grupo de máquinas que presentan una tasa constante de fallos, estas son aleatorias, pueden ser provocadas por múltiples causas, para reducir el riesgo de este tipo de fallos se sugiere realizar mantenimientos periódicos, estos deberán ajustarse a los resultados obtenidos del Punto Máximo de Funcionamiento.

7. TRABAJOS FUTUROS

- Consumir el servicio del API, el cual contendrá la información de la máquina que está siendo detectado por la aplicación móvil, ya que el desarrollo está a cargo del equipo de sistemas del establecimiento de Essalud región Lima. Debido que el desarrollo implica conectarse a los servidores de base de datos de Essalud y por lineamientos de seguridad y datos críticos es de uso reservado. Por otro lado, las pruebas realizadas de la aplicación móvil se han realizado utilizando una base de datos interna que contiene información de 6 equipos neonatales, con el servicio se podrá obtener mayor historial para realizar la distribución Weibull.
- La desventaja del uso de algoritmos de reconocimiento de caracteres se basa en iluminación y el estado del objeto a revisar; por lo tanto, se agregará a la aplicación móvil un algoritmo que relacionará el dato detectado al número más cercano según forma, diseño y similitud de bordes con la finalidad que la aplicación sea utilizada bajo condiciones de luz adversas.
- Ampliar el modelo Weibull, para realizar la gestión de mantenimiento de otras máquinas del hospital.

REFERENCIAS

- Abernethy, R. (2008). *Fundamentos del análisis de Weibull*. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/262169298/Fundamentos-analisis-Weibull-y-aplicacion-pdf>
- Andrea, E., & Sierra, C. (Setiembre de 2017). *Volumen I: Teoría general del mantenimiento y de la fiabilidad*. Obtenido de <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2489/course/section/2495/Mantenimiento1.pdf>
- Angulo, E., & Garcia, E. (2016). *Alimentación en el recién nacido*. Mexico D.F., Mexico: Intersistemas S.A.
- Axis Communications. (2010). *CCD and CMOS sensor technology*. Obtenido de https://www.axis.com/files/whitepaper/wp_ccd_cmos_40722_en_1010_lo.pdf
- Benítez, R., & Díaz, A. (2018). *La gestión de la información en el mantenimiento, concepciones generales: primera aproximación*. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/notas/informacion-gestion.pdf>
- Castro, F., & Urbina, O. (2007). *Manual de enfermería en neonatología*. Obtenido de <https://pediatraselche.files.wordpress.com/2011/11/manual-de-enfermeria-en-neonatologia.pdf>
- Cognex. (2016). *Introducción a la Visión Artificial*. Mexico D.F., Mexico. Obtenido de <https://www.cognex.com/es-mx/what-is/machine-vision>
- Constenla, G., & Aguilera, S. (2010). *Aplicación de Redes Neuronales en el reconocimiento óptico de caracteres*. Buenos Aires, Argentina. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19446>
- Diaz, A., Romero, J., Cabrera, J., & Viego, N. (Noviembre de 2015). *Estudio de Confiabilidad Operacional como soporte al mantenimiento aeronáutico en Cuba*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/311451118_Estudio_de_Confiabilidad_Operacional_como_sopORTE_al_mantenimiento_aeronautico_en_Cuba
- Gonzales, A., Martínez, F., Pernía, A., Alba, F., Castejón, M., Ordieres, J., & Vergara, E. (2006). *Técnicas y Algoritmos Básicos de Visión Artificial*. La Rioja, España. Obtenido de <https://publicaciones.unirioja.es/catalogo/online/VisiónArtificial.pdf>
- Google Developers. (2019). *Visión Móvil*. California, Estados Unidos. Obtenido de Google Developers: <https://developers.google.com/vision/android/text-overview>
- Grupo de Investigación en Derecho Administrativo. (23 de Junio de 2020). Obtenido de IUS 360: <https://ius360.com/derecho-administrativo-2/salud-publica-covid-19-y-pucp-alberto-cairampoma/>
- Grupo La República. (13 de Diciembre de 2019). *Equipos médicos inoperativos en tres hospitales de EsSalud*. Obtenido de La República: <https://larepublica.pe/sociedad/2019/12/13/equipos-medicos-inoperativos-en-tres-hospitales-de-essalud-lambayeque-heysen-almanzor-naylamp/>

