SISTEMA HARDWARE-SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS DEL NIVEL DE OXIMETRÍA DE LOS USUARIOS EN PRUEBAS DE USABILIDAD

HERBER MAURICIO ZAMBRANO SEMANATE

JULIAN DAVID FERNANDEZ ORDOÑEZ

MILLER OTERO DAGUA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA INFORMÁTICA

POPAYÁN CAUCA

2020

SISTEMA HARDWARE-SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS DEL NIVEL DE OXIMETRÍA DE LOS USUARIOS EN PRUEBAS DE USABILIDAD

HERBER MAURICIO ZAMBRANO SEMANATE

JULIAN DAVID FERNANDEZ ORDOÑEZ

MILLER OTERO DAGUA

DIRECTOR DEL PROYECTO:

PhD. GABRIEL ELÍAS CHANCHI

CODIRECTOR:

MAG. KATERINE MARCELES VILLALBA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA INFORMÁTICA

POPAYÁN CAUCA

2020

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 10

Capítulo I 11

1. 12

2. 14

2.1. 14

2.2. 14

3. 15

Capítulo II 16

4. 17

4.1. 17

4.2. 17

4.3. 18

4.4. 19

4.5. 19

4.6. 21

5. 22

5.1. 22

6. 23

7. 27

Capítulo III 28

8. **¡Error! Marcador no definido.**

9. 32

9.1. 32

A1. Conceptualización de los diferentes tipos de prueba de usabilidad y su estructura. 31

A2. Generación de una base conceptual sobre la usabilidad y sus métodos de evaluación. 40

A3: Identificación de los principales problemas en el desarrollo de las pruebas de usabilidad. 49

9.2. 58

A5: Identificación de las diferentes tecnologías abiertas para el diseño del sistema. 57

A7: Diseño del sistema hardware-software a partir de las tecnologías anteriormente seleccionadas. 68

9.3. 87

A8: Implementación de los diferentes módulos funcionales del sistema hardware-software. 85

A9: Evaluación funcional de los diferentes módulos funcionales del sistema. 95

9.4. 99

A10: Definición de los instrumentos de usabilidad de la prueba de usuarios. 97

A11: Selección de los participantes en la prueba de usabilidad. 99

A12: Ejecución de la prueba de usabilidad. 106

A13: Análisis de los resultados obtenidos en la prueba. 109

11. CONCLUSIONES 133

BIBLIOGRAFÍA 134

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Oxímetro 21
Figura 2: Placa arduino UNO 22
Figura 3: Fases de la metodología 29
Figura 4: Adecuación del Tipo de laboratorios 40
Figura 5: Atributos de la usabilidad 44
Figura 6: clasificación de los métodos de evaluación de la usabilidad 48
Figura 7: Saturación de oxígeno en la sangre 54
Figura 8: Tipos de ritmos cardiacos 55
Figura 9: Reconocimiento facial de emociones 56
Figura 10: Emisión y recepción de luz a través del dedo 58
Figura 11: Oxímetro de pulso 59
Figura 12: Dispositivos de ritmo cardiaco 60
Figura 13: Sensor MAX30102 61
Figura 14: Modelo en cascada 71
Figura 15: Diagrama de casos de uso 78
Figura 16: Mockup 1 – Aplicativo en modo inicial 81
Figura 17: Mockup 2 – Aplicativo en modo de conexión 82
Figura 18: Mockup 3 – Aplicativo en modo conectado 83
Figura 19: Mockup 4 - Base de Datos Firebase 84
Figura 20: Mockup - Gestionar datos 85
Figura 21: Mockup - Visor de registros 86
Figura 22: Diagrama de conectividad 87
Figura 23: Diagrama funcional del sistema 88
Figura 24: PSB 90
Figura 25: Sistema SBC mixto con PSB – Diagrama de conexiones (Primer prototipo) 90
Figura 26: Sensor MD300C23 91
Figura 27: Segundo prototipo 92
Figura 28: Diagrama de conexiones (Segundo prototipo) 92

Figura 29: Tercer prototipo 93
Figura 30: Diagrama de conexiones (Tercer prototipo) 94
Figura 31: Cuarto prototipo 95
Figura 32: Diagrama de conexiones (Cuarto prototipo) 95
Figura 33: Diagrama de conexiones (Quinto prototipo) 97
Figura 34: Carcasa (Quinto prototipo) 98
Figura 35: Tarjeta sin borneras 98
Figura 36: PSB perforada 99
Figura 37: Carcasa de uso médico 99
Figura 38: Dispositivo definitivo 100
Figura 39: Prueba de calibración 101
Figura 40: Pulse oximeter MD300C23 102
Figura 41: Participantes en la prueba de usabilidad 103
Figura 42: Acuerdo de confidencialidad 104
Figura 43: Instructivo de la prueba 106
Figura 44: Cuestionario pre-test 107
Figura 45: Lista de tareas 108
Figura 46: Cuestionario post-test 109
Figura 47: cuestionario pos-test (Continuación) 110
Figura 48: Laboratorio de usabilidad 111
Figura 49: Sensor de oximetría 112
Figura 50: Módulo usuario de pruebas 113
Figura 51: Usuario evaluador 114
Figura 52: Diagrama de análisis de participantes 115
Figura 53: Diagrama de frecuencia de uso de editores 116
Figura 54: Experiencia previa con aplicaciones de dibujo 117
Figura 55: Nivel de aceptación por usuarios 120
Figura 56: Nivel de conformidad por Ítem 120
Figura 57: Eficacia por usuario 128
Figura 58: Tiempo ideal de cada tarea 129

Figura 59: Diagrama por tareas del usuario 1 132
Figura 60: Diagrama por tareas del usuario 2 134
Figura 61: Diagrama por tareas del usuario 3 135
Figura 62: Diagrama por tareas del usuario 4 137
Figura 63: Diagrama por tareas del usuario 5 138
Figura 64: Ejemplo de datos capturados por el dispositivo 140
Figura 65: Porcentaje de oxígeno vs tarea 141

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Estándares internacionales relativos a la usabilidad de procesos y productos. 45
Tabla 2: Características de tarjetas SBC 62
Tabla 3: Normalización de valores 68
Tabla 4: Selección SBC 69
Tabla 5: Actor del sistema (AS01) 73
Tabla 6: Requisitos funcionales (RF01) 74
Tabla 7: Requisitos funcionales (RF02) 74
Tabla 8: Requisitos funcionales (RF03) 75
Tabla 9: Requisitos no funcionales (RNF01) 75
Tabla 10: Requisitos no funcionales (RNF02) 76
Tabla 11: Requisitos no funcionales (RNF03) 76
Tabla 12: Requisitos no funcionales (RNF04) 77
Tabla 13: Requisitos no funcionales (RNF05) 77
Tabla 14: Descripción de casos de uso (caso de uso 01) 78
Tabla 15: Descripción de casos de uso (caso de uso 02) 79
Tabla 16: Descripción de casos de uso (caso de uso 03) 79
Tabla 17: Descripción de casos de uso (caso de uso 04) 80
Tabla 18: Perfil de los usuarios de la prueba de usabilidad 114
Tabla 19: Escala de valores de instrumento pos-test 117
Tabla 20: Datos cuestionario pos-test 118
Tabla 21: Datos cualitativos del cuestionario pos-test 121
Tabla 22: Análisis de dificultad por tarea 122
Tabla 23: Rangos de valoración por tarea cumplida 123
Tabla 24: Resultados eficacia 125
Tabla 25: Resultados de tiempos y eficiencia por usuario 129
Tabla 26: Saturación de oxígeno en reposo de cada usuario 130
Tabla 27: Análisis del usuario 1 131

Tabla 28: Análisis del usuario 2 133
Tabla 29: Análisis del usuario 3 135
Tabla 30: Análisis del usuario 4 136
Tabla 31: Análisis del usuario 5 138

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el estrés que se genera al interactuar con una herramienta tecnológica se ha convertido en una prioridad importante en el campo de la informática, debido a la creación de plataformas que en su mayoría no cumplen con el criterio de usabilidad, ya que no tienen en cuenta la satisfacción del usuario ante un producto software, lo que provoca una sensación de angustia (estrés), donde el software será deficiente ante el usuario. Al respecto conviene decir que, la satisfacción se ha convertido en un gran reto dentro de la usabilidad, debido a la complejidad que implica conocer qué tan satisfecho queda un usuario a la hora de realizar alguna actividad o tarea dentro de una plataforma web o aplicación informática. Lo anterior, hace parte de la idea de conocer mejor el funcionamiento de la herramienta, la cual debe ser evaluada para así analizar qué tan productiva se vuelve al momento de satisfacer una necesidad; por esta razón, para que la usabilidad cumpla con su objetivo, posteriormente a las pruebas la aplicación debe ser: entendible, novedosa, comprensible, inteligente y atractiva.

A partir de lo anterior, se desarrollara un **SISTEMA HARDWARE-SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS DEL NIVEL DE OXIMETRÍA DE LOS USUARIOS EN PRUEBAS DE USABILIDAD**, el cual es un aplicativo capaz de tomar muestras en tiempo real, para realizar un estudio más a fondo sobre los diferentes estados anímicos de los usuarios en las pruebas de usabilidad, esto se realizará utilizando un sensor de oxígeno, el cual se utiliza para medir la oxigenación dentro de un organismo y así poder llevar un monitoreo continuo del estrés de la persona, ya que los resultados se actualizan con cada onda de pulso, de tal forma que se obtiene una medida, la cual será evaluada dentro de un hardware-software que permite medir con exactitud el estrés de las personas en una prueba de usabilidad y así realizar un estudio con los principios de la usabilidad y ergonomía de las heurísticas de Nielsen.

A raíz de esta falencia se implementará un sistema con herramientas de creación electrónica de código abierto, es decir; una placa SBC, la cual se utiliza para obtener los resultados de oxigenación del usuario, del mismo modo se desarrollará un software que tiene como objetivo recibir los datos y concluir si existe estrés a la hora de interactuar con alguna herramienta tecnológica.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según los estudios realizados a nivel de usabilidad, se deduce que la creación de software se ha convertido en un simple desarrollo que cumple con los requisitos del cliente sin tener en cuenta la calidad y satisfacción, lo cual es un error, ya que la usabilidad es un parámetro que se debe tener en cuenta al momento de desarrollar un producto software, puede agregarse que lo anterior es puesto de acuerdo con la norma ISO 9241-11. La usabilidad es definida como “el grado en el que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso” [1] [2].

Para la evaluación de la usabilidad de un producto software se requiere de un laboratorio, donde se desarrollan las pruebas correspondientes a dicho producto, en tal caso serían las tareas propuestas por los evaluadores, estas tareas se evalúan con tres atributos, los cuales son: eficacia, eficiencia y satisfacción. [3]. Cada indicador tiene su propia forma de dar su resultado a través de métricas diferentes, la eficacia se mide por medio de los objetivos cumplidos, en este caso se cuentan las tareas que fueron realizadas correctamente de las propuestas por el evaluador, por otro lado, la eficiencia se mide por medio del tiempo que se demora el usuario realizando cada tarea y por último la satisfacción, la cual se mide por la comodidad o incomodidad que se observó en el usuario al realizar dicha tarea y del mismo modo, se mide por los resultados del cuestionario pre test. [4].

Actualmente no se ha evidenciado la existencia de sistemas concretos que permitan estimar la satisfacción de un usuario dentro de las pruebas de usabilidad, es por eso, que en este proyecto se pretende proponer un sistema capaz de medir el rango o nivel de inconformidad de un usuario de manera no verbal, a través de sensores con capacidad de ver cambios fisiológicos dentro de la prueba, evaluando así, el nivel de satisfacción del usuario por medio de datos obtenidos en tiempo real.

Teniendo en cuenta lo anterior, el nivel de oximetría de una persona podría contribuir con la identificación de la satisfacción en pruebas de usabilidad. El nivel de oximetría es

entendido como la cantidad de oxígeno que tiene la sangre, esto se logra con un artefacto llamado oxímetro, constituido de un monitor y un sensor los cuales arrojan dos valores de la sangre, como es la saturación de oxígeno en la sangre arterial y la frecuencia cardiaca datos que ayudan a diagnosticar alguna enfermedad cardiaca [5].

A partir de lo anterior, en este trabajo se busca responder a la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo evaluar la satisfacción en una prueba de usabilidad a partir del nivel de oximetría?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Construir un sistema hardware-software para el análisis del nivel de oximetría en pruebas de usabilidad.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar una base conceptual acerca de las técnicas y tecnologías para la obtención del nivel de oximetría
- Diseñar e implementar los módulos de captura, de recepción y transmisión, y de análisis de los datos del nivel de oximetría en pruebas de usabilidad.
- Validar el sistema construido dentro de un test de usuarios en el laboratorio de usabilidad de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca

3. JUSTIFICACIÓN

Según la norma ISO 9241-11, la satisfacción es el grado en que las respuestas físicas, cognitivas y emocionales del usuario, se dan como resultado del uso de un sistema, producto o servicio, los cuales satisfacen las necesidades y expectativas del usuario; así mismo, esta incluye la medida de una experiencia que resulta del uso real, cumpliendo con los requerimientos del usuario. [1].

Esto se ha convertido en unos de los grandes desafíos a nivel de la usabilidad, ya que la satisfacción se considera una variable de suma importancia, debido al alcance que se presenta dentro de las pruebas de usabilidad; es decir, se considera que esta respuesta está fundamentada en la medida que el usuario se encuentre en un estado de satisfacción, el cual se estima en la impresión subjetiva del usuario respecto al sistema en cuanto a su criterio de fácil manejo y de rápida comprensión, en este sentido, se toma una característica fisiológica como lo es el nivel de saturación de oxígeno en la sangre que se presenta en forma de porcentaje en un promedio de 95% al 100% como estado normal. Teniendo en cuenta los diferentes cambios presentes en estos niveles, se perciben los diferentes estados como una lectura capaz de identificar estos cambios como picos en el estrés del cuerpo para calcular la satisfacción en una prueba de usabilidad [6]; Sin embargo, no se ha evidenciado la existencia de instrumentos capaces de evaluar de forma más certera un comportamiento fisiológico específico, como lo es el oxígeno en la sangre. Este comportamiento es difícil de entender frente a los campos informáticos, debido a los escasos sistemas que analizan dichos datos, lo que dificulta adquirir resultados exactos que se obtienen en las pruebas de usabilidad.

Por este motivo, en este proyecto se busca proponer un sistema basado en componentes hardware y software que permita tomar los datos de la oxigenación del usuario a través de sensores.

Por otra parte, se pretende elaborar un software que ayude al estudio de los datos obtenidos a través de tecnologías SBC [7] y así tener una conclusión acerca de la eficacia, eficiencia y satisfacción que presente una plataforma frente al usuario. Este

sistema será importante para los desarrolladores, ya que, con los resultados obtenidos en las pruebas de usabilidad, se logrará identificar toda clase de deficiencias en cuanto a la calidad del producto; por tal motivo, el desarrollador se beneficia en cuanto a los resultados obtenidos en las pruebas de usabilidad, debido a que no tendría que recurrir a las encuestas de satisfacción, sino que tendría una información más verídica del nivel de satisfacción de una persona a partir de la oximetría.

Finalmente, se busca obtener datos concretos en cuanto a la satisfacción de los usuarios en las pruebas de usabilidad, además ayudar a mejorar la calidad del producto a medida que se interactúe con él, por tal motivo se pretende beneficiar los laboratorios de usabilidad a través de los resultados obtenidos en dichas pruebas, dado que, es de suma importancia analizar las instalaciones y concluir qué se necesita para obtener un laboratorio más eficiente que aporte de forma positiva en las pruebas de usabilidad. Del mismo modo, se beneficiará el coordinador de la prueba, de manera que podrá analizar los resultados obtenidos y llegar a una conclusión, donde tendrá la disposición de hacer sugerencias constructivas tanto del aplicativo estudiado como del sistema desarrollado y demás herramientas utilizadas en el laboratorio.

CAPÍTULO II

4. MARCO TEÓRICO

Para realizar este trabajo se tiene en cuenta varios conceptos que están relacionados con la parte de interacción humano computador, los cuales se describirán a continuación.

4.1. TEST DE USUARIOS

Este tipo de pruebas sirven para probar los prototipos creados en un ambiente adecuado con usuarios reales, donde se busca encontrar debilidades y problemas de un producto antes de ser lanzado al mercado.

Un test justifica el funcionamiento de un producto, analiza su fácil manejo y arroja muestras de viabilidad en su rendimiento, para obtener estos resultados y saber si es óptimo, se marcan: ¿qué tareas realizar?, ¿qué datos tomar?, ¿qué equipos utilizar?, ¿qué medir?, '¿cómo se considera un producto exitoso?, ¿cómo analizar esta información? y lo más importante ¿qué hacer con esta información una vez analizada? [8].

4.2. USABILIDAD

Según la ISO 9241-11 [9], la usabilidad, "se refiere al alcance en el que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para alcanzar metas específicas con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto específico de uso".

Por otro lado, la usabilidad se centra en disminuir las dificultades que existen en los productos software, dado que existen diferentes problemas donde el usuario tiene que lidiar con cada uno de ellos sin poder buscar una solución favorable, por lo tanto la usabilidad tiene como objetivo buscar nuevas alternativas para solucionar cada uno de los problemas que se le presenten a los usuarios a la hora de interactuar con un producto software, ya sea un aplicación de escritorio o un sitio web, de modo que la interacción de un usuario ante una aplicación sea más sencilla, agradable y productiva. [6]

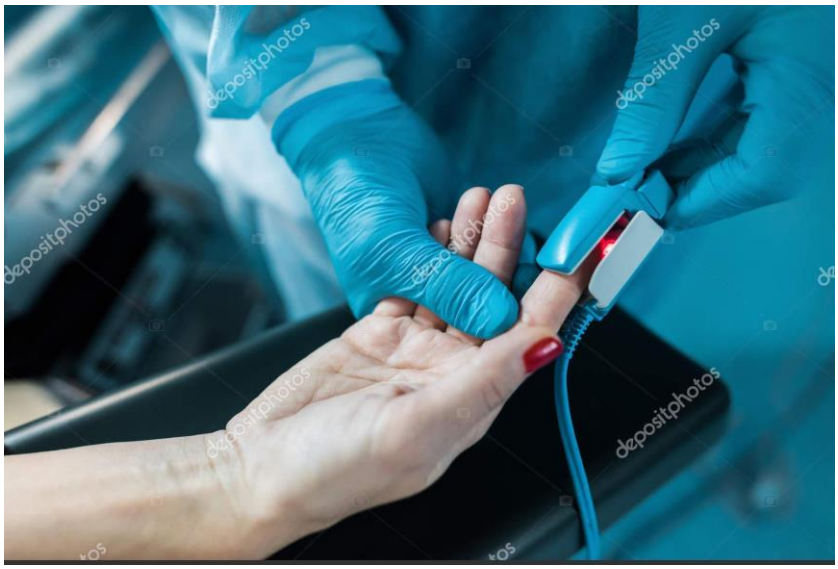
Así mismo, se describe la usabilidad según Jakob Nielsen [10], como “un atributo de calidad que evalúa la facilidad de uso de las interfaces de usuario”. Existen métodos que se pueden aplicar con el objetivo de facilitar el proceso de diseño, para ello se utilizan los cinco atributos de calidad de Nielsen:

- **“Facilidad de aprendizaje:** hasta qué punto es fácil para los usuarios realizar las tareas básicas cuando se enfrentan por primera vez a un diseño.” [10]
- **“Eficiencia:** una vez que los usuarios ya han aprendido el diseño, con qué rapidez realizan las tareas.” [10]
- **“Facilidad para ser recordado:** cuando los usuarios han dejado durante un tiempo de interactuar con ese diseño, cuánto les cuesta recordar cómo se utilizaba.” [10]
- **“Errores:** cuántos errores cometen los usuarios al enfrentarse con el diseño, los pueden solventar fácilmente.” [10]
- **“Satisfacción:** ¿es agradable utilizar el diseño?, ¿son fácilmente localizables los elementos en él?, ¿ayuda o dificulta la realización de las tareas?, ¿volverían los usuarios a utilizar de nuevo ese diseño?”[10]

4.3. OXÍMETRO

El oxímetro está compuesto por una pequeña pinza incorporada que se ajusta a un dedo de la mano o del pie, donde se conectan a los diodos emisores de luz y a un detector de luz, los cuales brillan a través de los tejidos de un lado del sensor a otro, la sangre y los tejidos absorben algo de la luz emitida, dando así la medida de saturación de oxígeno en la sangre y la frecuencia cardiaca permitiendo demostrar si la persona presenta alguna alteración es su ritmo cardiaco o en la sangre [11] (ver Figura 1) [12].

Figura 1: Oxímetro



Fuente: https://sp.depositphotos.com/183828692/stock-photo-cropped-image-doctor-wearing-pulse.html

4.4. ESTRÉS

El estrés es una reacción fisiológica del organismo, considerada como una respuesta natural y necesaria para la supervivencia, donde se aplican diversos mecanismos que ayudan afrontar una situación amenazante o de demanda incrementada, dando así una respuesta que se percibe cuando los recursos no son suficientes para afrontar los problemas.

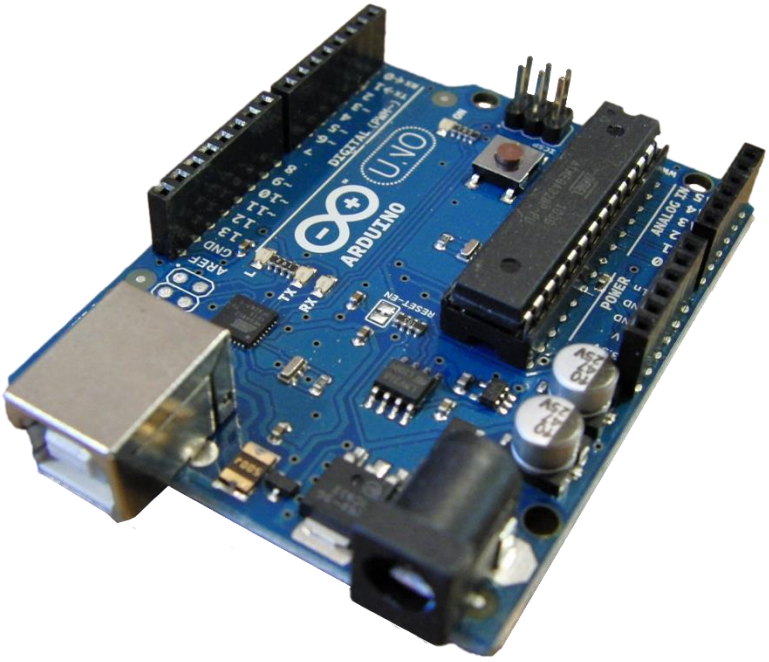
El estrés se puede originar a partir de diferentes patrones, más específicamente a una respuesta frente algún problema natural difícil de resolver, permitiendo que se adopten a los cambios que se producen alrededor, lo que provoca una activación general del organismo. [13]

4.5. ARDUINO

Arduino es una plataforma para proyectos de electrónica utiliza código abierto (open-source) como un entorno de desarrollo que usa un lenguaje de programación Processing/wiring, por otro lado, la parte del hardware está compuesta por microcontroladores y puertos de entrada y salida. Los proyectos de Arduino pueden ser

autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador. Por otra parte, la estructura de programación en Arduino puede cambiar dependiendo de la función o complejidad que se quiere crear, la cual está compuesta por: funciones, sentencias, bucles y otros elementos. Estas funciones se crean con el fin de realizar tareas de usuario repetitivas reduciendo el tamaño del programa [14](ver figura 2) [15]

Figura 2: Placa Arduino UNO



Fuente: https://naylampmechatronics.com/arduino-tarjetas/8-arduino-uno-r3-00008.html

4.6. SBC

"Las siglas SBC significan Single Board Computer o computadora de placa reducida". Estas son placas que engloban la mayor parte de componentes de una computadora corriente.

SBC tiene como característica principal sus dimensiones, las cuales son reducidas. Los tamaños de estas se encuentran desde medidas similares a una memoria USB hasta una tarjeta de crédito; por otro lado, el precio de las placas SBC es otra de las características importantes ya que, generalmente son económicas en comparación a otras en el mercado. Normalmente estas placas no pasan de los 100 dólares. En la actualidad todas las placas ofrecen una potencia suficiente para ofimática, reproducción multimedia y desarrollo, cabe aclarar que si bien es posible correr juegos livianos y emuladores, estas aún no contienen una potencia y características suficientes para tener un uso para juegos actuales que contienen diversos requerimientos [16].

5. MARCO CONCEPTUAL

5.1. RANGOS DE MEDIDA DE LA OXIMETRÍA EN LAS PERSONAS TANTO PARA HOMBRES Y MUJERES

La saturación en la sangre es la cantidad de oxígeno que está en el momento circulando por el torrente sanguíneo cuando el corazón bombea la sangre al cuerpo, el primer lugar al que llega es a los pulmones, donde el oxígeno se une a las células rojas de la sangre (eritrocitos) con el fin de hacer llegar el oxígeno a las diferentes partes del cuerpo. A esto se le conoce como saturación arterial, lo cual consiste cuando los eritrocitos están completamente llenos de oxígeno y es el nivel de oxígeno en la sangre.

La saturación de oxígeno en una persona normal debe estar entre un rango de 95% y un 100%, pero los pacientes con algún tipo de enfermedad respiratoria o pulmonar puede estar por debajo de estos rangos, obligados a utilizar oxígeno suplementario.

Las personas con un rango de oxígeno por debajo de 90% se consideran que tienen hipoxemia que es una saturación de oxígeno baja, y un nivel de oxígeno que se encuentre por debajo del 80% se conoce como hipoxemia severa. El síntoma principal de esta es la dificultad para respirar de forma correcta y está asociada a diferentes enfermedades cardiacas congénitas.

También se puede notar que en un estado de alerta nuestro organismo precisa de un aporte de oxígeno para poder correr y ponernos a salvo, en este tipo de estrés el cuerpo se hiperventila, respirando muy rápido para llenar la sangre con oxígeno que será consumido rápidamente, a esto se le conoce como taquipnea que es un aumento sensible de veces que respiramos por minuto, por consecuencia introducimos más oxígeno en la sangre del que debemos quemar [17].

6. ANTECEDENTES

En esta sección se presentan un conjunto de trabajos relacionados que se tuvieron en cuenta para la presente investigación. En el documento titulado “Propuesta de método automatizado para la medición de la satisfacción en pruebas de usabilidad, a partir del estudio de la expresión facial” [18], se propone un trabajo enfocado en el desarrollo de un método automatizado para la medición de la satisfacción en pruebas de usabilidad, teniendo en cuenta la expresión facial. Dado que estas son las características más usadas por los seres humanos para transmitir una emoción de manera inmediata a otro sujeto, en el cual se tienen patrones culturales generalizados y así denota un cambio en su comportamiento. Existen algunos sistemas de reconocimiento facial, a partir de estos se forman las bases para la creación de este software, el cual tiene la capacidad de identificar por medio de algoritmos el rostro del usuario a través de capturas de imágenes y en esta concluir la emoción de cada uno de los registros, almacenando los datos de tiempo y emoción, generando una gráfica de forma paralela a la prueba para que el evaluador pueda revisar los resultados y generar un reporte. Lo anterior, es acompañado a través de una interfaz intuitiva que permite un fácil manejo para la ejecución de pruebas de usuario desarrolladas en el laboratorio de usabilidad. Este trabajo toma como variable de interés la expresión facial, más no el seguimiento de la oximetría de un usuario, sin embargo, aporta ideas sobre la manera de estimar la satisfacción en pruebas de usuario.

En el artículo “Herramienta para el seguimiento del estrés mental en pruebas de usabilidad” [19], se plantea una prueba de usabilidad de interacción humano software, el cual es una herramienta automatizada para evaluar el estrés mental en el usuario y toma la frecuencia cardiaca como variable fisiológica. Gracias a esta herramienta, es posible obtener la caracterización de patrones de comportamiento emocional que sirven para estimar la percepción de un usuario en una prueba de usabilidad, teniendo en cuenta una muestra del usuario a través de la fórmula Bayefsky. La herramienta está diseñada para usarse en un laboratorio de usabilidad, la cual consta de un cinturón adherido al pecho del usuario durante la prueba y se comunican por medio de señal bluetooth, este dispositivo se encarga de gestionar un registro de tiempo e intervalo, los cuales consignan

los tiempos de cada tarea. De este proyecto se tuvo como referente la capacidad de leer comportamientos fisiológicos por medio de los ritmos cardiacos, el cual es una variable muy importante para el desarrollo del sistema, ya que a partir de este trabajo se toma la iniciativa de estudiar otra variable, como lo es el oxígeno en la sangre, que permite obtener resultados más concretos de la satisfacción de un usuario en pruebas de usabilidad.

En el artículo “Herramienta de reconocimiento facial para medir la experiencia de usuario (UX)” [20] estudia cómo se da el reconocimiento facial y emociones en los seres humanos a partir de su nacimiento, estas se dan por medio de las células nerviosas del cerebro, las cuales son las encargadas de identificar el momento en que un individuo cambia de estado anímico a partir de los rostros evidenciados y estudiados, para ello se utilizan variables: sociales, culturales, capacidades cognitivas y nivel de aprendizaje de una persona, con el fin de establecer su estado de ánimo. El ser humano tiene la capacidad de expresar sus emociones por medio de lo facial y corporal, aunque en los estudios realizados se ha demostrado que la mejor forma que existe para identificar los cambios de estado de ánimo de una persona es por medio del rostro, ya que la expresión facial está relacionada con los sentimientos.

Los sistemas informáticos tienen la dificultad de reconocer diversas emociones, por lo cual se requiere de un sistema con la capacidad de entrenar, estudiar y aprender los diferentes tipos de estas, para ello se clasifican y se estudian las emociones universales con el fin de trabajar sólo con tres de ellas: alegría, disgusto y estado neutro, por lo tanto en las investigaciones se ha incrementado el desarrollo de sistemas con el propósito de reconocer emociones a través de la evaluación experiencia usuario (UX), con el fin de conocer las necesidades del usuario y su nivel de satisfacción ante un producto; cabe aclarar que, es necesario que el sistema capture e identifique el tipo de expresión facial por medio de una imagen y sea comparada por los datos de entrenamiento, para llevar a cabo esto se utilizan los algoritmos Eigenfaces y Fisherfaces que tiene un alto grado de reconocimiento facial y veracidad en los resultados. A partir de este trabajo se toma la investigación de los diferentes tipos de emociones, ya que en el proyecto se estudiará la

variable de oximetría, de tal modo se obtendrá el nivel de satisfacción de las personas ante un producto.

En el documento “Sistema para la deteccion y seguimiento de afecciones cardiacas soportada en SBC” [21], describe que los sistemas SBC (Single Board Computer), gracias al avance de su tecnología tiene características especiales entre ellos: su tamaño y potencia, permitiendo la posibilidad de crear sistemas automáticos e independientes a bajos costos, por esto se desarrolla un sistema de detección y seguimiento de afecciones cardiacas utilizando software libre asociado a dispositivos SBC. Este software indica las pulsaciones por minuto y arroja información del nivel de estrés de esta persona, la cual genera una gráfica dibujando un seguimiento de onda cardiaca. Este trabajo utiliza la tecnología SBC [7] para obtener el nivel de estrés de una persona, del mismo modo se adquiere como aporte la idea de utilizar la misma tecnología con el fin de implementar el sistema encargado de medir la satisfacción de las personas por medio de la variable de oximetría en pruebas de usabilidad.

En escrito “Monitoreo de la actividad cerebral para la evaluación de la satisfacción” [22], se plantea un mecanismo para evaluar la satisfacción basado en el monitoreo de la actividad cerebral “BCI” (Brain Computer Interface), utilizando una métrica que captura datos en tiempo real, de tal modo que ayuda a obtener una medida de la satisfacción en pruebas de usabilidad. Esta permite la interacción entre un individuo y su entorno a través de la actividad cerebral, estos sistemas señalan una nueva forma de comunicación, con el fin de transmitir las intenciones del usuario a un dispositivo electrónico, como una computadora, un equipo móvil, una silla de ruedas, una prótesis. Estos sistemas tienen la capacidad de reconocer un conjunto de patrones en las señales cerebrales, con la capacidad de reconocerlas y pre procesarlas; extraen y clasifican la información relevante y la entregan en un formato de fácil interpretación, para la generación de comandos necesarios para la interacción. Por tal motivo se adquiere el aporte del monitoreo neurológico y la capacidad de procesar señales, ya que a través de las medidas obtenidas se puede concluir el nivel de estrés de una persona ante una prueba de usabilidad.

Estos trabajos relacionados aportaron una comprensión más clara sobre los dispositivos electrónicos que se deben utilizar para realizar un desarrollo de un sistema óptimo para la captura de datos en tiempo real, con el objetivo de analizar las diferentes desventajas que tiene un dispositivo, como en este caso, que el dispositivo no sea invasivo a la hora de realizar las pruebas de usabilidad. Por lo tanto, se retoman muchos aspectos positivos de los anteriores trabajos con el fin de mejorar en si el nuevo sistema para la medición de la satisfacción de las personas en las pruebas de usabilidad.

7. MARCO LEGAL

La Organización Mundial de la Salud describe que hay una reglamentación metrológica en Colombia encargada de definir la ciencia de las mediciones y sus aplicaciones. Para tal motivo hay tres ramas [23]:

- **Metrología científica:** es la encargada de la organización y desarrollo de los patrones de medición y de su mantenimiento.
- **Metrología industrial:** se encarga tanto en el correcto funcionamiento de los instrumentos de medición como en la especialidad de las medias aplicadas a la producción y control de calidad.
- **Metrología legal:** principalmente está relacionada con las actividades que se derivan de los requisitos legales, los cuales son aplicados en la medición, las unidades de medida, instrumentos de medida y en los métodos de medida.

Posteriormente, el esquema metrológico legal establecido para Colombia, se deben clasificar los equipos biomédicos en tres grupos como:

1. "Equipos biomédicos considerados instrumentos de medición cuya finalidad prevista es la de medir, pesar o contar." [23].
2. "Equipos biomédicos que no son considerados instrumentos de medición y por lo tanto su finalidad prevista no es la de medir, pesar o contar, pero cuentan con sistemas o subsistemas que son instrumentos de medición." [23].
3. "Equipos biomédicos que no pertenecen a ninguna de las anteriores categorías. (Su finalidad no es medir pesar o contar y no contienen sistemas o subsistemas que son instrumentos de medición)." [23].

Con todo y lo anterior, la herramienta encargada de medir el nivel de satisfacción de un usuario en una prueba de usabilidad es un dispositivo biomédico, por lo tanto, debe estar alineado a un grupo de los equipos biomédicos antes mencionados, en este caso se alinea al grupo 2, ya que no es en sí un dispositivo de medición, pero por tener sistemas o subsistemas que tiene la capacidad de medir se ajusta a esta categoría.

Por otro lado, el decreto 4725 del 2005 en el artículo 2 describe la clasificación de cada dispositivo dependiendo de su funcionalidad, por lo tanto, este sistema es un dispositivo médico activo, ya que su funcionamiento depende de fuentes de energía eléctrica y no por corrientes generadas directamente por el cuerpo humano [24].

CONCLUSIÓN PARCIALES

Este capítulo reúne diferentes conceptos, los cuales buscan encontrar nuevos aportes para el desarrollo del sistema; teniendo en cuenta los dispositivos similares ya implementados, además se analiza todo lo relacionado para construir un sistema que cumpla con lo requerido en el laboratorio de usabilidad, en este caso para evaluar el atributo satisfacción, el cual influye en las pruebas que se realizan.

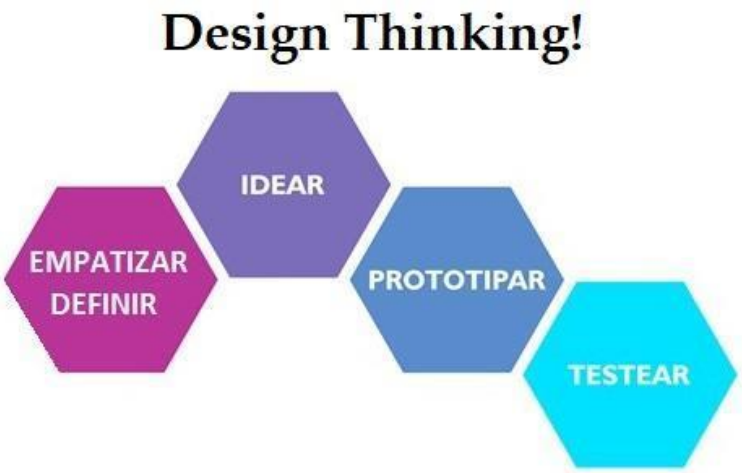
CAPÍTULO III

8. DESARROLLO METODOLOGICO

Durante el desarrollo del proyecto **“SISTEMA HARDWARE-SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS DEL NIVEL DE OXIMETRÍA DE LOS USUARIOS EN PRUEBAS DE USABILIDAD”** se adoptó una metodología práctica y creativa para dar solución a problemas llamados Design Thinking (Ver figura 3), es un conjunto de herramientas que toma elementos como la experimentación y la empatía para encontrar soluciones que no solo satisfagan el proyecto, sino que sean innovadoras lanzando nuevas ideas.

Este proceso está conformado por varias etapas que se encuentran establecidas, las cuales son: Empatizar y Definir, Idear, Prototipar, Testear. Cada etapa se desarrollará de acuerdo con el cronograma de actividades planteado por el equipo de desarrollo [25].

Figura 3: Fases de la metodología



Fuente: PROPIA

Fase 1 Empatizar-Definir: La empatía es la primera fase de la metodología y hace referencia con aquella persona o colectivo para la realización de diseño de una mejor solución. El poder empatizar y comprender a las personas es una fase fundamental del proceso, ya que en esta se encuentra centrada fundamentalmente. Para estas existen diversas maneras, como la observación que trata de analizar los comportamientos en el mismo contexto en que se producen, sin hacer una intervención dentro de las condiciones de laboratorio, solo tomando nota de estos. En la participación se puede generar una conversación, preparando una entrevista apoyada de un libreto que permita obtener información a partir del interrogante "¿Por qué?" ya que permite la profundización en las motivaciones más profundas. Esta fase trata de aprender cuál es el diseño y comprenderlo con el objetivo de determinar para quién estamos diseñando una solución [26]. El análisis consiste en descomponer los conceptos y problemas en componentes fáciles de entender, esto se desarrolla en la primera etapa durante la observación y documentación relacionada con los usuarios.

La síntesis implica unir de forma creativa todos estos conceptos para lograr formar ideas complejas, esto sucede en la etapa de definición cuando ya se organiza e interpreta dándole un sentido a los datos recopilados para crear la declaración de este problema. Es claro afirmar que, aunque el análisis se lleva a cabo durante la prueba de empatía y la síntesis en la etapa de la definición, se debe entender que a menudo ocurren de manera consecutiva en diferentes etapas del proceso para analizar diferentes situaciones y sintetizar nuevos conocimientos [27] [9]. Lo que se pretende es entender el comportamiento del usuario para enfocar el producto por la línea correcta y proponer ideas que ayuden al esclarecimiento del proyecto. Al interior del proyecto de esta fase se desarrollarán una base conceptual tomando los diferentes conceptos que se asocian a los procesos de usabilidad, con el fin de encontrar los diferentes problemas en la búsqueda del modelamiento básico del sistema hardware-software para el análisis del nivel de oximetría de los usuarios en pruebas de usabilidad.

Fase 2 Idear: Es la segunda fase de la metodología, la cual consiste en generar ideas y supone el inicio del proceso del diseño anteriormente mencionado, esta es la fase creativa en la que se muestra cualquier tipo de idea más racional o imaginativa sea viable o no, pero con la capacidad de ser sustentada aunque no se trata de crear ideas como materia prima, así mismo recordar que se requiere prototipar, atendiendo a las restricciones que existen en el entorno [28]. En esta fase del proyecto se identifican y seleccionan las diferentes tecnologías para crear el diseño del sistema hardware-software para el desarrollo del proyecto.

Fase 3 Prototipar: Es la primera prueba del sistema, donde se da ha conocer si la idea tiene sentido o no y así demostrar que técnicamente son factibles, a partir de estos, el equipo producirá una cantidad de acciones reducidas del producto con características específicas que se encuentran en el mismo, esta es la etapa experimental y el objetivo principal es identificar la mejor solución para cada uno de los posibles problemas identificados durante las etapas anteriores [29] . Dentro de esta fase se construye el sistema hardware software a partir de un conjunto de tecnologías abiertas consideradas en la fase 2

Fase 4 Testear: Es la fase final cuyo objetivo es observar si la idea que se pensó y desarrolló finalmente obtuvo la aceptación deseada por el público objetivo, de tal modo se analizará el prototipo con el fin de identificar si existe algún problema de este y así el producto final esté mejor adaptado a la meta establecida. Este test debe realizarse con tiempo y cautela, ya que será el indicado para deducir si la idea puesta en marcha está funcionando o no. Lo que busca entender las emociones como las reacciones racionales del usuario [30]. Para el desarrollo de este, se utilizará un test de usuario, donde usarán el producto previamente finalizado en el laboratorio de usabilidad de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, para lograr analizar qué resultado arroja y saber qué medidas cuantitativas se obtienen, de tal modo establecer que acciones tomar frente a este producto.

9. DESARROLLO DE LAS FASES ALINEADAS AL DESIGN THINKING

Para el desarrollo del proyecto: “Sistema hardware-software para el análisis del nivel de oximetría de los usuarios en pruebas de usabilidad”, se propusieron las siguientes actividades, de acuerdo con la metodología propuesta.

9.1. ETAPA 1: EMPATIZAR Y DEFINIR

A1. Conceptualización de los diferentes tipos de prueba de usabilidad y su estructura.

A continuación, se describen las diferentes pruebas de usabilidad y su estructura o procedimiento para realizarlas.

Tipos de pruebas de usabilidad

En la usabilidad existen diferentes tipos de evaluación, el cual cada uno posee diferentes formas de analizar los productos.

Evaluación heurística: este método de evaluación tiene como objetivo juzgar un diseño de interfaz basándose en los 10 principios propuestos por Nielsen [31], para ello se realizan las pruebas con un grupo de evaluadores encargados de examinar un sistema o prototipo. Los 10 principios generales de Jakob Nielsen llamados heurísticas son las siguientes [31]:

- **Visibilidad del estado del sistema:** lo principal de esta heurística es mantener a los usuarios informados de lo que está sucediendo por medio de comentarios, los cuales tienen que ser apropiados dentro de un tiempo razonable.
- **Coincidencia entre el sistema y el mundo real:** el sistema debe tener la capacidad de manipular el idioma de los usuarios por medio de conceptos familiares, frases y palabras, con la intención de no usar los términos orientados al sistema. Además, es necesario continuar con las convenciones del mundo real con el objetivo de ordenar la información de forma natural y lógico.

- **Control del usuario y libertad:** frecuentemente los usuarios cometen errores a la hora de interactuar con un sistema como elegir funciones no deseadas, por lo tanto, necesitan una opción que les corrija dicho problema como una salida de emergencia. Una solución clara a este es la opción de salir del estado no deseado evitando pasar por un diálogo extendido además debe brindar soporte para deshacer y rehacer.
- **Consistencia y estándares:** los usuarios no deberían tener que preguntarse si diferentes palabras, situaciones o acciones significan lo mismo.
- **Prevención de errores:** los mensajes de alerta para prevenir errores son buenos, pero más aún si se realiza un buen diseño este evitara una cantidad de errores en primera instancia. Además, se busca minimizar las condiciones propensas a generar un error y proponer una opción de confirmación para evitar comprometerse con la acción.
- **Reconocimiento en lugar de recordar:** es importante analizar la carga de memoria de un usuario con el fin de minimizarla y hacer posible que este tenga la facilidad de detallar los objetos, las acciones y las opciones, además es importante resaltar que el usuario no debería recordar información de una parte del diálogo a otra. Ahora bien, el sistema debe tener instrucciones, las cuales deben ser visibles o tener la facilidad de recuperarlas siempre que sea apropiado.
- **Flexibilidad y eficiencia de uso:** el sistema debe lidiar con dos clases de usuarios como los experimentados y los inexpertos, ya que hay situaciones donde el sistema se acelera y el usuario novato no percata esos cambios, al contrario, acelera la interacción para el usuario experto. Esto le permite al usuario personalizar las acciones frecuentes.
- **Diseño estético y minimalista:** es necesario que los diálogos no contengan información irrelevante. La información adicional en un diálogo compite con información relevante y disminuye su visibilidad relativa.