- Gutierrez, J., Angulo, E., García, H., García, E., Padilla, H., Perez, D., . . . Zepeda, L. (2019). *Manual de Neonatología*. Obtenido de http://www.cucs.udg.mx/sites/default/files/libros/neonatologia_2019_con_forros.pdf
- Hospiténica. (2020). *Hospiténica, Alta Tecnología Biomédica*. Obtenido de <http://www.hospiténica.com.mx/cuidados-intensivos/ventilador-alta-frecuencia-vafo/>
- Instituto de evaluación de tecnologías en salud e investigación. (Febrero de 2019). Obtenido de Boletín Tecnológico N° 04-2019: http://www.essalud.gob.pe/ietsi/BOLETINES_TECNOLOGICOS/pdf/boletin_tecnologico_004_2019.pdf
- Jiménez, A. (6 de Setiembre de 2018). *Diseño y Desarrollo de una aplicación Android para el reconocimiento óptico de caracteres*. Obtenido de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/32987>
- Kececioglu, D. (1991). *Reliability Engineering Handbook*. Prentice-Hall.
- López de Heredia, J., & Valls, A. (2008). Síndrome de dificultad respiratoria. España. Obtenido de <https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/31.pdf>
- Lucile Packard Children's Hospital Stanford. (2019). *Stanford Children's Health*. Obtenido de <https://www.stanfordchildrens.org/es-es/topic/default?id=procedures-and-equipment-in-nicu-90-P05467>
- Mayo Clinic. (18 de Marzo de 2019). *Mayo Clinic*. Obtenido de Mayo Clinic - Síndrome de dificultad respiratoria aguda: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/ards/symptoms-causes/syc-20355576>
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (2014). Unidades de Neonatología. Estándares y recomendaciones de calidad. Madrid, España. Obtenido de https://www.msbs.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/NEONATOLOGIA_Accesible.pdf
- Nachar, R., & Ríos, A. (2008). Ventilación de Alta Frecuencia (VAF). Chile. Obtenido de http://www.manueloslosses.cl/BNN/gpc/Ventilacion_de_Alta_Frecuencia.pdf
- Nogue, A., & Antiga, J. (Abril de 2012). *Aplicación práctica de la visión artificial en el control de procesos industriales*. Obtenido de <http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/MemoriaFinaloop.pdf>
- Observatorio Vasco de la Cultura. (Abril de 2011). *OCR: tecnología para el reconocimiento óptico de caracteres en una imagen*. Obtenido de https://www.kultura.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/kultura2_0_prestakuntza/es_k20_form/adjuntos/pildora-OCR-2.pdf
- Pacheco, R., & Hildebrando, R. (2017). *Evaluación de métodos para determinar la confiabilidad mediante la distribución weibull: Caso Planta San Antonio*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4420>
- Porras, C. A. (2017). Propuesta de modificación de mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad de los grupos generadores de la Central Hidroeléctrica Cahua. Huancayo, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1655>
- Porras, J., & De la Cruz, M. (2018). *Classification System Based on Computer Vision*. Obtenido de https://www.urp.edu.pe/pdf/ingenieria/electronica/cap-1_taller_de_electronica_iv_b.pdf
- Ramírez, S. (2014). Análisis de datos de falla. Manizales, Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/281529963_ANALISIS_DE_DATOS_DE_FALLA
- Renove Tecnología. (2018). *Guía 9: Mantenimiento Legal*. Obtenido de <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>
- Revista Mantenimiento N°1. (1990). *Criterios para la información de la gestión del mantenimiento*. Obtenido de http://www.mantenimientoplanificado.com/articulos_software_mantenimiento_archivos/CRITERIOS%20PARA%20LA%20INFORMACION%20DE%20LA%20GESTI%C3%93N%20DEL%20MANTENIMIENTO.pdf
- Salazar, B. (2018). *Logística y Almacenamiento*. Obtenido de Logística y Cadena de abastecimiento: www.logisticayabastecimiento.jimdo.com
- Salazar, R., Fitz, E., López, I., & Rojano, A. (21 de Setiembre de 2017). *Confiabilidad y Análisis de Fallas utilizando la Distribución Weibull*. Obtenido de http://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2018/05/MEMORIA_MESA_1A_CONGRESO2017.pdf

- Salazar, R., Rojano, A., Figueroa, E., & Pérez, F. (2013). *Aplicaciones de la distribución weibull en ingeniería de confiabilidad*. Obtenido de <https://www.eumed.net/libros-gratis/2013/1255/aplicaciones-distribucion-weibull-ingenieria-confiabilidad.pdf>
- Sanchez, C., & Sandonís, V. (2008). Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR). Madrid, Leganes, España. Obtenido de <http://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/08-09/09.pdf>
- Smith, E. (4 de Mayo de 2016). Using a risk-based assessment for establishing a medical equipment maintenance program. Vermont, Estados Unidos. Obtenido de <https://silo.tips/download/chapter-3-using-a-risk-based-assessment-for-establishing-a-medical-equipment-mai>
- Tamborero, J. (1994). *NTP 331. Fiabilidad: la distribución de Weibull*. Obtenido de https://app.mapfre.com/documentacion/publico/pt/catalogo_imagenes/grupo.do?path=1031864
- Tucsen Photonics. (2020). *Tucsen*. Obtenido de <http://www.tucsen.com/products/uncooled.html>
- Vergara, R. (Febrero de 2014). La Estadística en el Mantenimiento y Reemplazo Optimo en el Control de Calidad. Mexico D.F., Mexico. Obtenido de http://mat.izt.uam.mx/mcmai/documentos/tesis/Gen.11-O/RAQUEL_VERGARA_LAZCANO.pdf