- **Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores:** es importante que los usuarios entiendan los mensajes de errores, los cuales deben estar en un lenguaje que pueda ser comprendido por cualquier tipo de usuario, también deben informar con precisión el problema e indicar constructivamente una solución.
- **Ayuda y documentación:** la información debe ser de fácil acceso y muy puntual para las tareas del usuario, también tienen que estar enumerados los pasos concretos que se vayan a ejecutar y no deben ser muy extensos. Si el sistema se puede usar sin proporcionar documentación es necesario adicionar ayuda y la documentación que se requiera para manipular el sistema.
- **SIRIUS**: el desarrollo de este nuevo sistema de evaluación se da a partir de las evaluaciones heurísticas, métodos y técnicas, las cuales buscan detectar las deficiencias que existen en las interfaces de los sistemas interactivos, por lo tanto; se realizan múltiples aportaciones al nuevo sistema de evaluación de usabilidad. Esta nueva evaluación esta implementada con un conjunto de métodos y técnicas diseñadas para aplicarlas en sitios web y durante todo el ciclo de vida del sitio, obteniendo un dato porcentual cuantitativo, lo cual permite analizar las falencias de los productos software [32]. A partir de esto se integra un conjunto de características del sistema SIRIUS que lo distinguen de las otras propuestas, lo cual permite:
    - ✓ “Cuantificar y comparar la mejora de usabilidad de un sitio en el tiempo.” [33].
    - ✓ “Comparar la usabilidad de diferentes portales de un mismo sector o que por ejemplo compitan por un premio de usabilidad.” [33]
    - ✓ “Establecer clasificaciones y rankings en base a la usabilidad.” [33]
    - ✓ “Comparar el nivel de usabilidad obtenido por un sitio en el tiempo con los resultados de las ventas obtenidas por dicho sitio en ese periodo de tiempo. En la tesis se incluye un ejemplo de este tipo, comprobando que efectivamente la mejora de la usabilidad impacta en las ventas y en qué medida.” [33]

- ✓ “Determinar la relación entre usabilidad y accesibilidad (si a mayor nivel de accesibilidad el portal consigue un mejor resultado en su valor de usabilidad).” [33]

Estructura para realizar una prueba de usabilidad

Según [34] describe que las pruebas de usabilidad son diferentes, ya que todo depende de sus objetivos y limitaciones de cada estudio. Se consideran una lista de actividades para planificar un estudio de usabilidad:

- **Definir objetivos para el estudio:** se debe analizar lo que se quiere aprender, para ello es importante que se reúnan todas las partes interesadas. Para obtener el estudio hay que analizar varios puntos como preguntas, inquietudes, áreas e interés y el propósito de la investigación, como lo hacen los objetivos, los cuales es determinar la metodología de investigación UX elegir.

  Los estudios que se realizan en el área de la usabilidad son los indicados para reunir datos de comportamiento como cualitativos o cuantitativos, también para responder las preguntas relacionadas con respecto al diseño, algunas de las preguntas que se pueden formular son las siguientes: ¿el contenido se presenta de una manera fácil de encontrar y entender? ¿Pueden las personas completar una tarea con éxito? Es necesario tener en cuenta lo que se quiere analizar porque si necesita recopilar comentarios de actitud se recomienda buscar otros que se ajusten para ese objetivo.
- **Determinar el formato y la configuración del estudio:** para determinar qué enfoque es el apropiado se analizan las siguientes consideraciones:
  - ✓ **En el laboratorio o en el campo:** para este caso ¿debe realizar el estudio en sus instalaciones o ir a la ubicación del participante? Los análisis de usabilidad cara a cara se realizan en un espacio interno para mayor comodidad, en este caso un laboratorio de usabilidad.
  - ✓ **Moderado o no moderado:** los estudios moderados tienen varios aspectos positivos como los comentarios abiertos de los participantes, también permiten investigar y solicitar aclaraciones y proporcionan una visión más

rica con respecto al diseño. En cambio, los estudios no moderados proporcionan un acceso a los participantes complicados de reclutar, además son económicos y rápidos.

- ✓ **En persona o a distancia:** los estudios se pueden realizar en persona o a distancia, pero lo más recomendable es en persona, ya que los resultados van a ser más confiables, es decir, la interacción se siente más agradable y puedes detectar señales sutiles, como el lenguaje corporal. Ahora bien, las pruebas en persona tienen algunas falencias para realizarse por diferentes motivos como en lo económico, por el tiempo disponible o porque no puede acudir al sitio de la prueba.
- ✓ **Determine la cantidad de usuarios:** en las pruebas se requiere obtener datos cualitativos y cuantitativos, para los cualitativos se recomienda la participación de 5 usuarios para obtener el mejor retorno de la inversión, pero si la investigación involucra a más de un grupo de usuarios, es necesario ajustar el número de participantes de 2-5 por grupo teniendo en cuenta varios aspectos como el nivel de experiencia y la superposición de actitudes por grupo. Por otro lado, se requiere obtener conclusiones significativas, para ello se necesitan estudios cuantitativos y el seguimiento ocular.
- ✓ **Reclute a los participantes correctos:** la regla fundamental para la ejecución de las pruebas de usuario es conseguir participantes representativos, ya que por estos se recopilan comentarios reales y surgen nuevas ideas. Se recomienda identificar a personas que coincidan con sus datos demográficos y que posean rasgos de comportamiento, actitudes y objetivos con el fin de que coincidan con los de sus usuarios. Los usuarios no deben fingir ni imaginar un escenario porque estos pueden alterar los resultados.
- ✓ **Escriba tareas que coincidan con los objetivos del estudio:** los usuarios deben cumplir con los requisitos de la prueba, en este caso sería completar las actividades o tareas mientras usan la interfaz. Los investigadores deben

describir las actividades en forma de escenarios de tal forma que coincidan con los objetivos de la investigación. Existen dos tipos de escenarios principales:

- **Tareas exploratorias:** el objetivo de estas tareas abiertas es cumplir con la investigación y pueden tener o no una respuesta correcta. La importancia de estas tareas es analizar cómo las personas descubren o exploran información y no son las más apropiadas para las pruebas cuantitativas.
- **Tareas específicas:** estas tareas se utilizan para obtener datos en las pruebas cualitativas y cuantitativas, ya que están enfocadas en obtener respuestas correctas.

  Existen tareas sólidas para realizar un estudio más válido, el cual consiste en formular tareas más fuertes y concretas libres de pistas con el objetivo de que el usuario no evalúe áreas de la interfaz que no son importantes para una investigación, ya que si existen pistas como cuando la tarea contiene la misma palabra que en la pantalla ya no sería un estudio de usabilidad, sino un juego de correspondencia de palabras.

✓ **Realizar un estudio piloto:** el paso a seguir después de formular las tareas para el estudio, es realizar una o dos pruebas antes de la prueba real con el fin de ajustar los estudios de usabilidad en cuanto a la redacción de las tareas, el análisis del tiempo estimado para cada sesión, ajustar la cantidad de tareas que se pueden dar por sesión, determinar el orden de presentarlas y si todo sale como se ha planeado se puede proporcionar un punto adicional para el estudio, ya que esto conduce a resultados más confiables y a evitar errores durante la prueba final. Este estudio es importante cuando se realizan estudios no moderados en línea, ya que no está presente para dar aclaraciones o hacer correcciones con respecto a las instrucciones o descripciones de las tareas.

- ✓ **Decidir sobre la recopilación de métricas:** los estudios cualitativos de la usabilidad tienen como propósito principal recopilar información sobre el diseño, cabe resaltar que al poseer pocos usuarios es probable que las métricas sean poco representativas dentro de toda la población de este. Es por ello que medir la usabilidad no debe ser la prioridad dentro de dicho estudio. Contrario a lo anterior en los estudios cuantitativos se establecen tareas bien definidas y el número de usuarios es significativo por lo cual resultan importantes las métricas de usabilidad (tiempo en la tarea, índices de satisfacción, tasa de éxito y tasa de error).
- ✓ **Escribe un plan de prueba:** después de analizar cómo se va a llevar a cabo la investigación, se debe evidenciar y compartir por la información que contiene, el documento no debe ser extenso, pero sí debe ser concreto y claro, ya que es una herramienta de comunicación entre los miembros del equipo y un registro para futuras investigaciones. Este debe contener la siguiente información la cual es clave:

    - Nombre del producto o sitio que se está probando.
    - Objetivos de estudio.
    - Logística: hora, fechas, ubicación y formato de estudio.
    - Perfiles de participantes.
    - Tareas.
    - Métricas, cuestionarios.
    - Descripción del sistema (Ej.: Móvil, escritorio, configuración de la computadora).
- ✓ **Motivar a los miembros del equipo a observar las sesiones:** La usabilidad posee el gran beneficio de promover la colaboración y la aceptación, razón por la cual es confortable observar las respuestas de los usuarios en el diseño de la interfaz.

  El permitir la observación de las sesiones de las pruebas moderadas por parte de los interesados instaura un campo común y disminuye el tiempo

que se requiere para documentar los resultados y de igual forma comunicarse. Por otra parte, los equipos requerirán de un tiempo menor para adivinar y debatir y un tiempo mayor para diseñar.

Por otro lado, para realizar una prueba de usabilidad a parte de la anterior estructura mencionada, se debe contar con una serie de aspectos como un espacio físico llamado laboratorio de usabilidad, el cual está compuesto por dos espacios, uno para el usuario y el otro para los evaluadores. Además, debe estar equipado por herramientas software y hardware especializados en el monitoreo como también debe tener equipos de grabación tanto de video y audio con el fin de capturar todas las acciones que realicen los usuarios durante la prueba.

Según [18], describe que los laboratorios de usabilidad se pueden adecuar dependiendo del espacio físico, el cual puede ser doble o sencillo, pero es necesario tener en cuenta otros aspectos que también influyen en la adecuación como el grado de equipamiento e infraestructura que se instala. En la figura 4 se puede detallar la adecuación de los diferentes tipos de laboratorio.

Figura 4: Adecuación del Tipo de laboratorios

(a) Habitación simple y complejidad simple.

(b) Habitación|simple y complejidad mediana.

(c) Habitación doble y complejidad mediana.

(d) Habitación doble y complejidad alta.

Fuente: Tomado de la Monografía de Darly Mildred Delgado Agudelo “PROPUESTA DE MÉTODO AUTOMATIZADO PARA LA MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN EN PRUEBAS DE USABILIDAD, A PARTIR DEL ESTUDIO DE LA EXPRESIÓN FACIAL”

- **¿Porque es importante implementar una estructura al momento de aplicar este tipo de pruebas?** Cuando no se planifica una estructura con los métodos adecuados pueden surgir muchos problemas como afectar la evaluación de usabilidad obteniendo resultados no esperados, es decir, la prueba no aportara en sí lo que se esperaba, por lo tanto, es de gran importancia implementar una estructura para las pruebas de usabilidad, ya que se pueden evitar muchos errores en las pruebas reales y optimizar otros recursos tanto económicos como el desgaste del equipo de trabajo. Además, garantiza obtener resultados confiables y precisos, los cuales serán de gran aporte para el estudio que se realiza.
- **¿Porque son necesarias las pruebas de usabilidad?** Las pruebas de usabilidad reportan grandes beneficios y ahorros tanto económicos como en tiempo, permite mayor rapidez en la realización de tareas, también mejora la imagen y el prestigio del sistema, mejora la calidad de vida de los usuarios, este brinda otros aspectos positivos como la satisfacción y la productividad, ya que reduce el estrés cuando interactúe ante un sistema. Estos beneficios conllevan a que un sistema o prototipo cumpla con lo que requieren los usuarios como la facilidad de aprendizaje, flexibilidad y robustez, los cuales son algunos principios básicos de la usabilidad, lo que significa obtener el atributo de calidad, con esto se logra obtener usuarios satisfechos y fieles.

A2. Generación de una base conceptual sobre la usabilidad y sus métodos de evaluación.

¿Qué es la usabilidad?

La usabilidad es una técnica que no es tomada como un elemento indispensable para los nuevos sistemas o productos software, de tal modo es un problema que afecta los desarrollos finales y la perspectiva de los usuarios a la hora de interactuar con aquel producto.

Por otro lado, el objetivo de las pruebas de usabilidad se encarga de evaluar “la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en

condiciones específicas de uso” (ISO/IEC 9126) o “el grado de que un producto puede ser usado por usuarios específicos para lograr las metas con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso determinado” (ISO 9241-11) [10].

La usabilidad según la norma (ISO 9241-11) [10], indica que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos con el fin de alcanzar metas específicas, para ello evalúa el atributo de calidad facilitando el uso de las interfaces. Hay que mencionar que la usabilidad tiene sus métodos para corregir los errores de un producto durante el proceso de diseño. Nielsen [35] puntualiza cinco elementos para obtener el atributo de calidad:

- **Facilidad de aprendizaje:** este elemento analiza el comportamiento del usuario cuando realiza las tareas básicas con el fin de analizar cómo interactúa por primera vez con el diseño.
- **Eficiencia**: cuando los usuarios ya han analizado el diseño, con qué rapidez ejecutan las tareas propuestas por el evaluador.
- **Facilidad para ser recordado:** este método estudia como es el comportamiento de los usuarios cuando han dejado de interactuar con el diseño por un determinado tiempo, con el objetivo de analizar cuánto les cuesta recordar cómo funcionaba dicho sistema.
- **Errores:** verifica la cantidad de errores que cometen los usuarios al interactuar con el diseño por primera vez y analizar si pueden solucionarlos fácilmente.
- **Satisfacción:** para obtener respuesta a este método se realizan una serie de preguntas como: ¿es agradable utilizar el diseño?, ¿son fácilmente localizables los elementos en él?, ¿ayuda o dificulta la realización de las tareas?, ¿volverían los usuarios a utilizar de nuevo ese diseño?

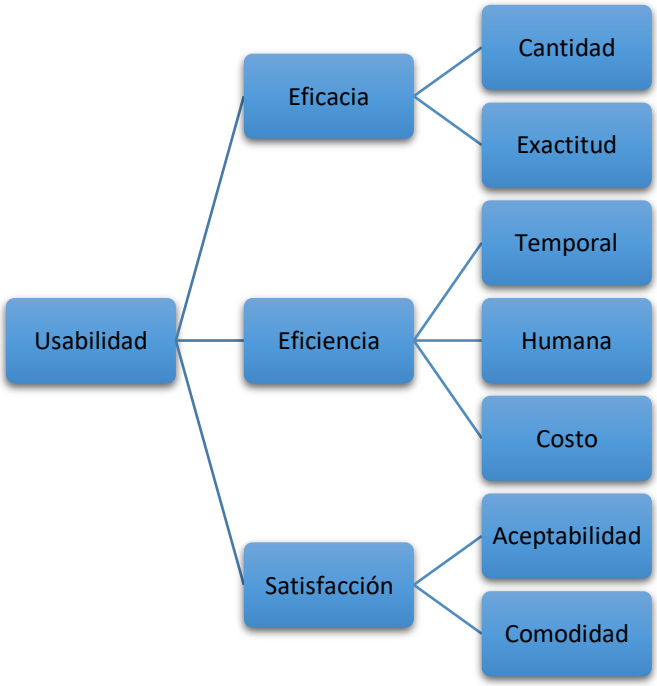
Estándares de usabilidad

Existen diferentes estándares o normas internacionales que entran a definir y caracterizar el concepto de usabilidad tales como la ISO 9241-11 y la ISO 9126 -1 [36].

- La ISO 9241-11, puntualiza que la usabilidad es “la medida en la que un producto se puede usar por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico”. Otros autores como Beltré Ferreras, resalta en sus trabajos que la ISO 9241-11 tiene otra visión sobre la aceptabilidad de un producto y se fundamenta por lo siguiente:
    - ✓ **Eficacia (effectiveness):** “Representa la exactitud con la cual los usuarios alcanzan sus metas especificadas” [37].
    - ✓ **Eficiencia (efficiency):** “Los recursos gastados con relación a la certeza con la cual los usuarios logran las metas” [37].
    - ✓ **Satisfacción**: “La comodidad y la aceptabilidad del uso” [37].

Por otro lado, Beltré Ferreras, en sus estudios separa la usabilidad de la calidad del trabajo, es decir, se centra en el producto y no en el usuario, lo que conlleva al grado de aceptación de un producto dependiendo del desempeño de un usuario, por lo tanto, esta definición se centra en el concepto de calidad para referirse específicamente a los usuarios con el objetivo de analizar cómo realizan las tareas en escenarios específicos con efectividad. En la figura 5 se puede detallar una estructura sobre la eficacia, eficiencia y satisfacción en cuanto a la usabilidad según Beltré Ferreras.

Figura 5: Atributos de la usabilidad



Fuente: http://www.acimed.sld.cu/index.php/acimed/article/view/405/306

- La ISO / IEC 9126-1 es un estándar que describe la usabilidad como la (capacidad de un producto software de ser comprendido, aprendido, usado y de ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso) y otra definición es "la capacidad del producto de software de permitir a usuarios específicos alcanzar metas específicas con efectividad, productividad, seguridad y satisfacción en un contexto de uso determinado". Por lo tanto, todo depende de las capacidades que le otorgue el usuario al producto, por eso se puede decir que todo depende del usuario y no del producto. Además, Suárez Torrente, hace un análisis de los estándares y deduce que la hizo ISO/IEC 9126 destaca la usabilidad como un atributo de calidad del software asociada al diseño y a la evaluación, del mismo modo la analiza en otros términos tales como compresibilidad, aprendizaje, operabilidad, atractividad y conformidad.

A continuación de describe cada término según Suárez Torrente:

- ✓ **Comprensibilidad:** este término se encarga de definir el producto con el fin de obtener la capacidad total para darle a conocer al usuario si es el software indicado y como debe manipularlo para realizar tareas.
- ✓ **Aprendizaje:** capacidad del producto software permite a los usuarios aprender a interactuar de una forma sencilla y rápida.
- ✓ **Operabilidad:** capacidad que ofrece el producto software con el fin de brindarle al usuario una forma sencilla de operar con él y que obtenga control de este.
- ✓ **Atractividad:** tiene como objetivo ser atractivo ante un usuario, es decir, que los atributos del software sean interesantes como los colores y el diseño de la interfaz.
- ✓ **Conformidad a estándares y pautas:** capacidad para familiarizarse a estándares, convenciones, guías de estilo o regulaciones relacionadas con la usabilidad.

La anterior definición resalta en los atributos internos y externos del producto contribuyendo de forma positiva en la usabilidad. Además, se derivan los siguientes estándares:

- ✓ **Estándar ISO/IEC TR 9126-2,** ingeniería de software – calidad de producto – calidad en métricas externas.
- ✓ **Estándar ISO/IEC TR 9126-3,** ingeniería de software – calidad de producto – métricas internas.
- ✓ **Estándar ISO/IEC TR 9126-4,** ingeniería de software – calidad de producto – calidad en métricas de uso.

En la siguiente tabla se pueden detallar algunos estándares o normas internacionales con respecto a la usabilidad de procesos y productos (Ver tabla 1).

Tabla 1: Estándares internacionales relativos a la usabilidad de procesos y productos.

Categorías	Estándar internacional	Descripción/Partes
Estándar orientado	**ISO 880 6385 (1981)**	Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo.
	ISO 13407 (1999)	Procesos de diseño centrado en el hombre para sistemas interactivos.
	ISO 9241	Requerimientos ergonómicos para trabajos de oficina con terminales de visualización.
		Parte 1: Introducción general (1997). **Parte 2:** Guía sobre requerimientos de tareas (1992). **Parte 11:** Guía sobre usabilidad (1998).
	ISO 10075 (1991)	Principios ergonómicos relacionados con la carga de trabajo mental - Términos generales y definiciones.
	ISO/IEC 14598	Tecnología de la información - Evaluación producto de software.
		Parte 1: Visión general (1999).
Estándar orientado	**ISO 9241**	**Parte 2:** Requerimientos ergonómicos para trabajos en empresa con terminales de visualización.
		Parte 3: Requerimientos para la visualización en monitores (1992). **Parte 4**: Requerimientos para teclado (1998). **Parte 5**: Requerimientos de postura y "layout" para estaciones de trabajo (1998). **Parte 6:** Guía sobre el entorno de trabajo (1999). **Parte 7:** Requerimientos para el tratamiento de reflejo en monitores (1998). **Parte 8:** Requerimientos para el uso de colores en monitores (1997). **Parte 9:** Requerimientos para dispositivos de entrada sin teclado (2000). **Parte 10:** Principios de diálogo (1996). **Parte 12:** Presentación de información (1998). **Parte 13:** Guía de usuario (1998). **Parte 14**: Diálogos de menús (1997). **Parte 15:** Diálogos de comandos (1997). **Parte 16:** Diálogo de manipulación directa (1999). **Parte 17**: Diálogos para rellenar formularios (1998).
	ISO 11581	Tecnología de la información - Interfaces y símbolos de sistemas de usuario - Símbolos y funciones de iconos.
		Parte 1: Iconos - General (2000). **Parte 2:** Iconos de Objetos (2000). **Parte 3:** Iconos de Punteros (2000). **Parte 6:** Iconos de Acción (1999

Fuente: http://oa.upm.es/1176/1/HAYSER_JACQUELIN_BELTRE_FERRERAS.pdf

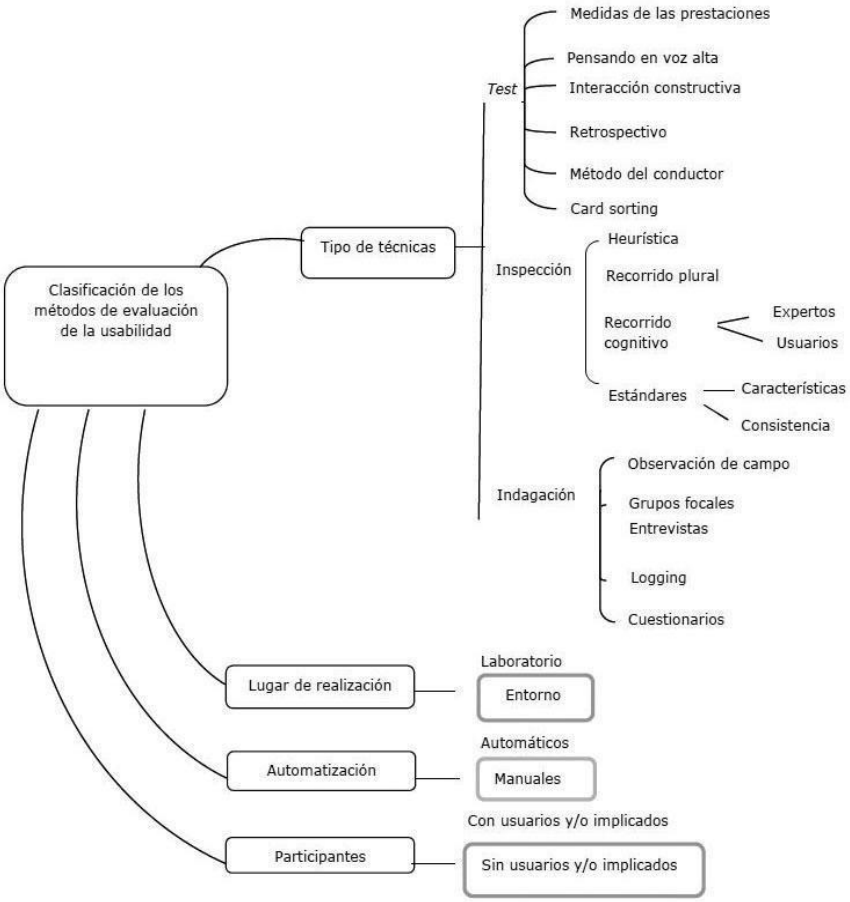
Métodos de evaluación

Para desarrollar los test de usabilidad existen diferentes métodos, pero la selección de cada uno depende de múltiples componentes como el espacio donde va estar ubicado el

laboratorio, el cual influye en la instalación de herramientas y tecnología que se requiere para una evaluación, ya que cada método utiliza diferentes medios y técnicas.

En la figura 6 se puede observar los diferentes métodos para desarrollar un test y cómo se lleva a cabo un proceso de evaluación, además se analiza donde se puede realizar las posibles técnicas y lo más importante si hay participación de los usuarios.

Figura 6: Clasificación de los métodos de evaluación de la usabilidad



Fuente: http://www.acimed.sld.cu/index.php/acimed/article/view/405/306

Por otro lado, Granollers i Saltiveri [38], ha realizado muchas investigaciones, las cuales se han destacado en el ámbito internacional. La propuesta surge a partir de la clasificación de los diferentes métodos de evaluación, los cuales se dan por medio de la metodología que integra la ingeniería de software, la interacción persona ordenador y la accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares (MPIu+a) [39].

A continuación, se describen los siguientes métodos con sus respectivos pasos para evaluar el atributo de calidad, los cuales son [32]:

Método de indagación o sondeo.

Este método se basa en la observación directa hacia los usuarios, lo que permite percibir la forma de trabajo de cada uno y las posibles respuestas de cada pregunta formulada por el evaluador, entre estos métodos están:

- **Observación de campo / estudio etnográfico:** consiste en analizar la forma de realizar las tareas y las acciones del usuario durante alguna prueba, con el objetivo de estudiar su contexto y su actividad.
- **Grupo de discusión dirigido o Focus Group:** en este método se recopila información del sistema por medio de entrevistas realizadas en grupos de 5 a 8 personas, con el objetivo de reunir opiniones e ideas espontáneas de los usuarios para intercambiar ideas y discusiones.
- **Entrevistas personales:** se realizan entrevistas individuales siguiendo un cuestionario no estructurado con el fin de cotejar respuestas, comentarios y la manera de cómo se expresa el usuario; actividad que se realiza para obtener la opinión de los usuarios y su grado de satisfacción respecto al sistema que se está evaluando.
- **Cuestionarios:** se proponen una serie de preguntas estructuradas, las cuales el usuario deberá responder sin ninguna clase de ayuda, con el fin de obtener información acerca de usos y motivaciones de cada uno de ellos, razón por la cual se conocen sus preferencias, intereses y relaciones con el sistema a analizar [40].

Método de inspección.

El siguiente método se basa en el análisis elaborado por uno o varios expertos directamente sobre la interfaz o el prototipo, para ello se tienen en cuenta las siguientes técnicas:

- **Heurística:** la usabilidad es la técnica más empleada para ahorrar tiempo y dinero en las que se emplean los usuarios, para ello se realiza un análisis de la interfaz por parte de un grupo de evaluadores expertos, los cuales se basan en los principios de usabilidad ya establecidos, de esta manera se sitúan las falencias de un sistema y posteriormente se solucionan aquellos problemas en la fase de diseño.
- **Recorrido/ensayo cognitivo:** esta parte se enfoca en estudiar la complejidad de aprendizaje del sistema, por medio de los prototipos en las fases iniciales con el objetivo de minimizar costos en los posibles cambios. Estos estudios son realizados por un grupo de expertos los cuales realizan el papel de usuarios.
- **Recorrido de usabilidad plural:** en esta técnica interactúan usuarios, desarrolladores, diseñadores y expertos en usabilidad, para asumir el rol de usuarios del sistema con el objetivo de estudiar y discutir los diferentes módulos de la interfaz, especificando las tareas de la evaluación para dicho sistema y por último buscando los problemas y soluciones.
- **Inspección de estándares:** en este método se verifica la interfaz de tal modo que cumpla con los estándares establecidos (W3C) [41], para ello es necesario que lo realice una persona experta en usabilidad y con amplios conocimientos en los estándares de interfaz de usuario [40].

Método de testing.

Por este lado, el trabajo se basa en los usuarios representando las tareas concretas en la interfaz o prototipo y terminando con un análisis por expertos.

- **Pensando en voz alta (thinking aloud):** en este método el usuario emitirá en voz alta sus impresiones, sentimientos y opiniones a media que interactúa con el

sistema, además debe realizar críticas constructivas para la mejora del sistema con el que se está trabajando.

- **Método de Co-Descubrimiento:** para este método es indispensable que dos usuarios realicen las tareas de forma colaborativa, las cuales fueron propuestas por un evaluador mientras son monitoreadas por un experto.
- **Ordenación de tarjetas (card sorting):** el método emplea una estructura organizativa del sistema, la cual es realizada por un experto en arquitectura de la información. Este se realiza con tarjetas donde se describen las diferentes categorías del sistema [40].

A3: Identificación de los principales problemas en el desarrollo de las pruebas de usabilidad.

En las pruebas de usabilidad se dan muchos errores cuando se ejecuta la prueba afectando los resultados del estudio que se realiza, estos se dan por malas planificaciones el cual será una gran desventaja para el producto que de evalua. Existen problemas que se dan por una mala planificación como: selección de los usuarios, falta de tecnología, falta de experiencia y muchos más aspectos que son importantes para la ejecución de las pruebas. Algunos de los problemas se describen a continuación [42]:

- No tener el material disponible o formatos a la mano en el orden que serán usados.
- No citar a los usuarios con tiempo para la ejecución de la prueba, ya que es necesario platicar con ellos antes de la prueba con el fin de relajarlos y hacerlos sentir en confianza.
- El equipo de evaluadores no se comporta con seriedad, es decir, sorprender a los usuarios con sonidos cuando estén ejecutado la prueba, por lo tanto, se deben evitar distracciones como: teléfonos, visitas personales, platicar entre evaluadores.
- No reunirse con los usuarios al finalizar la prueba, ya que en ocasiones proveen más información de la cual no se puede captar mediante la prueba.
- No reunirse entre evaluadores para discutir los errores de planificación de la prueba con el objetivo de mejorarla.

- No realizar las pruebas piloto con el objetivo de retroalimentar la planificación de la prueba, como corrigiendo las instrucciones o descripciones de las tareas, tiempo, tipo de usuarios, conectividad a internet o con el software (navegadores, controladores, plugins) que son utilizados por el usuario el usuario.
- Realizarle la prueba a un usuario que tenga conocimientos de usabilidad.

A4: Exploración del concepto de oximetría y diferentes tecnologías empleadas para su obtención.

En el transcurso de la historia, el ser humano ha presentado diferentes problemas en los cuales ha tenido que idear nuevas soluciones para satisfacer sus necesidades como: “la salud, el vestido, la alimentación, la vivienda, la comunicación, el transporte, seguridad, trabajo, ocio, etc.”; es por ello por lo que actualmente, existen diferentes dispositivos tecnológicos que se utilizan de forma cotidiana, ya que facilitan la vida diaria del hombre.

Es así, como la tecnología se ha vuelto fundamental en muchos aspectos de la vida, especialmente en el campo de la salud el cual; una parte de este aborda la detección de rasgos fisiológicos con el objetivo de determinar distintas características del comportamiento emocional de las personas [43].

Es por ello que se abordará la oximetría como herramienta tecnológica que permite medir la concentración del oxígeno en la sangre, con el fin de obtener un registro de los datos recolectados por medio del sistema diseñado a través de componentes electrónicos tales como: sensores, software y hardware, diseñados especialmente para las pruebas de usabilidad y de esta manera predecir el nivel de estrés que presentan los usuarios al momento de interactuar con una plataforma web.

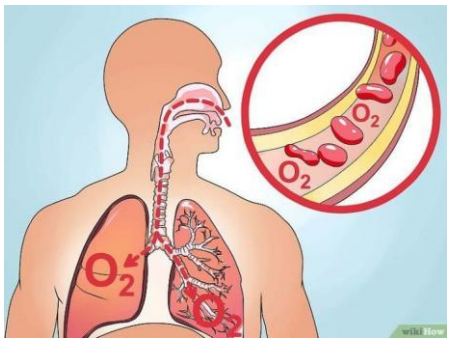
Técnicas

A continuación, se mencionan algunas técnicas que permiten medir el nivel de estrés que presenta una persona al momento de interactuar con un aplicativo.

- **Saturación de oxígeno en la sangre u oximetría:** La saturación de oxígeno en la sangre es un parámetro muy importante (Ver Figura 7), ya que por medio de

este se mide la cantidad de hemoglobina oxigenada que hay en un ser vivo, es decir, es la capacidad de transportar el oxígeno entre los capilares pulmonares y el resto del cuerpo, por tal razón la lectura se realiza por medio de las arterias y arteriolas del cuerpo que se encuentran en los dedos de las manos y de los pies, la oreja y la nariz, además la cantidad de sangre que atraviesa el cuerpo varía en función de la pulsación cardiaca. Del mismo modo es importante resaltar que una persona sana, que no posea ninguna enfermedad pulmonar y respirando aire a nivel del mar tendrá una saturación de sangre normal, la cual deberá estar entre el rango de 95-100%, esto se puede alterar por muchas causas, como por altitudes extremas, tabaquismo, la inhalación de gases y por alguna enfermedad pulmonar que posea la persona [44]. Este parámetro se asocia en los dispositivos que se utilizan para medir variables similares, como el oxímetro de pulso, el pulsímetro, pulsioxímetro, etc.

Figura 7: Saturación de oxígeno en la sangre



Fuente: https://es.wikihow.com/medir-la-saturaci%C3%B3n-de-ox%C3%ADgeno-usando-un-ox%C3%ADmetro-de-pulso

- **Ritmo cardíaco:** La frecuencia cardiaca es un indicador del nivel de activación de una persona, el cual tiene variaciones ante situaciones de ansiedad (Ver Figura 8), por lo que los investigadores dan como respuesta un estado de emocionalidad, de tal modo existen otros parámetros frecuentemente estudiados que a través de ellos puede haber un cambio o incremento de ansiedad o, ritmo cardiaco ya mencionado, presión sanguínea, ritmo respiratorio, indicadores bioquímicos como la adrenalina y noradrenalina [45].

Figura 8: Tipos de ritmos cardiacos

Fuente: Tomado de la monografía de Darly Mildred Delgado Agudelo “PROPUESTA DE MÉTODO AUTOMATIZADO PARA LA MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN EN PRUEBAS DE USABILIDAD, A PARTIR DEL ESTUDIO DE LA EXPRESIÓN FACIAL”

- **Expresiones faciales:** Los seres humanos poseen unas características como las expresiones faciales que son utilizadas entre los mismos, las cuales permiten transmitir de manera universal un estado de emoción que se ve reflejado en los rostros de las personas (Ver Figura 9), además existen patrones culturales generalizados que tienen la capacidad de captar un cambio en la gesticulación del rostro como señal de comportamiento [46].

Figura 9: Reconocimiento facial de emociones

Fuente: Tomado de la monografía de Darly Mildred Delgado Agudelo “PROPUESTA DE MÉTODO AUTOMATIZADO PARA LA MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN EN PRUEBAS DE USABILIDAD, A PARTIR DEL ESTUDIO DE LA EXPRESIÓN FACIAL”

En el campo de la tecnología, las expresiones faciales están generalmente asociadas a la inteligencia artificial, dado que esto necesita de autoaprendizaje para tener la capacidad de reconocer si un valor es correspondiente a una imagen de rostro, lo cual significa que es necesario medir los valores de pixeles o puntos de referencia que hay en las imágenes con el objetivo de determinar si aquella información se encuentra presente o ausente en los datos ya recolectados.

Tecnologías

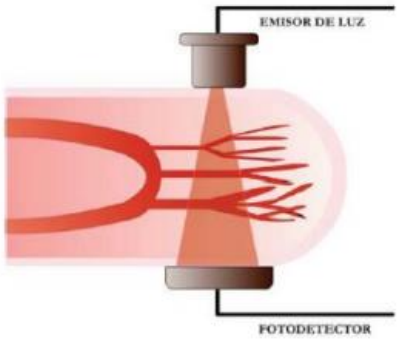
A continuación, se describen algunas tecnologías que son necesarias para implementar el sistema capaz de medir la cantidad de oxígeno que tienen las personas en la sangre.

- **Modulo sensor:** En la actualidad, el campo de la ingeniería es cada vez más requerida por el ámbito de la medicina, ya que cada vez se requieren más dispositivos complejos, fiables y completos, para el desarrollo de estos se utiliza la electrónica que está muy presente en todos los procesos o dispositivos médicos. Con esta tecnología se ha conseguido alcanzar muchos objetivos, como simplificar operaciones muy costosas que actualmente se realizan constantemente con mucha facilidad y por cualquier persona especializada, del mismo modo se ha logrado facilitar el control de tecnologías para realizar desde su propia casa un control más detallado de diversos parámetros tales como: la tensión sanguínea, la glucosa, etc.

  El método que se utiliza para obtener el porcentaje de saturación de oxígeno en la sangre no es invasivo, por lo tanto, se puede usar de forma constante sin ningún problema. El porcentaje se puede determinar por medio de los métodos fotoeléctricos. Generalmente este dispositivo se debe colocar en las zonas del cuerpo más conocidas, con el fin de capturar un buen flujo sanguíneo, por tal razón se recomienda utilizar los dedos de las manos o del pie, la frente, los lóbulos de las orejas o el puente de la nariz.

  Este método consiste en la emisión alterna de dos longitudes de onda diferentes (luz roja e infrarroja) (Ver Figura 10), las cuales son emitidas por un emisor hasta un fotodetector a través de una de las zonas citadas anteriormente del paciente, del mismo modo es necesario medir la absorbancia de cada longitud de onda causada solo por la sangre arterial, haciendo caso omiso a la sangre venosa, es así como a través este procedimiento se logra obtener el nivel de oxigenación en la sangre y la pulsación cardiaca [47].

Figura 10: Emisión y recepción de luz a través del dedo



Fuente: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/91753/LÓPEZ%20-%20Diseño%20e%20implementación%20de%20un%20pulsiox%C3%ADmetro.pdf?sequence=1

- **Oxímetro de pulso:** Es un método no invasivo que permite medir el nivel de oxígeno en la sangre (Ver figura 11), también analiza la frecuencia cardiaca y la amplitud del pulso. Para determinar la cantidad de oxígeno en la sangre, el oxímetro de pulso o pulsioxímetro está construido por dos sensores o sondas con diodos emisores de luz (DEL), el cual uno de ellos es de luz IR y el otro para R; además, de un fotodiodo detector. Para obtener el nivel de oxígeno los diodos emisores de luz (DEL) y el fotodiodo detector deben ubicarse en puntos opuestos con el fin de dejar el tejido translúcido en la mitad. El proceso encargado de obtener la lectura de la oxigenación es cuando cada pulsación de la sangre arterial se transmiten valores lumínicos, detectando al mismo tiempo la frecuencia cardiaca. Las técnicas de la oximetría se basan especialmente en un análisis espectrofotométrico que miden las porciones de luz transmitidas y absorbidas por la hemoglobina [48].

  La técnica más apropiada para obtener una lectura correcta del nivel de oximetría es seleccionar el tipo y tamaño del sensor, así como la ubicación adecuada, en este caso se recomienda ponerlos en los dedos de las manos o del pie, lóbulo de la oreja o dorso de la nariz [49].

Figura 11: Oxímetro de pulso

Fuente: https://sanandresitoonline.com/producto/promocion-oximetro-medidor-de-oxigeno-obsequio-audifonos/

- **Pulsómetro:** Este método permite medir la frecuencia cardiaca en tiempo real por medio de dispositivos creados como el pulsómetro, también denominado monitor de ritmo cardiaco o sensores que se programan para monitorear el flujo sanguíneo a través de las venas (Ver Figura 12), por tal razón son muy utilizados por los deportistas, tanto durante la práctica deportiva para controlar el esfuerzo, como tras el entrenamiento para evaluar la capacidad física del deportista. La programación de este sensor se hace por periodos cortos con el fin de tomar registros de seguido para así obtener los distintos niveles de ansiedad y del mismo modo detectar el nivel donde el individuo presenta un estado de emoción normal con respecto a las variaciones cardiacas [45].

Figura 12: Dispositivos de ritmo cardiaco

Pulsometro

sensor-pulsometro-ritmo-cardiaco

Fuente: Tomado de la monografía de Darly Mildred Delgado Agudelo “PROPUESTA DE MÉTODO AUTOMATIZADO PARA LA MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN EN PRUEBAS DE USABILIDAD, A PARTIR DEL ESTUDIO DE LA EXPRESIÓN FACIAL”

9.2. ETAPA 2: IDEAR

A5: Identificación de las diferentes tecnologías abiertas para el diseño del sistema.

Para la ejecución de este proyecto fue necesario utilizar un sensor de oximetría que permite medir el porcentaje de saturación de oxígeno y hemoglobina (SaO2) en la sangre.

Para ello se investigó sobre un sensor capaz de establecer una conexión con un sistema SBC y se encontró que actualmente en el mercado es limitado porque solo una empresa está desarrollando este tipo de sensor (MAX) [50] que en la actualidad su último diseño es el MAX 30102 (Ver figura) bajo la licencia y compatibilidad con ARDUINO.

Figura 13: Sensor MAX 30102

Fuente: Propia

El MAX 30102 es un dispositivo que integra un pulsioxímetro y un monitor de frecuencia cardiaca, el cual está constituido por diferentes componentes como: dos Leds, un led rojo (660nm) y un led infrarrojo (920nm), un fotodetector, óptica especializada, filtro de luz ambiental entre 50 y 60Hz y un conversor ADC delta sigma de 16 bits y de hasta 1000 muestras por segundo. Además, posee un sensor de temperatura interno para compensar los efectos de la temperatura en la medición. Por otra parte, necesita de dos voltajes para funcionar: 1.8V y 3.3V, por lo que este módulo incluye ambos reguladores de voltaje en placa, de ese modo solo se necesita una fuente de 5V para la alimentación. Su consumo de corriente es mínimo, por lo que es ideal para aplicaciones portátiles. Puede ser utilizado en equipos de monitoreo médico, asistentes de estado físico y wearables en general.

Del mismo modo se recopila información sobre las diferentes placas SBC, que son compatibles con el uso del sensor de oximetría, el cual es único en el mercado de conexión con placas SBC como el sensor MAX 30100. Por lo tanto, se realiza un proceso de investigación y exploración para seleccionar la SBC más adecuada para el proyecto, esta información se encuentra a continuación (tabla 2), donde se describe un listado de

SBC´s, determinando las características que la componen, para finalmente poder analizar y decidir la óptima:

- Procesador
- SRAM
- Memoria Flash
- Bluetooth
- USB
- Ethernet
- Wireless
- Precio

Tabla 2: Características de tarjetas SBC

N°	NOMBRE	PROCESADOR	M.FLASH	SRAM	USB	ETHERNET	LECTOR SD	WI-FI	Bluetooth	PRECIO
1	Arduino UNO	ATmega328. 16MHz	32 KB	2KB	NO	NO	NO	NO	NO	Aprox. 60.000 COP
2	GENUINO MKR1000	SAMD21 CORTEX -M0 48 MHz	32KB	2KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 140.000 COP
3	MKRZERO	SAMD21 CORTEX -M0 48 MHz	256KB	32KB	SI	NO	SI	NO	NO	Aprox. 105.000 COP
4	MKR WIFI 1000	SAMD21 CORTEX -M0 48 MHz	256KB	32KB	SI	NO	NO	SI	NO	Aprox. 157.000 COP
5	MKR FOX 1200	SAMD21 CORTEX -M0 48 MHz	256KB	32KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 150.000 COP
6	MKR WAN 1300	SAMD21 CORTEX -M0 48 MHz	256KB	32KB	SI	SI	NO	SI	NO	Aprox. 157.500 COP
7	MKR GSM 1400	SAMD21 CORTEX -M0 48 MHz	256KB	32KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 262.150 COP
8	MKR NB 1500	SAMD21 CORTEX -M0 48 MHz	256KB	32KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 315.000 COP

9	DUE	AT91SAM 3X8E 84	512KB	96KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 147.000 COP
10	MKR VIDOR 4000	INTEL CYCLONE 150 MHz	2MB	8MB	SI	NO	NO	SI	NO	Aprox. 250.00 COP
11	DEBIDO	AT91SAM 3X8E 84 MHz	512KB	96KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 140.000 COP
12	YUN REV2	Atheros AR9331 16 MHz	16 MB	64 MB	SI	SI	SI	SI	SI	Aprox. 210.000 COP
13	NANO 33 BLE	CORTEX M4F 3.42 MHz	1MB	8MB	SI	NO	NO	NO	SI	Aprox. 122.00 COP
14	MEGA 2560	AT MEGA 2560 16 MHz	256KB	8KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 140.000 COP
15	MEGA ADK REV3	AT MEGA 2560 16 MHz	256KB	8KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 175.000 COP
16	LEONARDO	AT MEGA 32U4 16 MHz	32KB	2.5KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 84.000 COP
17	LEONARDO ETH	AT MEGA 32U4 16 MHz	32KB	2.5KB	SI	SI	SI	NO	NO	Aprox. 161.000 COP
18	GENUINO MICRO	AT MEGA 32U4 16 MHz	32KB	2.5KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 87.500 COP
19	GENUINO ZERO	ATSAM CORTEX M0 48 MHz	256KB	32KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 161.000 COP
20	ESPLORA	AT MEGA 32U4 16 MHz	32KB	2.5KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 306.550 COP
21	MINI	AT MEGA 32U4 16 MHz	32KB	2KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 84.000 COP
22	ETHERNET SHIELD 2	WIZNET W5500 16 MHz	256KB	32KB	SI	SI	SI	NO	NO	Aprox. 725.900 COP
23	FIO	AT MEGA 328V 16 MHz	8KB	512bytes	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 84.000 COP

24	TIAN	Atheros AR9342 16 MHz	16MB	64MB	SI	SI	NO	SI	NO	Aprox. 192.000 COP
25	LILYPAD	AT MEGA 32U4 16 MHz	32KB	2.5KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 84.000 COP
26	PRO OR PROMINI	AT MEGA 328 16 MHz	32KB	2KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 42.000 COP
27	ROBOT CONTROL	AT MEGA 32U4 16 MHz	32KB	2.5KB	SI	NO	SI	SI	SI	Aprox. 696.000 COP
28	GEMMA	ATTINY85 8 MHz	8KB	512bytes	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 30.200 COP
29	CIRCUIT PLAYGROUN D	SENSORES 8 MHz	8KB	512bytes	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 152.000 COP
30	YUN MINI	AT MEGA 32U4	32KB	2.5KB	SI	NO	NO	SI	NO	Aprox. 110.000 COP
31	INDUSTRIAL 101	INTEL CURIE 32 MHz	196KB	24KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 105.100 COP
32	UNO WIFI	AT MEGA 4809	48KB	6.1bytes	SI	NO	NO	SI	NO	Aprox. 154.000 COP
33	M0 PRO	ATSAM CORTEX M0 48 MHz	256KB	32KB	SI	NO	NO	NO	NO	Aprox. 161.000 COP
34	PRIMO	NORDICO NRF52832 64 MHz	512KB	64KB	SI	NO	NO	SI	SI	Aprox. 192.000 COP

Fuente: Propia

A6: Selección de tecnologías adecuadas para la construcción de sistema.

Esta investigación se realizó considerando la solución más adecuada para obtener un sistema eficiente y con el menor costo posible, por ende, se tomaron la cantidad de variables y componentes a utilizar durante el desarrollo de este proyecto, determinando la mejor opción para la implementación del sistema

El sensor Max 10300 o Max 10302 es un dispositivo que integra un pulsioxímetro y un monitor de frecuencia cardiaca. Se caracteriza por tener un consumo de corriente mínimo,

por lo que es ideal para aplicaciones portátiles. Puede ser utilizado en equipos de monitoreo médico, asistentes de estado físico y wearables en general.

El módulo bluetooth implementado es el HC-05 este módulo es muy fácil de usar en prototipos, de fácil conexión y de simple configuración utilizando un microcontrolador, cuenta con todas las señales que se necesitan para establecer una comunicación, ya que cuenta con señal certificada de bluetooth 2.0 de alta fidelidad y amplio rango de alcance.

En cuanto a la selección del SBC, se estableció un nivel cuantitativo para la escogencia de la SBC a partir de la siguiente métrica para determinar cuál es el más adecuado a partir de los siguientes datos porcentuales:

- El procesador, se establece un 10%, esto debido a que la ejecución del programa requiere en gran parte de los servicios de la frecuencia de procesamiento internamente en la SBC por lo cual cumple una función indispensable en el desarrollo.

- Memoria flash, se establece un 10%, puesto que en esta no es una memoria volátil y es donde se guardan sketch ya compilado y estos sistemas SBC de Arduino equivale al disco duro.

- SRAM, se establece un 10%, dado a que esta funciona como un banco de registros y memoria volátil donde el sketch cree y manipula las variables cuando son ejecutadas y esta es un recurso limitado.

- USB, se establece un 10%, ya que es posible a través de éste la inserción de datos y la alimentación eléctrica de estos dispositivos.

- ETHERNET, se estable 5%, debido a que se podría utilizar para realizar una conexión directa y alternativa a la red del sistema.

- Lector SD, se establece un 5%, puesto que la memoria flash con la que cuentan estos dispositivos es muy limitada y esto permite poder extender la capacidad de

almacenamiento de la tarjeta SBC, aunque esta puede ser ampliada a través de un módulo externo.

- Wifi integrado, se establece un 5%, ya que esta permite la conexión directa con la base de datos FIREBASE.
- Bluetooth, se establece un 5%, dado que esta conexión permite el monitoreo de forma remota a través de un periférico móvil.
- Precio, establece un 40%, ya que se busca que la SBC sea de un precio bajo, pero que cumpla con los parámetros establecidos para la investigación.

Determinados los factores importantes para formalizar una métrica, con la cual se establecerán los valores, según características de las diferentes SBC anteriormente nombradas. De acuerdo con las fórmulas encontradas en Introducción a la minería de datos [51]. De lo anterior se obtuvieron los siguientes puntajes dentro de la tabla normalizada [52].

Fórmula empleada para normalización de CPU, Costo y RAM:

$$V' = \frac{V - min_A}{max_A - min_A} * (newmax_A - newmin_A) + newmin_A$$

Esta fórmula de normalización se aplica para CPU, SRAM, MFLASH Y PRECIO reemplazando los siguientes valores, en una escala de 1 a 5,

V = es el valor establecido que se encuentra en la tabla

max_A = El Valor máximo de Atributos

min_A= El valor mínimo de atributos

$newmax_A$ = Máximo valor asignado

$newmin_A$ = Mínimo valor asignado

V’ = valor en la escala

CPU

- Valor máximo: 150 MHz – En la escala corresponde a 5
- Valor Mínimo: 3.42 MHz – En la escala corresponde a 1

M.Flash

- Valor máximo: 16384 KB – En la escala corresponde a 5
- Valor Mínimo: 8 KB – En la escala corresponde a 1

SRam

- Valor máximo: 65534 KB – En la escala corresponde a 5
- Valor Mínimo: 0.5 KB – En la escala corresponde a 1

Precio comercial

- Valor máximo: 321000 Pesos – En la escala corresponde a 5
- Valor Mínimo: 30200 Pesos – En la escala corresponde a 1

Para los indicadores donde se estableció en la tabla, los valores *SI* y *NO*, se tomó el *SI* con un puntaje de 5 y el *NO* con un puntaje de 1.

Tabla 3: Normalización de valores

N°	NOMBRE	PROCESADOR (MHz) 10%	M.FLASH (KB) 10%	SRAM (KB) 10%	USB 10%	ETHERNET 5%	LECTOR SD 5%	WI-FI 5%	Bluetooth 5%	PRECIO 40%	Puntaje (1 a 5)
1	ARDUINO UNO	1.343	1.006	1.000	1	1	1	1	1	5.003	2.636
2	GENUINO MKR1000	2.217	1.006	1.000	5	1	1	1	1	3.490	2.518
3	MKRZERO	2.217	1.061	1.002	5	1	5	1	1	3.971	2.916
4	MKR WIFI 1000	2.217	1.061	1.002	5	1	1	5	1	3.256	2.630
5	MKR FOX 1200	2.217	1.061	1.002	5	1	1	1	1	3.352	2.469
6	MKR WAN 1300	2.217	1.061	1.002	5	5	1	5	1	3.249	2.827
7	MKR GSM 1400	2.217	1.061	1.002	5	1	1	1	1	1.809	1.852
8	MKR NB 1500	2.217	1.061	1.002	5	1	1	1	1	1.083	1.561
9	DUE	3.199	1.123	1.006	5	1	1	1	1	3.393	2.590
10	MKR VIDOR 4000	5.000	1.498	1.500	5	1	1	5	1	1.977	2.490
11	DEBIDO	3.199	1.123	1.006	5	1	1	1	1	3.490	2.629
12	YUN REV2	1.343	5.000	5.000	5	5	5	5	5	2.527	3.645
13	NANO 33 BLE	1.000	1.248	1.500	5	1	1	1	5	3.737	2.770
14	MEGA 2560	1.343	1.061	1.000	5	1	1	1	1	4.796	2.959
15	MEGA ADK REV3	1.343	1.061	1.000	5	1	1	1	1	3.008	2.244
16	LEONARDO	1.343	1.006	1.000	5	1	1	1	1	4.260	2.739
17	LEONARDO ETH	1.343	1.006	1.000	5	5	5	1	1	3.201	2.715
18	GENUINO MICRO	1.343	1.006	1.000	5	1	1	1	1	4.212	2.720
19	GENUINO ZERO	2.217	1.061	1.002	5	1	1	1	1	3.201	2.408
20	ESPLORA	1.343	1.006	1.000	5	1	1	1	1	1.199	1.514
21	MINI	1.343	1.006	1.000	5	1	1	1	1	4.260	2.739

22	ETHERNET SHIELD 2	1.343	1.061	1.002	5	5	5	1	1	1.014	1.846
23	FIO	1.343	1.000	1.000	5	1	1	1	1	4.260	2.738
24	TIAN	1.343	5.000	5.000	5	5	1	5	1	2.774	3.344
25	LILYPAD	1.343	1.006	1.000	5	1	1	1	1	4.260	2.739
26	PRO OR PROMINI	1.343	1.006	1.000	5	1	1	1	1	4.590	2.871
27	ROBOT CONTROL	1.343	1.006	1.000	5	1	5	5	5	1.000	2.035
28	GEMMA	1.125	1.000	1.000	5	1	1	1	1	3.737	2.507
29	CIRCUIT PLAYGROUND	1.125	1.000	1.000	5	1	1	1	1	3.325	2.342
30	YUN MINI	1.343	1.006	1.000	5	1	1	5	1	3.902	2.796
31	INDUSTRIAL 101	1.780	1.046	1.001	5	1	1	1	1	3.970	2.671
32	UNO WIFI	1.343	1.010	1.000	5	1	1	5	1	3.297	2.554
33	M0 PRO	2.217	1.061	1.002	5	1	1	1	1	3.201	2.408
34	PRIMO	2.653	1.123	1.004	5	1	1	5	5	2.774	2.688

Fuente: Propia

De acuerdo con la tabla anterior, se seleccionaron las tres mejores SBC con el puntaje más alto, según los indicadores establecidos, para después elegir la que se utilizará en el proyecto, con excepción de la tarjeta Arduino Uno:

Tabla 4: Selección SBC

Nombre	Puntaje (Escala de 1 a 5)
YUN REV2	3.645
MEGA 2560	2.959

Fuente: Propia

La primera tarjeta seleccionada es la **Arduino Uno** que, aunque no se encuentra dentro de las tarjetas SBC seleccionadas fue el primer prototipo que se desarrolló dentro de clases mientras se cursaba el pregrado y es donde se desarrolló la idea inicialmente y se empezaron a buscar soluciones para este proyecto.

La tarjeta Yun Rev 2 es la tarjeta con las mejores características que se buscan para el proyecto. Pero a medida que se realizan los diferentes prototipos, cabe destacar que hay factores de tipo externo que genera que dichas características puedan ser suplidas con diferentes módulos, haciendo que esta SBC tenga un cambio de factor económico definitivo a la hora de la creación del dispositivo y que se hacen notables en la fase de prototipos expuesta en este documento más adelante.

La placa SBC seleccionada es la tarjeta Mega 2560 de la empresa Arduino que cuenta con unas características que cumplen con los requerimientos necesitados como son principalmente la compatibilidad con el sensor Max 30100 o Max 30102. Esta tarjeta cuenta con una memoria EEPROM de 4 KB que es una memoria electrónica programable borrable de lectura de una buena extensión, también cuenta con una memoria Flash de 8 KB con una memoria RAM de 2.5 KB que aseguran una buena velocidad para el funcionamiento normal de los diferentes procesos. Cuenta con diferentes canales de comunicación que son de gran importancia en este sistema como son un puerto USB, sus diferentes pines de entrada de comunicación de entrada análoga, digital y alimentación regulada de corriente en dos diferentes voltajes 3.3 voltios y 5 voltios, también cuenta con un puerto de entrada independiente de energía capaz de soportar hasta 9v con capacidad de regulación interna de voltaje. Esto permiten la comunicación con los diferentes periféricos, en donde se revisa y almacena la información en la base de datos FIREBASE obtenida por el sensor dentro de la prueba.

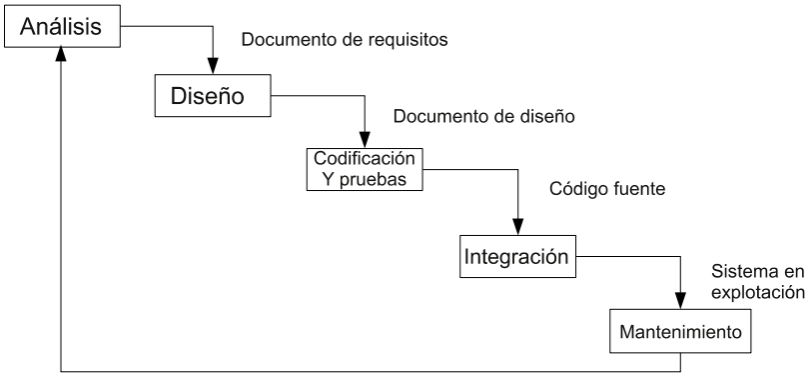
es una tarjeta con un precio comercial razonable y cumple con las características necesarias para el correcto funcionamiento de las diferentes funciones que se tienen establecidas dando un óptimo rendimiento.

A7: Diseño del sistema hardware-software a partir de las tecnologías anteriormente seleccionadas.

Para el desarrollo del sistema hardware-software se tiene en cuenta diferentes conceptos como la usabilidad, la satisfacción, el estrés, la oximetría, del mismo modo se describen las tecnologías como: Arduino enmarcado dentro de los sistemas SBC, sensores y algunas técnicas, estas definiciones fueron las encargadas de construir el sistema, las cuales están definidas en las anteriores fases con sus respectivas actividades. Así mismo, se continúa con la captura de requisitos y el modelo de casos de uso.

Con todo lo anterior, se procede a especificar tanto los requisitos funcionales como no funcionales, los cuales son muy importantes para el desarrollo y diseño del sistema encargado de medir la satisfacción de los usuarios ante una prueba de usabilidad, del mismo modo se describen los casos de uso con sus respectivas actividades teniendo en cuenta que todo el proceso de desarrollo se realiza bajo los parámetros de un ciclo de vida de software llamado: modelo en cascada o lineal (Ver figura 14), la cual se basa en describir un orden secuencial en la ejecución de los procesos asociados con el fin de que el inicio de cada etapa debe esperar a la finalización de la etapa anterior [53]. Así mismo los requisitos funcionales son los encargados de puntualizar las funciones del sistema y los no funcionales especifican las características de calidad del sistema, además se realizan las tablas con sus respectivas descripciones.

Figura 14: Modelo en cascada



Fuente: http://ele-mariamoliner.dyndns.org/~fperal/proy/ingenieriaSW.pdf

Descripción del sistema

Se busca cumplir el objetivo del sistema hardware-software, el cual consiste en medir la satisfacción de los usuarios por medio de la variable de oximetría cuando presentan una prueba de usabilidad de un producto software. Para el desarrollo del software es necesario tener en cuenta muchos aspectos para la implementación del sistema como los requisitos funcionales, no funcionales y los casos de uso, los cuales son de gran importancia para el funcionamiento. Así mismo, se deben priorizar las tecnologías y herramientas que son las indicadas para la creación del sistema hardware, ya que sus características ofrecerán una serie de ventajas para construir un prototipo robusto y eficaz.

Al llegar a este punto se plasma una descripción del funcionamiento del sistema, el cual es un producto desarrollado con el objetivo de corregir algunas desventajas que se presentan en el laboratorio cuando se realizan las pruebas de usabilidad, este dispositivo tiene como meta cubrir la falencia que tiene el laboratorio de usabilidad situado en la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, ofreciendo una nueva herramienta capaz de medir la satisfacción de las personas por medio de la variable oximetría, la cual es encargada de medir la cantidad de oxígeno que tienen las personas en el cuerpo; esta será medida por los picos que arroja el dispositivo cuando se dé un cambio por alguna reacción del usuario, es decir, si hay un cambio de ánimo a otro. Por tal razón se analizarán los resultados y se estudiarán con el fin de analizar si existe un cambio de

ánimo obteniendo el nivel de satisfacción de las personas cuando interactúan ante una prueba de usabilidad.

Por otro lado, se utiliza una tecnología como el sensor (MAX 30100), que tiene la capacidad de medir la cantidad de oxígeno que tienen las personas en el cuerpo, este dispositivo brinda múltiples opciones para la obtención de los datos los cuales son tomados en tiempo real. Es a partir de esto que es posible analizar los datos por medio de una aplicación, también ser almacenados en una base de datos FIREBASE, posteriormente serán analizados con el fin de obtener el nivel de satisfacción de los usuarios.

Requisitos funcionales

Para esta parte se tuvieron en cuenta varios aspectos que fueron muy importantes para generar los requisitos funcionales, ya que es necesario satisfacer todas las necesidades que tiene el equipo evaluador en el momento de ejecutar una prueba de usabilidad.

Actores del sistema

A continuación de describe la funcionalidad del actor o coordinador del sistema en una prueba de usabilidad, con el objetivo de aclarar quién es el único responsable de las pruebas cuando se están ejecutando. Los actores del sistema son los encargados de manipular el sistema en todos sus aspectos como iniciar o detener la prueba, además puede gestionar los tiempos en los que van a ser analizados los resultados ejecutados por cada tarea. Esto tiene como finalidad obtener resultados más complejos, ya que no podrán ser manipulados por otras personas que no hagan parte del grupo de evaluadores.

Tabla 5: Actor del sistema (AS01)

ACTOR DEL SISTEMA	AS01
NOMBRE	Evaluador o Coordinador
CARACTERÍSTICAS	El encargado en este caso el evaluador o coordinador debe contar con un nivel de formación académica tecnológica o profesional en el área de ingeniería de software, además debe tener conocimientos en la parte de HCI (Human Computer Interaction)
DESCRIPCIÓN	El evaluador tiene como tarea iniciar y detener el sistema y al mismo tiempo gestionar los resultados según el tipo de estudio que esté realizando.

Fuente: Propia

Lista de requisitos funcionales

Tabla 6: Requisitos funcionales (RF01)

IDENTIFICADOR	RF01
NOMBRE	Detectar el nivel de satisfacción
CARACTERÍSTICAS	El evaluador debe iniciar y configurar la cámara web y otras herramientas disponibles con el objetivo de cotejar los datos recibidos por el sistema.
DESCRIPCIÓN	El sistema debe mostrar al evaluador los cambios que se dan mientras el usuario interactúa con el producto, para ello es necesario que el aplicativo esté disponible para ir analizando los diferentes cambios que se den en tiempo real.
PRIORIDAD	Alta
PRE REQUISITO	No aplica

Fuente: Propia

Tabla 7: Requisitos funcionales (RF02)

IDENTIFICADOR	RF02
NOMBRE	Guardar los datos recogidos
CARACTERÍSTICAS	El sistema debe guardar todos los datos recogidos durante la prueba.
DESCRIPCIÓN	El sistema debe tener la capacidad de almacenar los diferentes tipos de cambio que capta el dispositivo mientras los usuarios interactúan con un producto.
PRIORIDAD	Alta
PRE REQUISITO	RF01

Fuente: Propia

Tabla 8: Requisitos funcionales (RF03)

IDENTIFICADOR	RF03
NOMBRE	Generar gráfica por tarea
CARACTERÍSTICAS	El sistema debe brindar la opción para generar esquemas o graficas por cada tarea realizada
DESCRIPCIÓN	El sistema debe ofrecer opciones para crear gráficas por cada tarea finalizada con el fin de poder estudiar cada cambio que registra el dispositivo.
PRIORIDAD	Alta
PRE REQUISITO	RF03

Fuente: Propia

Requisitos no funcionales

A continuación de describen los requisitos no funcionales que tienen características inherentes a la funcionalidad del sistema, además son muy importantes para el desarrollo del diseño. Posteriormente serán descritas a continuación.

Lista de requisitos no funcionales

Tabla 9: Requisitos no funcionales (RNF01)

IDENTIFICADOR	RNF01
NOMBRE	Usabilidad
CARACTERÍSTICAS	El sistema debe contar con las siguientes características como la de fácil uso, además debe ser entendible para el evaluador.
DESCRIPCIÓN	El sistema debe ser sencillo y práctico, es decir, la interfaz o diseño debe ser comprendida por cualquier evaluador.
PRIORIDAD	ALTA

Fuente: Propia

Tabla 10: Requisitos no funcionales (RNF02)

IDENTIFICADOR	RNF02
NOMBRE	Eficiencia
CARACTERÍSTICAS	El sistema debe ser eficiente con el objetivo de optimizar los recursos
DESCRIPCIÓN	El sistema debe capturar los resultados de manera inmediata y almacenarlos con el fin de minimizar el uso de recursos para no congestionar el sistema.
PRIORIDAD	ALTA

Fuente: Propia

Tabla 11: Requisitos no funcionales (RNF03)

IDENTIFICADOR	RNF03
NOMBRE	Rendimiento
CARACTERÍSTICAS	El sistema debe ser rápido durante la operación.
DESCRIPCIÓN	El sistema debe ser robusto en cuanto al rendimiento para que permita un funcionamiento el tiempo real.
PRIORIDAD	ALTA

Fuente: Propia

Tabla 12: Requisitos no funcionales (RNF04)

IDENTIFICADOR	RNF04
NOMBRE	Confiabilidad
CARACTERÍSTICAS	El sistema debe tener la capacidad se seguir funcionando ante fallas de otras herramientas o tecnologías.
DESCRIPCIÓN	El sistema debe seguir operando ante ausencias como la del evaluador y herramientas, ya que va tener una conectividad independiente
PRIORIDAD	ALTA

Fuente: Propia

Tabla 13: Requisitos no funcionales (RNF05)

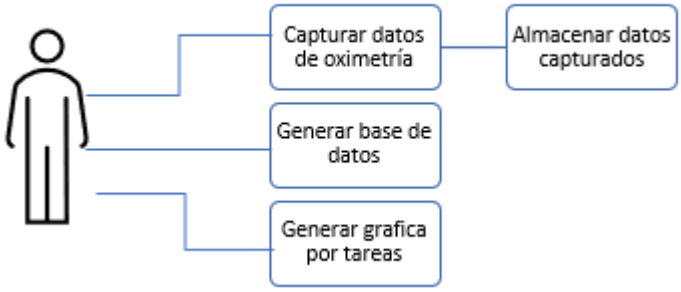
IDENTIFICADOR	RNF5
NOMBRE	Disponibilidad
CARACTERÍSTICAS	La disponibilidad del sistema debe ser constante
DESCRIPCIÓN	El sistema debe funcionar de forma continua durante el tiempo de ejecución de la prueba.
PRIORIDAD	ALTA

Fuente: Propia

Casos de uso

Diagrama de casos de uso

Figura 15: Diagrama de casos de uso



Fuente: Propia

Descripción de los casos de uso

Posteriormente se describen los casos de uso representados en la figura anterior 15.

Tabla 14: Descripción de casos de uso (caso de uso 01)

Caso de uso No.	01
Iniciador	Capturar datos de oximetría
Propósito	Se realiza la captura de datos por medio de un sensor (MAX 30100) encargado de medir la cantidad de oxígeno en la sangre, con el objetivo de analizar los cambios que se dan cuando un sujeto realiza una prueba, en este caso los picos permiten analizar el nivel de satisfacción.
Resumen	El evaluador debe analizar las gráficas después de culminar la prueba con el fin de obtener el nivel de satisfacción de los usuarios.
Referencia	Requisitos: RF01
Mockups	Mockup 01 – 02 - 03

Fuente: Propia

Tabla 15: Descripción de casos de uso (caso de uso 02)

Caso de uso No.	02
Iniciador	Almacenar datos capturados
Propósito	Guardar los registros generados por el dispositivo en la base de datos Firebase

Resumen	El evaluador debe sincronizar el dispositivo con el aplicativo por medio de una conexión Bluetooth para que el sistema empiece a guardar los registros que se van obteniendo en el transcurso de la prueba en la base de datos de Firebase.
Referencia	Requisitos: RF03
Mockups	Mockups 04

Fuente: Propia

Tabla 16: Descripción de casos de uso (caso de uso 03)

Caso de uso No.	**03**
Iniciador	Generar base de datos.
Propósito	Exportar los registros de la base de datos para ser analizados por los evaluadores
Resumen	El evaluador debe analizar los registros exportados al aplicativo para obtener el nivel de satisfacción.
Referencia	Requisitos: RF03
Mockups	Mockup 03

Fuente: Propia

Tabla 17: Descripción de casos de uso (caso de uso 04)

Caso de uso No.	**04**
Iniciador	Generar gráfica por tarea
Propósito	Diseñar una gráfica por cada tarea
Resumen	El evaluador debe separar cada tarea a partir del registro de tiempo.
Referencia	Requisitos: RF03
Mockups	Mockup 04

Fuente: Propia

Mockups del sistema propuesto.

El sistema propuesto requiere de diversas interfaces de usuario con el objetivo de identificar los casos de uso propuestos para este desarrollo, siendo así, se describen a continuación los bloques preliminares con sus respectivas funcionalidades.

Mockups caso de uso N° 01

En la figura 16, 17 y 18 se describe el caso de uso “Capturar datos de oximetría”, el evaluador debe iniciar el sistema sincronizando el dispositivo con el aplicativo móvil por medio de la conexión Bluetooth, seleccionado el botón “CONECTAR”, el cual se encarga de realizar la búsqueda de la señal y posteriormente enlazarla, como se muestra en la figura 17, donde se procede a buscar el tipo de señal del dispositivo.

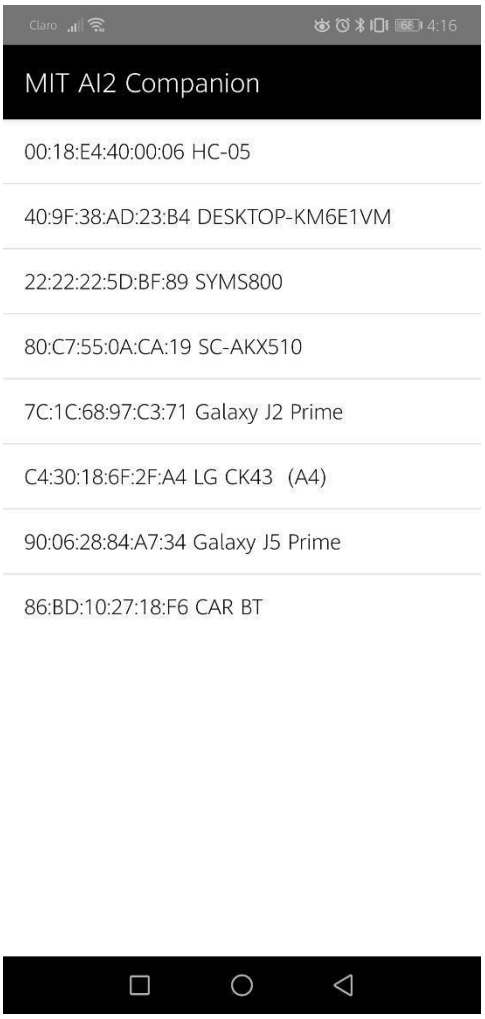
En esta figura se analiza que el dispositivo no está conectado, ya que debajo del botón de “CONECTAR” el aplicativo muestra un mensaje que está en modo de conexión “CONECTANDO…” y que va a proceder a realizar la búsqueda del tipo de señal que produce el sensor Bluetooth, apenas se ejecute la orden de conectar.

Figura 16: Mockup 1 – Aplicativo en modo inicial

Fuente: Propia

En la figura 17, el usuario evaluador realiza la búsqueda de la señal que produce el sensor, la cual es ubicada por el nombre del módulo “HC-05”, posteriormente de ser ubicada se debe seleccionarla y el dispositivo quedará conectado como se muestra en la figura 18.

Figura 17: Mockup 2 – Aplicativo en modo de conexión



Fuente: Propia

En la figura 18 se analiza que el aplicativo está conectado porque debajo del botón “CONECTAR” aparece un mensaje que informa que está enlazado o conectado y del mismo modo se analiza que los registros van ingresando en tiempo real.

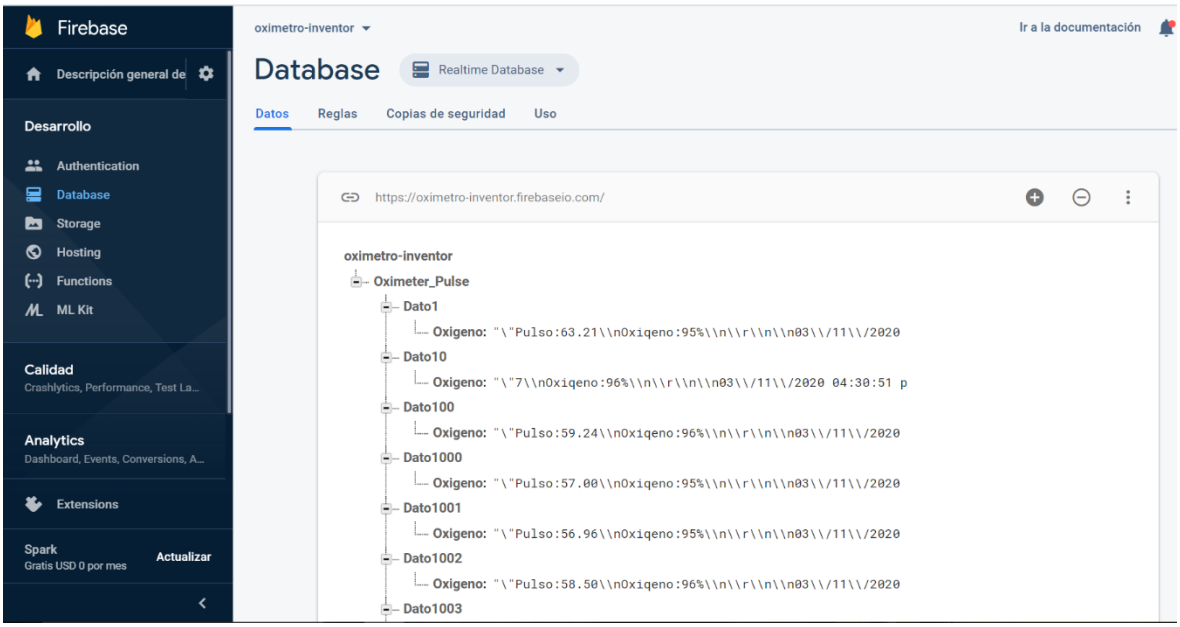
Figura 18: Mockup 3 – Aplicativo en modo conectado

Fuente: Propia

Mockups caso de uso N° 02

Para este caso “Almacenar datos capturados”, se envían los datos de forma directa a la base de datos Firebase, figura 19, posteriormente después de haber pasado por el aplicativo móvil donde son analizados en tiempo real.

Figura 19: Mockup 4 - Base de Datos Firebase



Fuente: Propia

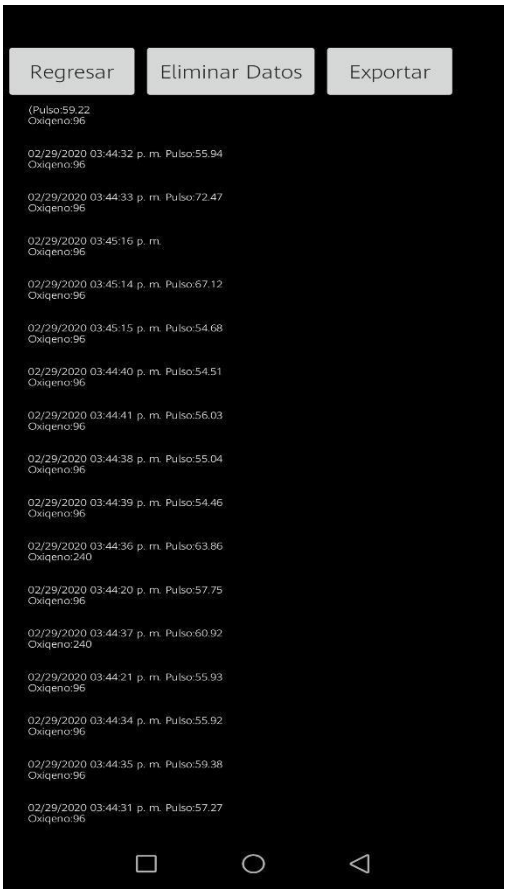
Mockups caso de uso N° 03

Para el caso de uso “Generar base de datos”, el usuario evaluador selecciona el botón de “OBTENER LISTA” (Ver figura 20), el cual carga los registros guardados en la base de datos Firebase y facilita el análisis de los registros en tiempo real, como se muestra en la figura 21.

Figura 20: Mockup - Gestionar datos

Fuente: Propia

Figura 21: Mockup - Visor de registros



Fuente: Propia

Mockups caso de uso N° 04

Para el caso de uso “Generar gráfica por tarea”, el evaluador debe ubicar el botón de “EXPORTAR”, (Ver figura anterior 21), esta opción gestiona la descarga de los registros al dispositivo por medio de un documento de Excel para después ser analizados por el grupo evaluador.

Diagrama de conectividad

Para el desarrollo del sistema Software – Hardware se realiza un esquema de conectividad de cómo van a estar acopladas todas las tecnologías y herramientas que se van a emplear para dar cumplimiento al objetivo del sistema (Ver figura 22).

Figura 22: Diagrama de conectividad

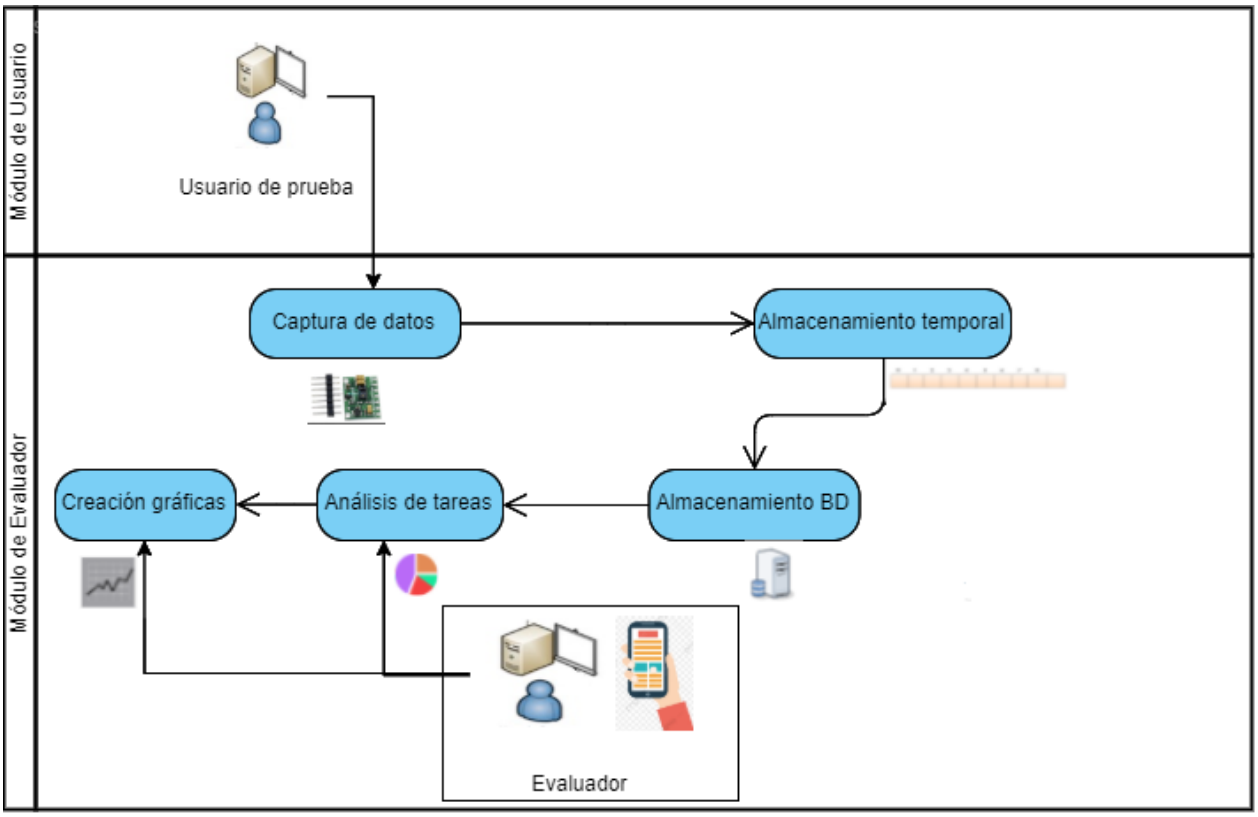
Fuente: Propia

Diagrama funcional del sistema

El sistema software hardware está distribuido en los dos módulos del laboratorio de usabilidad, el cual uno para el usuario y el otro para el evaluador, también dispone de bloques funcionales que operan a partir de los datos que se registran en el módulo de usuario.

Para el desarrollo de este sistema se realiza un esquema que está constituido por bloques funcionales como se puede detallar en la (Ver figura 23). En el módulo del usuario se tiene dispuesto el sistema hardware que tiene como objetivo capturar los datos de oximetría por medio del sensor y en el módulo del evaluador se encuentra el dispositivo software encargado de analizar todos los datos recibidos desde el otro módulo.

Figura 23: Diagrama funcional del sistema



Fuente: Propia

Para la herramienta propuesta se diseñan varios bloques funcionales como: captura de datos, creación de gráficas, análisis de tareas, almacenamiento en la base de datos y análisis en tiempo real, los cuales de describirán a continuación:

- **Captura de datos:** este bloque captura los datos utilizando un sensor de oximetría MAX 30100, el cual va a estar ubicado en el módulo de usuario, obteniendo datos en tiempo real cuando un usuario interactúa con un producto software.
- **Análisis en tiempo real:** este bloque permite visualizar los datos en tiempo real por medio de un Smartphone o desde un computador, ubicados en el módulo del evaluador.
- **Almacenamiento en BD:** este bloque se encarga de almacenar los datos de forma periódica en la base de datos y proceder después de que el evaluador de por terminada la prueba a procesar los resultados.

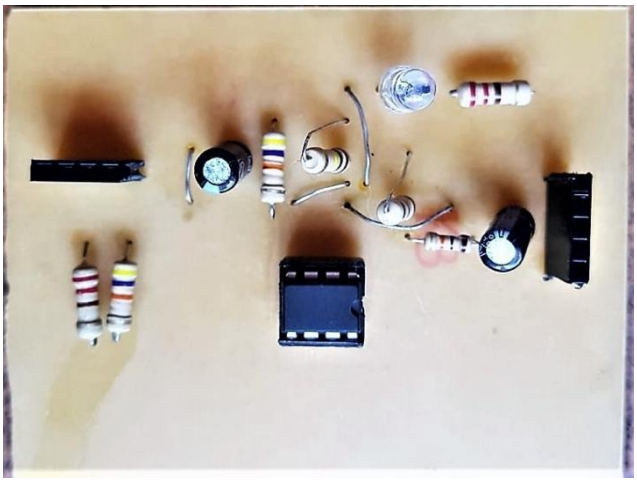
- **Análisis de tareas:** este bloque facilita el análisis de los cambios que se dan mientras el usuario interactúa con un producto software.
- **Creación de gráficas:** por último, este bloque plasma los resultados en una gráfica con el objetivo de analizar todos los cambios obtenidos por la variable oximetría.

9.3. ETAPA 3: PROTOTIPO

A8: Implementación de los diferentes módulos funcionales del sistema hardware-software.

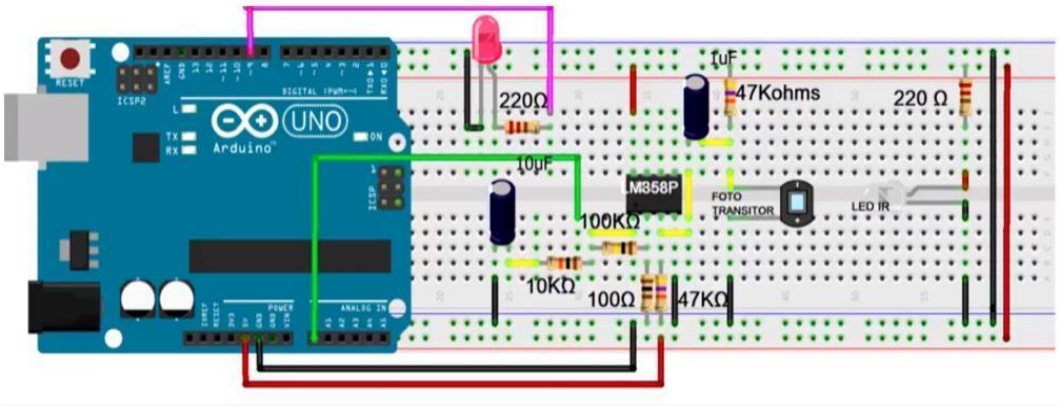
- **Primer prototipo:** En busca de la creación del sistema hardware-software para el análisis del nivel de oximetría de los usuarios en pruebas de usabilidad, se crea un primer prototipo basado en un sistema de circuitos complejos, implementando componentes para la creación de un sensor basado en el microprocesador LM358P, para la captura de datos a partir de un foto resistor y un led infrarrojo, instalados en una placa PCB (Ver figura 24) creada para minimizar la mayor cantidad de errores por contacto. Todo esto a un sistema de SBC ARDUINO UNO (Ver figura 25) en este prototipo se obtuvo un resultado de funcionamiento insatisfactorio, ya que al ver los resultados, se encontraron que los datos eran poco legibles, debido a la cantidad de ruido estático que este sensor registra en el monitor serie de la aplicación de ARDUINO GENUINO y por esto fue imposible el poder cotejar los datos con el sensor externo (MD300C23) (Ver figura 26) que es un oxímetro y pulsímetro calibrado y certificado bajo la norma Según IEC60601-1-2.

Figura 24: PSB



Fuente: Propia

Figura 25: Sistema SBC mixto con PCB – Diagrama de conexiones (Primer prototipo)



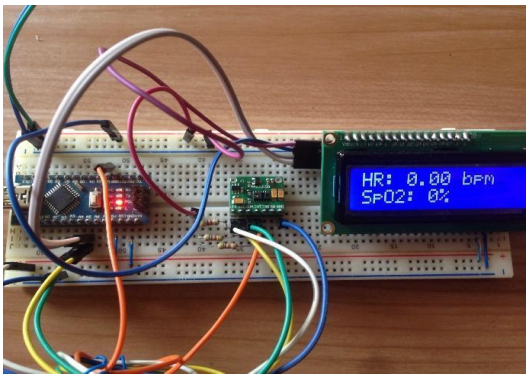
Fuente: propia

Figura 26: Sensor MD300C23

Fuente: propia

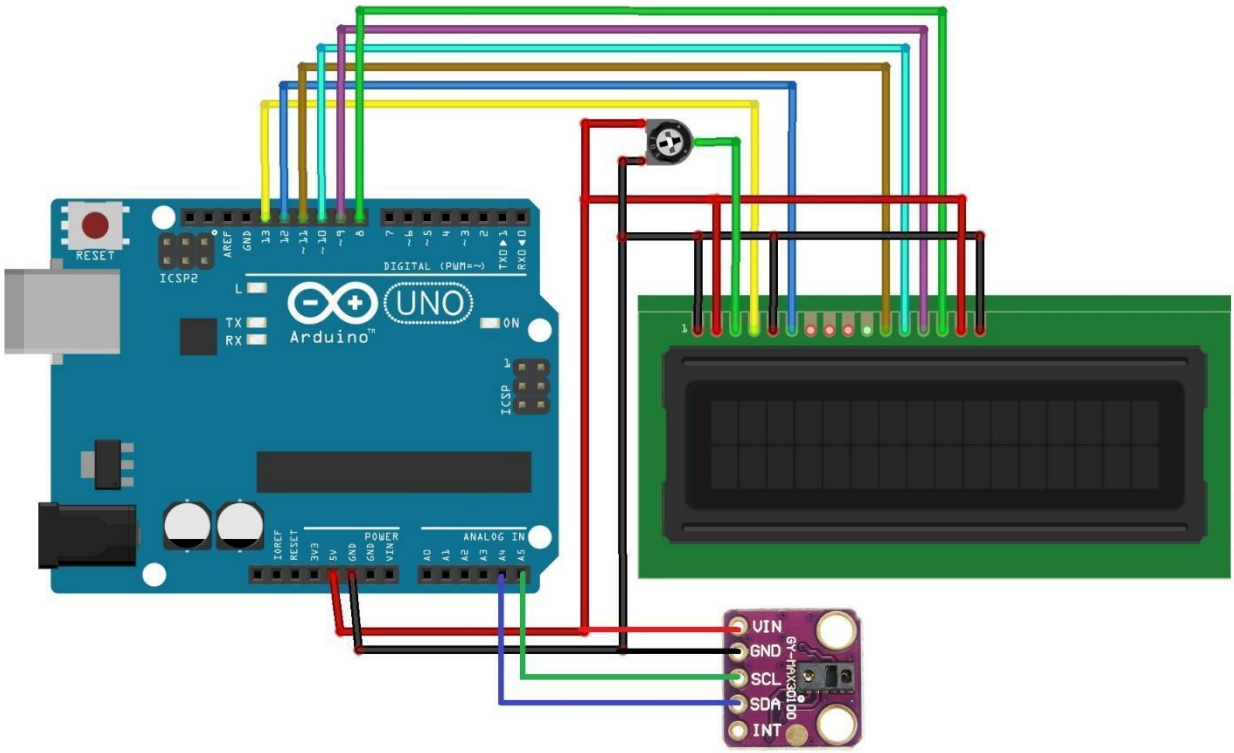
- **Segundo prototipo:** El segundo prototipo se creó a partir de un sensor especializado en este tipo de muestreos el MAX 10300 y el uso del SBC ARDUINO NANO se realiza prueba de funcionalidad y verificación a través de una pantalla LCD sin tener un funcionamiento óptimo por este sistema, por causa del reducido espacio encontrado en esta tarjeta, ya que al momento de compilar la programación se presentan diversos errores por la falta de espacio para cumplir con la totalidad requerimientos solicitados, impidiendo el buen funcionamiento del sensor, funcionando de forma errática y por un corto momento de tiempo sin obtener datos necesarios para realizar la prueba (Ver figura 27).

Figura 27: Segundo prototipo



Fuente: Propia

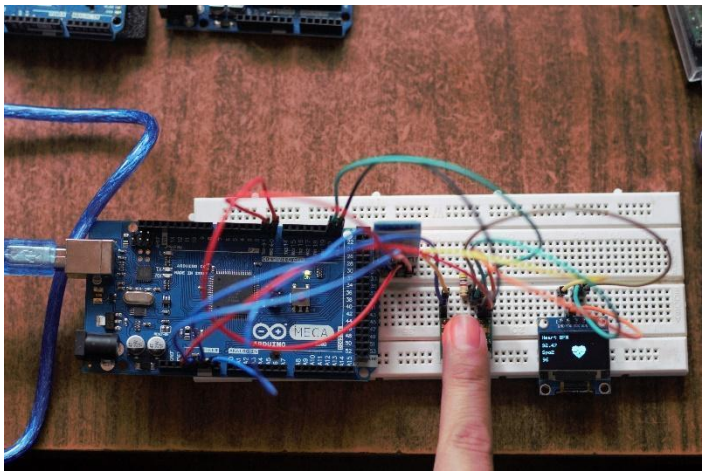
Figura 28: Diagrama de conexiones (Segundo prototipo)



Fuente: Propia

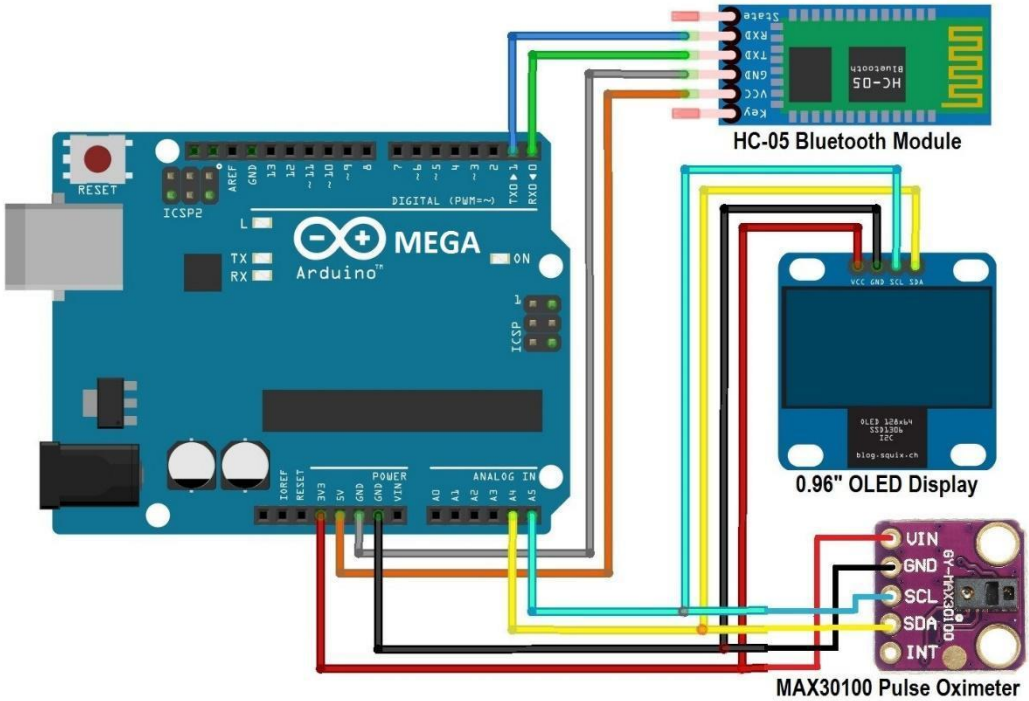
- **Tercer prototipo**: El tercer prototipo se utilizó fue el sensor especializado MAX 30100 y el uso de una placa SBC ARDUINO MEGA con un monitor oled de 0.9 pulgadas y un módulo bluetooth HC-05.(Ver figura 29) con muy buenos resultados de compatibilidad entre componentes pudiendo a si el empezar a montar pruebas de calibración y de rendimiento con el impedimento de poder conectar este equipo a una base de datos FIREBASE por la falta de capacidad de memoria en la tarjeta para poder implementar el código de conexión WI-FI, pero se pudo comprobar que las lecturas del sensor tenían las mismas calibraciones que el oxímetro de cotejo.

Figura 29: Tercer prototipo



Fuente: Propia

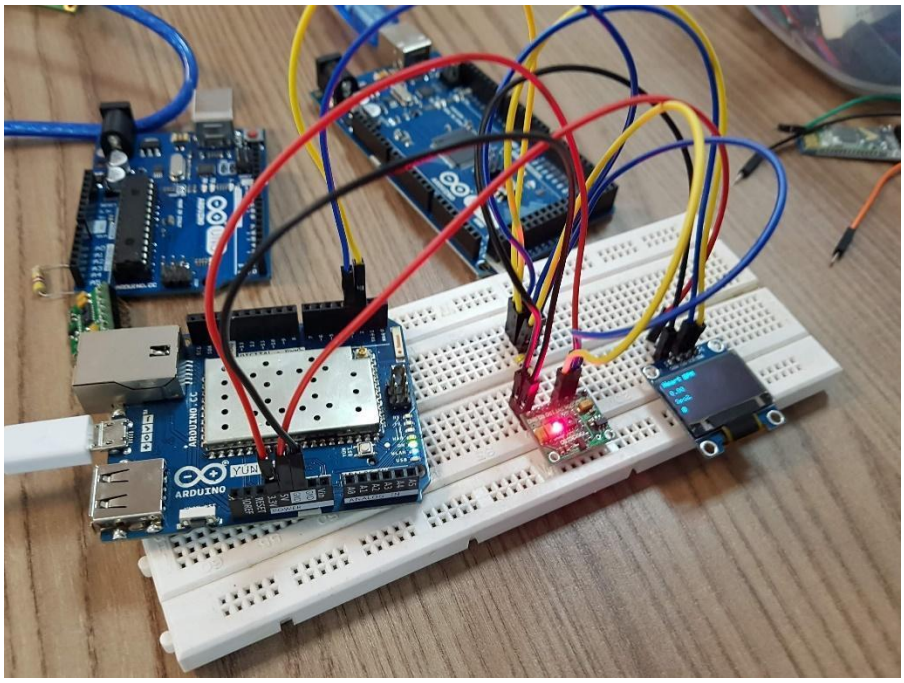
Figura 30: Diagrama de conexiones (Tercer prototipo)



Fuente: Propia

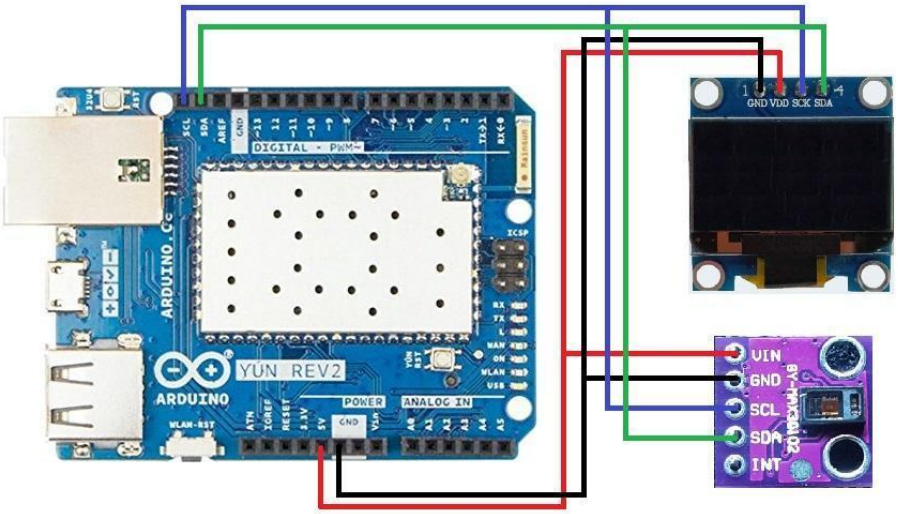
- **Cuarto prototipo:** En el cuarto prototipo se utiliza la Arduino YUN con capacidad interna de conexión Wifi y Bluetooth con la finalidad de realizar una conexión directa a la base de datos Firebase, donde se almacenan los registros para el estudio de estos y un monitoreo directo con un equipo móvil con conexión Bluetooth (Ver figura 31). La conexión con el sensor max30100 es exitosa, generando datos de forma correcta pero con complicaciones para generar una conexión directa con la base de datos Firebase, teniendo problemas de memoria en la tarjeta que no permiten el funcionamiento múltiple de la SBC Arduino, ya que no soporta los procesos como la toma de datos y la conexión directa con la Firebase a pesar de que esta SBC YUN cuenta con expansión de memoria, la cual solo sirve para el almacenamiento de datos y no para incrementar la memoria RAM donde esta se queda corta para el desarrollo de la multitarea creada.

Figura 31: Cuarto prototipo



Fuente: Propia

Figura 32: Diagrama de conexiones (Cuarto prototipo)



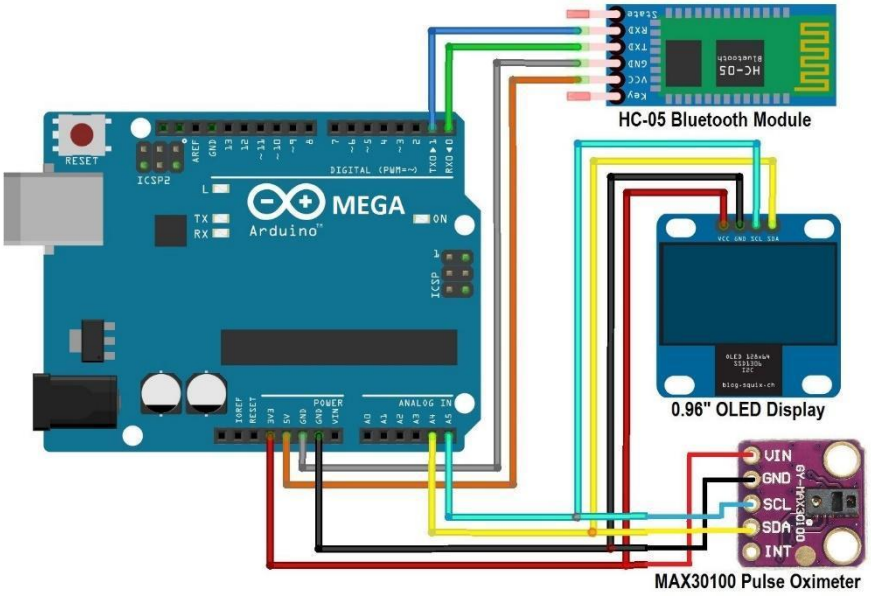
Fuente: Propia

- **Quinto prototipo:** Para el desarrollo del dispositivo definitivo se evalúan las diferentes fases del prototipo; en las cuales, se extraen las características de cada uno buscando soluciones que permitan el óptimo funcionamiento y minimizar los costos para la creación de esta herramienta; por lo tanto, el problema principal que se presenta en estos dispositivos es el incumplimiento con las dos tareas que surgen por el tipo de programación establecido para Arduino; las cuales son: la toma de datos y la conexión directa a la base de datos necesarias para el sistema. Para la solución de dicho problema se crea una aplicación en la plataforma MIT App Inventor, la cual garantiza la conexión del sistema con un dispositivo Smartphone vía Bluetooth, permitiendo monitorear los registros captados en tiempo real y enviarlos a la base de datos (FIREBASE) por medio de una conexión Wifi.

  Teniendo en cuenta lo anterior, se toma como SBC definitivo a la Arduino Mega con el esquema anteriormente desarrollado “prototipo Tres” (Ver figura 33), que cumple con las características suficientes para su correcto funcionamiento y el equilibrio entre el beneficio costo, ya que hablamos de una SBC de un valor

realmente cómodo para el desarrollo del sistema hardware. El módulo bluetooth implementado es el HC-05 que cuenta con protocolo de conexión versión 2.0 de fácil apareamiento con el dispositivo móvil y de fácil instalación, además se toma una pantalla oled 0.96 pulgadas para monitorear de forma presencial el correcto funcionamiento del dispositivo respecto a la toma de datos en tiempo real. El sensor encargado de realizar el muestreo de oxígeno es el MAX 30100. Para la realización del montaje se tienen en cuenta que este dispositivo debe poseer una forma presentable y funcional; es así, donde surge la necesidad de crear una carcasa en policarbonato que pueda almacenar la placa SBC y sus módulos de forma organizada(Ver figura 34), al notar que el tipo de conexión con pines con los que cuenta este sistema genera algunas interferencias de ruido en la toma de datos, por ello se opta por el retirar de la placa SBC Arduino Mega las diferentes borneras para realizar conexiones de forma directa con puntos de soldadura que aseguran el mínimo de interferencia por movimientos involuntarios de esta(Ver figura 35). Por otro lado, se decide crear un pequeño PCB, el cual se encarga de realizar las conexiones que anteriormente realizaba la protoboard, dando más estabilidad a los datos y optimizando la utilización de espacio al interior de la carcasa (Ver figura 36). La conexión del sensor MAX 30100 se realiza a través de un cable flexible siliconado de un metro de largo previamente soldado en sus extremos que permite un movimiento continuo sin perder la fidelidad de transferencia de datos entre ellos, este sensor utiliza una carcasa de uso médico que está diseñado para poder ser ubicado en el dedo del usuario (Ver imagen 37), a quien se le van a tomar los datos de una forma cómoda y segura, Creando así el dispositivo definitivo (Ver figura 38).

Figura 33: Diagrama de conexiones (Quinto prototipo)

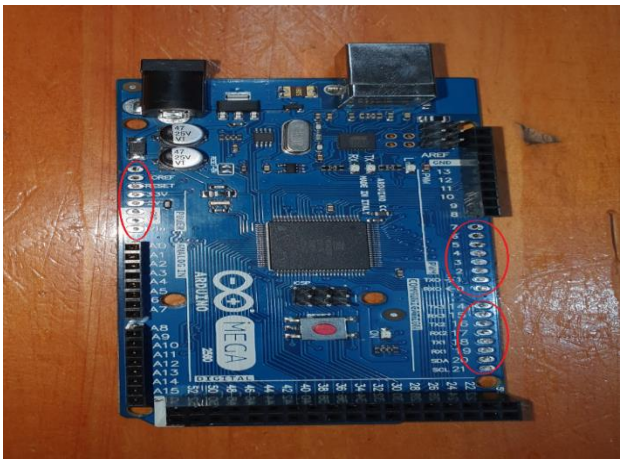


Fuente: Propia

Figura 34: Carcasa (Quinto prototipo)

Fuente: Propia

Figura 35: Tarjeta sin borneras

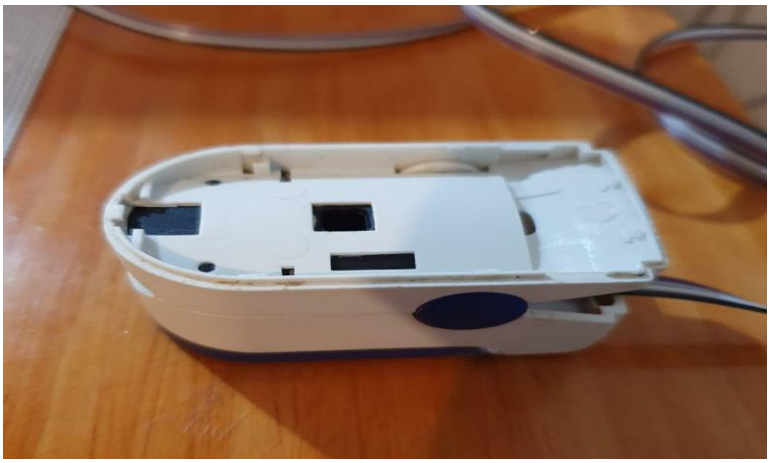


Fuente: Propia

Figura 36: PSB perforada

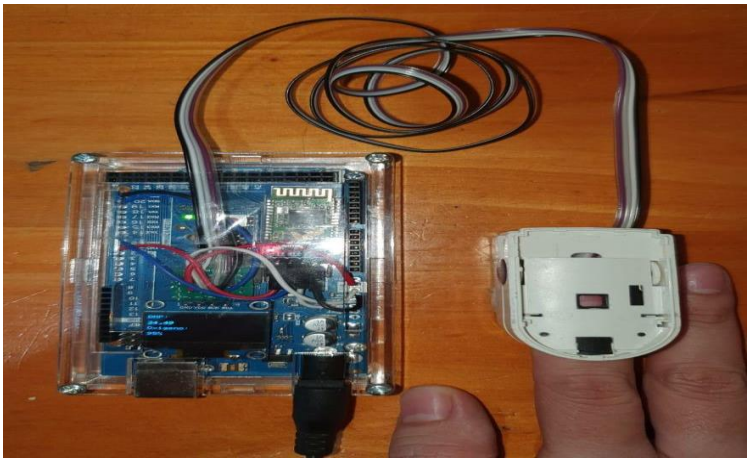
Fuente: Propia

Figura 37: Carcasa de uso médico



Fuente propia

Figura 38: Dispositivo definitivo



Fuente: propia

A9: Evaluación funcional de los diferentes módulos funcionales del sistema.

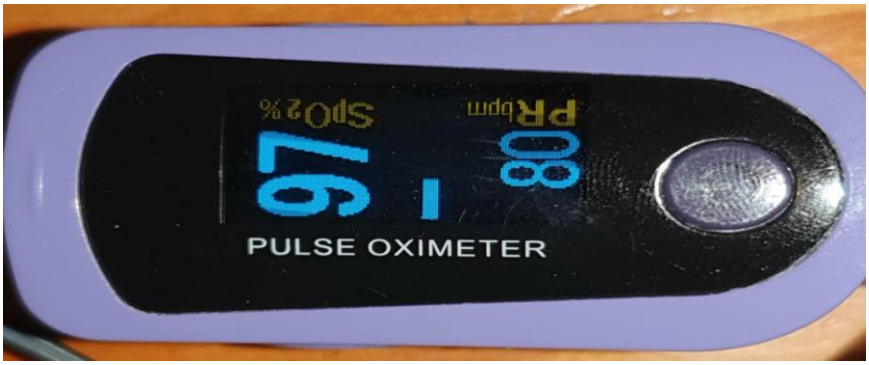
La evaluación de este sistema se realizó cotejando datos de forma paralela con un monitor de pulsioximetria (Ver figura 37) que en este caso es el Pulso Oximeter MD300C23 que cumple con la norma IEC 60601-1-2 International Electrotechnical Commission [54] que indica los requisitos generales para la seguridad básica y funcionamiento esencial en equipos electro médicos sobre requisitos y ensayos. Este dispositivo es usado por hospitales, clínicas, centros de salud, consultorios para

monitorizar de forma inmediata las dos constantes vitales como el pulso y saturación de oxígeno en tanto niños como adultos, teniendo en cuenta las características anteriores con este dispositivo se logra verificar el correcto funcionamiento del sistema creado y comprobando que el sensor y su librería vienen calibrados de forma correcta, dando luz verde para el desarrollo de las pruebas en el campo de las usabilidad

Figura 39: Prueba de calibración

Fuente: propia

Figura 40: Pulse oximeter MD300C23



Fuente: propia

9.4. ETAPA 4: TESTEAR

A10: Definición de los instrumentos de usabilidad de la prueba de usuarios.

Para la utilización del sistema lo primero que se debe tener en cuenta es contar con los fundamentos en la norma ISO 9241-11[55] que es la guía que se aplicará para evaluar el nivel de usabilidad en una aplicación de escritorio por medio del instrumento de evaluación que se encuentra estructurado entre las cuatro características elementales que son: usuario, equipo, tareas y entorno, para establecer las diferentes medidas como la eficiencia, eficacia y satisfacción que se encuentran adaptadas a los lineamientos establecidos bajo la norma antes mencionada.

Para la ejecución de la prueba de usabilidad se cuenta con un equipo evaluador encargado de dirigir y construir las fases con las que cuenta una prueba, ya que los usuarios necesitan de un equipo que se encargue de guiarlos en el transcurso de la prueba.

Para el desarrollo de esta evaluación existe un orden específico de cada tarea a realizar en la que contamos en primer lugar con un acuerdo de confidencialidad, el cual es un documento donde el usuario encuentra información sobre el procedimiento de la prueba y cuenta con las acciones que él como usuario tiene permitido y hasta donde el equipo evaluador puede tratar la información personal del usuario, posteriormente se realiza la toma de muestras de oximetría en reposo para contar con datos comparativos al momento de establecer la satisfacción, por ende se desarrolla un cuestionario pre-test para analizar la experiencia previa en cuanto al manejo de aplicaciones similares y poder contextualizar la dificultad que se le pueden presentar a los usuarios.

De la misma manera se construye una lista de tareas donde el usuario encontrará una guía para el desarrollo de las diferentes tareas dispuestas por los evaluadores y los pasos a seguir durante la prueba.

El cuestionario post-test se elabora con la finalidad de capturar información en cuanto a las experiencias desarrolladas durante la prueba y obtener datos que permitan asociar la dificultad para el análisis de la satisfacción del usuario.

Para el análisis de los resultados de una prueba de usabilidad se cuenta con los atributos esenciales que ofrece la ISO 9241-11[55], los cuales son:

- Eficacia: este atributo se encarga de la medición que se toma de las tareas cumplidas durante la prueba tomando un promedio de cada usuario en donde se involucran dos indicadores que son el porcentaje de tareas cumplidas y el porcentaje de eficacia.
- Eficiencia: es la precisión con la que los usuarios logran cumplir las tareas establecidas, para esto se establece un rango en cuanto al tiempo en donde los usuarios van cumpliendo las tareas.
- Satisfacción: según la norma ISO 9241-11[55] la satisfacción es la incomodidad y existencia de actitudes positivas hacia la utilización del producto, la norma muestra diferentes formas de medidas a partir de la configuración fisiológica del usuario, pero en este caso para la toma de esta medida el equipo evaluador desarrolló un sistema hardware – software capaz de capturar datos de oximetría en usuarios en pruebas de usabilidad en donde se pone a prueba una nueva forma de medir este atributo.

Por otro lado, el sistema construido debe inicializarse a partir de la verificación de los componentes del dispositivo, como que se encuentren en buen estado y bien conectados, posteriormente se encienden todos los dispositivos que se van a utilizar en conjunto con el sistema. Para encender el módulo Arduino lo primero es conectarlo a su fuente de alimentación que es una fuente de voltaje de 7.5 voltios regulada, se manifiesta que está encendido cuando en la pantalla oled se empiezan a visualizar registros, ya encendido el módulo se realiza la conexión bluetooth con el equipo móvil que cuenta con la aplicación desarrollada en app inventor que es nuestro enlace directo, que por medio de internet, se enlaza a la base de datos que se encuentra establecida en la Firebase, este empalme se realiza de forma automática. Para empezar a obtener los datos el usuario debe introducir su dedo en el sensor encargado de tomar los datos fisiológicos de saturación de oxígeno en la sangre, y estos datos se empiezan a compilar en tiempo real en la base de datos y se pueden vigilar por medio de tres formas, la primera en pantalla del módulo Arduino, la

segunda por medio de la aplicación instalada en el equipo móvil, y la tercera directamente en la Firebase por medio de un ordenador. Para poder acceder a los datos se ingresa a la aplicación y en la parte inferior hay un botón con la opción “obtener lista” donde se encontrarán tres botones en la parte superior uno indica “regresar” y es para retornar a la página principal de la aplicación, el segundo nos indica “borrar” que es para limpiar nuestra base de datos y la tercera nos indica “obtener lista” la cual nos permite descargar los datos con una extensión (.CSV), los cuales se pueden visualizar en EXCEL, por medio de este archivo se puede analizar la información de los datos tomados entre lapsos de 1 a 3 segundos con referencias como la fecha, hora y la medida de saturación de oxígeno en el usuario.

A11: Selección de los participantes en la prueba de usabilidad.

Para llevar a cabo esta prueba se cuenta con el apoyo de cinco (5) voluntarios estudiantes de pregrado en diferentes carreras, de los cuales 3 son mujeres y 2 hombres que se representan de manera porcentual en la siguiente figura (Ver figura 41).

Figura 41: Participantes en la prueba de usabilidad

Fuente: Propia

Acuerdo de confidencialidad

Este documento es la aceptación donde el usuario encuentra los objetivos de la prueba, los propósitos y el uso debido que se hará con la información obtenida de la prueba. Además, cuenta con las acciones que el usuario tiene permitido hacer durante el transcurso de la prueba y las recomendaciones (Ver figura 42), de tal modo, si el usuario llega a presentar algún tipo de incomodidad en el transcurso de la prueba, él pueda abandonarla sin ningún compromiso. Posteriormente el usuario debe diligenciar el acuerdo de confidencialidad con una firma.

Figura 42: Acuerdo de confidencialidad

Acuerdo de confidencialidad

YO, _____ ACEPTO participar en una prueba de usabilidad sobre la aplicación de escritorio "Autodesk Sketchbook" para pruebas del SISTEMA HARDWARE-SOFTWARE PARA EL ANÀLISIS DEL NIVEL DE OXIMETRIA DE LOS USUARIOS EN PRUEBAS DE USABILIDAD, supervisado por: **Miller Otero Dagua, Julián David Ordoñez y Mauricio Zambrano** el día **11/03/2020**, en el *Laboratorio de Usabilidad* de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca. Entiendo y estoy de acuerdo con las condiciones mencionadas en adelante.

Entiendo que el experimento tiene por objetivo evaluar un sistema hardware-software para el análisis del nivel de oximetría de los usuarios en pruebas de usabilidad, NO mis capacidades/habilidades/conocimientos.

Entiendo que los resultados del experimento se utilizaran sólo con propósitos académicos y/o de investigación, sin que mi identidad sea revelada. Entiendo que durante el experimento se realizarán grabaciones.

Entiendo que puedo comunicar al supervisor del experimento cualquier malestar, molestia o inconformidad que pueda sentir y que puedo abandonar el experimento y el laboratorio en cualquier momento.

_____
Firma

Fuente propia

Instructivo de la prueba

El instructivo de la prueba es un documento donde el usuario puede encontrar instrucciones generales de la evaluación, comunicando los aspectos sobre cómo diligenciar los cuestionarios que se le entregarán en el laboratorio de usabilidad para el desarrollo de la prueba e indica las herramientas y recomendaciones para el buen desempeño del usuario en la prueba (Ver figura 43).

Figura 43: Instructivo de la prueba

Estimado(a) colaborador(a):

Usted participa en un experimento que tiene como propósito evaluar su experiencia de uso de la aplicación de escritorio "**Autodesk Sketchbook**".

Se está evaluando una aplicación de escritorio, NO su desempeño como usuario. ¡NO SE PREOCUPE SI COMETE ERRORES!

El experimento tiene 3 etapas:

1. En la primera etapa usted deberá completar un breve cuestionario preliminar, relativo a su experiencia previa.
2. En la segunda etapa se le solicitará explorar la aplicación de escritorio "**Autodesk Sketchbook**", según lo indicado.
3. En la tercera etapa usted deberá completar un cuestionario acerca de su percepción sobre la aplicación de escritorio.

SI TIENE ALGUNA DUDA DURANTE EL EXPERIMENTO, PUEDE PONERSE EN CONTACTO CON EL EVALUADOR, EN CUALQUIER MOMENTO.

La información que usted proporciona es confidencial y muy relevante para nuestro estudio.

Fuente: Propia

Cuestionario pre-test

Este cuestionario es un documento que a partir de preguntas el usuario da a conocer su experiencia previa en el manejo de aplicaciones similares, para contextualizar la dificultad que le puede causar el manejo de la herramienta brindada.

Figura 44: Cuestionario pre-test

¡Agradecemos su cooperación!
(1) CUESTIONARIO PRELIMINAR

1. Sexo: ( ) Femenino ( ) Masculino

2. Edad: _____

3. Nivel de educación completado y/o en proceso:

Enseñanza media:	( ) Completa	( ) En Proceso
Técnico:	( ) Completa	( ) En Proceso
Universitario:	( ) Completa	( ) En Proceso
Otro: _____	( ) Completa	( ) En Proceso

4. ¿Cuál es su ocupación?: _____

5. ¿Con que frecuencia accede usted a aplicaciones de dibujo, cada vez que accede a su computador?

( ) Siempre
( ) Casi siempre
( ) Algunas veces
( ) Nunca

6. ¿Ha tenido experiencias previas con aplicaciones de dibujo?

( ) Si ( ) No

Si su respuesta fue afirmativa, indique cuales son:

_____

_____

_____

Fuente: Propia

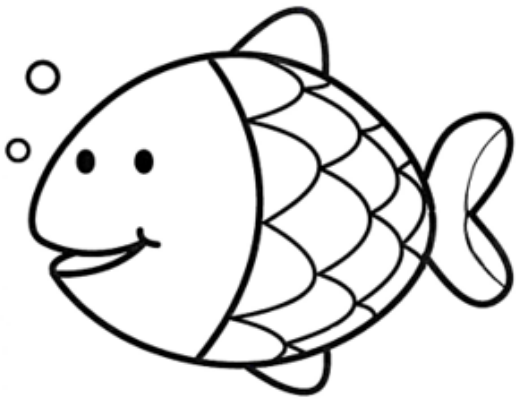
Lista de tareas

La lista de tareas es el instructivo donde el usuario se guía para desarrollar las tareas dispuestas por los evaluadores en el momento de realizar la prueba en el laboratorio de usabilidad (Ver figura 45). Este documento contextualiza los pasos que debe realizar el usuario, para este caso el usuario debe manejar un programa de edición de imágenes en donde debe utilizar diversas herramientas y realizar un dibujo que ha sido preestablecido por los evaluadores.

Figura 45: Lista de tareas

(2) LISTA DE TAREAS

1. Ingrese a la aplicación **Autodesk Sketchbook**, que se encuentra en el escritorio.
2. En la parte inferior de esta página se encuentra un dibujo, el cual usted debe de dibujar en la aplicación **Autodesk Sketchbook,** con la opción pencil.
3. Después de haber elaborado en dibujo, proceda a pintarlo utilizando las herramientas que se encuentran en la aplicación **Autodesk Sketchbook**
4. Al terminar de pintar el dibujo al lado de este escriba el nombre ARTURO con la herramienta de texto de la aplicación.
5. Ahora con la herramienta "transfor" busque "scale" he intente darle vuelta al dibujo.
6. Guarde el dibujo terminado en el escritorio del computador, utilizando su nombre para el archivo.



Fuente: Propia

Cuestionario post-test:

A continuación, se presenta el cuestionario post-test donde se puede analizar la satisfacción del usuario referente a la prueba y obtener datos que nos permitan asociar la dificultad de la prueba con los datos tomados en la prueba de usabilidad (Ver figura 46 - 47).

Figura 46: Cuestionario post-test

(2) CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN SOBRE LA APLICACIÓN AUTODESK SKETCHBOOK

1. ¿Pudo completar las tareas planteadas?

1	2	3	4	5
Muy difícilmente	Difícilmente	Neutral	Fácilmente	Muy fácilmente

2. ¿Qué tan fácil ha sido encontrar las herramientas de la aplicación requerida en la prueba?

1	2	3	4	5
Muy difícil	Difícil	Neutral	Fácil	Muy fácil

3. ¿Qué tan orientado se ha sentido dentro de la aplicación durante el experimento?

1	2	3	4	5
Muy poco orientado	Poco orientado	Neutral	Orientado	Muy orientado

4. ¿Considera que es fácil dibujar a través de la aplicación AUTODESK SKETCHBOOK?

1	2	3	4	5
Muy Difícil	Difícil	Neutral	Fácil	Muy Fácil

5. ¿Qué tan efectivos le parecieron las herramientas de la aplicación AUTODESK SKETCHBOOK?

1	2	3	4	5
Muy poco efectivas	Poco efectivas	Neutral	Útiles	Muy útiles

6. Su grado de satisfacción en cuanto al botón del pincel es:

1	2	3	4	5

Fuente: Propia

Figura 47: cuestionario post-test (Continuación)

Totalmente Insatisfactorio	Poco Satisfactorio	Neutral	Satisfactorio	Muy Satisfactorio

7. En general, usted califica su grado de satisfacción en el uso de la aplicación AUTODESK SKETCHBOOK como:

1	2	3	4	5
Totalmente Insatisfactorio	Poco satisfactorio	Neutral	Satisfactorio	Muy satisfactorio

8. ¿Qué fue lo que más le gustó de la aplicación AUTODESK SKETCHBOOK?

_____

_____

_____

_____

_____

9. ¿Qué fue lo que menos le gustó de la aplicación AUTODESK SKETCHBOOK?

_____

_____

_____

_____

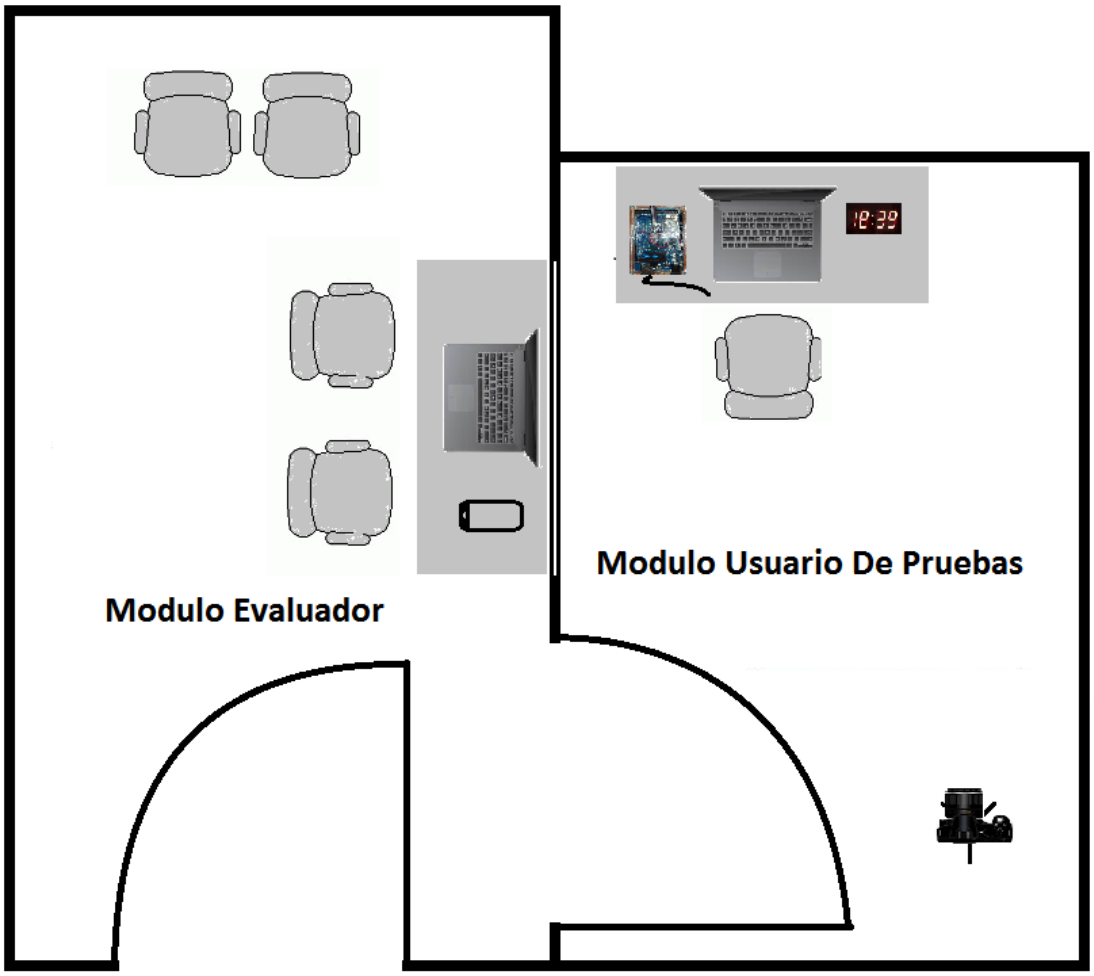
_____

Fuente: Propia

A12: Ejecución de la prueba de usabilidad.

Para la ejecución de esta prueba se solicita el laboratorio de usabilidad de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca donde se adecua de tal forma que todos los elementos se ubiquen para el desarrollo de la prueba como se muestran en la siguiente figura (Ver figura 46).

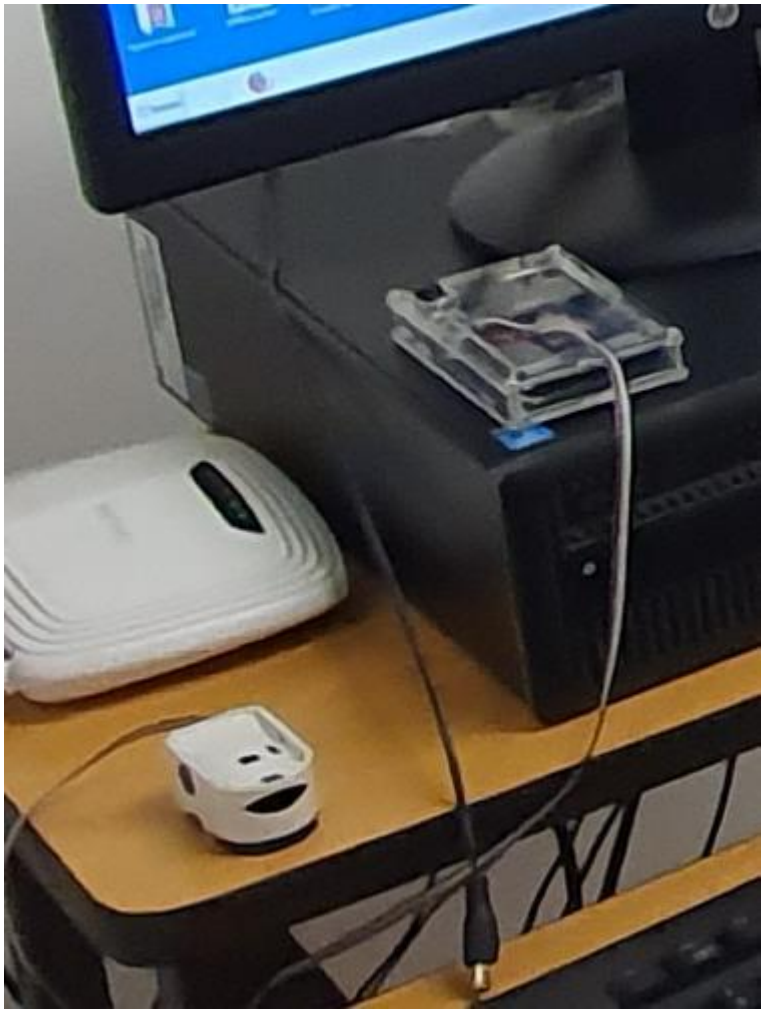
Figura 48: Laboratorio de usabilidad



Fuente: Propia

Se configuran los dispositivos en la prueba, se conecta a la fuente de poder el dispositivo desarrollado, que es un sistema que contiene en su interior una tarjeta mega, un módulo bluetooth, una pantalla oled y en una extensión por cable, se encuentra el sensor de oximetría, empotrado en una carcasa para la comodidad del usuario (Ver figura 2). Se prende los ordenadores donde uno es donde se monitorean los datos y el otro en donde el usuario desarrolla la prueba con el programa a evaluar ya instalado previamente. Se activa la aplicación móvil desarrollada, encargada de monitorear y de enlazar el sistema de oximetría con la base de datos de donde posteriormente se van a exportar esta información para su estudio.

Figura 49: Sensor de oximetría



Fuente: Propia

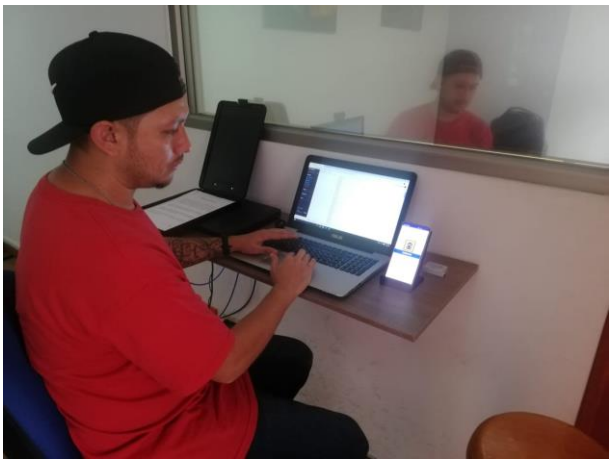
Al ingresar el participante de la prueba lo primero es pedirle al usuario que diligencie los documentos de acuerdo de confidencialidad, el instructivo de la prueba y el cuestionario pre-test. Al pasar al recinto de pruebas se le hace entrega de un documento donde se encuentran las diferentes tareas que debe realizar en el aplicativo de escritorio que se encuentra frente a él, a continuación, al participante se le coloca en uno de sus dedos el sensor que será el encargado de monitorear el comportamiento del fisiológico de su oxígeno.

En el desarrollo de la prueba se empiezan a recolectar los datos de forma inmediata a la base de datos ubicada en la Firebase, pero para lograr identificar el término de cada tarea en un lateral del escritorio del usuario se encuentra un reloj con la hora exacta y en la parte posterior una cámara encargada de filmar al participante, la pantalla del ordenador de la prueba y al reloj (Ver figura 50 - 51). De tal forma el poder establecer los tiempos en que el usuario empieza y termina cada tarea y esto se determina separando los tiempos que se ven en la filmación y los datos guardados en tiempo real con hora y fecha en la Firebase.

Figura 50: Módulo usuario de pruebas

Fuente: Propia

Figura 51: Usuario evaluador



Fuente: Propia

Cuando el participante termina la prueba de escritorio, se le entrega el cuestionario post-test para que lo diligencie y poder obtener datos de dificultad y poder dar por terminada la prueba con este usuario.

A13: Análisis de los resultados obtenidos en la prueba.

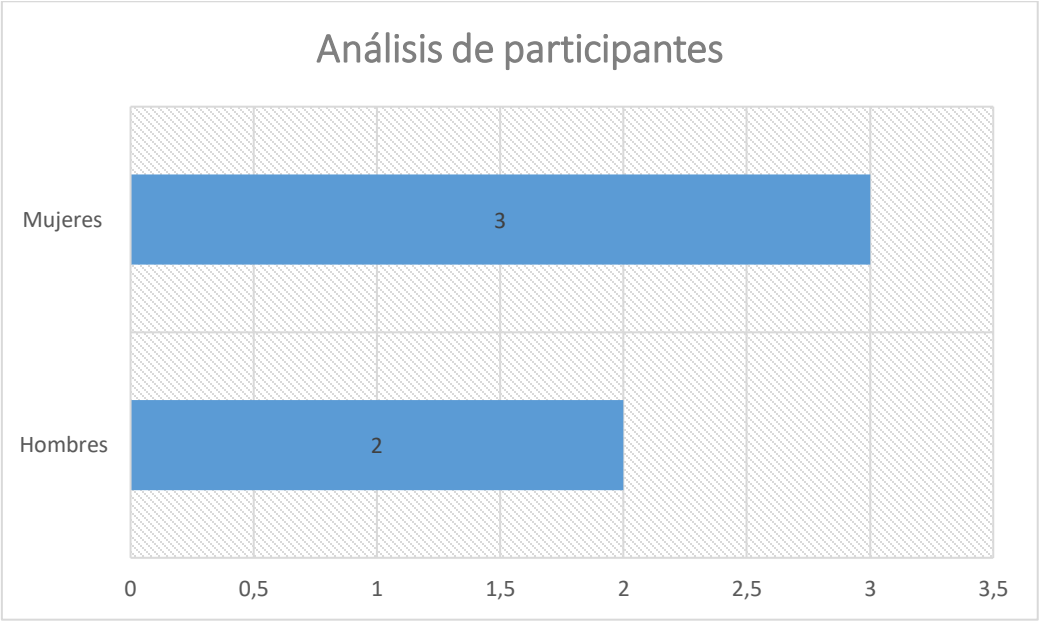
A continuación, se implementa un análisis de los resultados obtenidos a partir de la ejecución de la prueba de usabilidad, para este análisis se estudian las métricas establecidas por la usabilidad como la eficacia, eficiencia y la estimación para la satisfacción.

Análisis del cuestionario pre-test

Para la ejecución de la prueba se tiene en cuenta una condición para la selección de los sujetos como obtener conocimientos informáticos básicos, como manejar una máquina o computadora, dado que el software que fue seleccionado para aplicar la prueba es un editor de imágenes, lo que conlleva a tener ciertos conocimientos previos, como guardar, abrir, seleccionar herramientas, cerrar y exportar según como lo indica la guía.

De acuerdo con lo anterior, se seleccionan cinco estudiantes de pregrado de diferentes universidades de la ciudad de Popayán - Cauca, entre los participantes se encuentran tres mujeres y dos hombres (Ver figura 52).

Figura 52: Diagrama de análisis de participantes



Fuente: Propia

Además, se realiza un análisis con la información recolectada en el cuestionario pre-test de cada unos de los usuarios o sujetos que ejecutaron la prueba y se exponen en la siguiente tabla (Ver tabla 18).

Tabla 18: Perfil de los usuarios de la prueba de usabilidad

USUARIOS	OCUPACIÓN	FORMACIÓN ACADÉMICA	EDAD	SEXO
Usuario 1	Estudiante	Pregrado en proceso	18	Femenino
Usuario 2	Estudiante	Pregrado en proceso	19	Femenino
Usuario 3	Estudiante	Pregrado en proceso	20	Femenino
Usuario 4	Estudiante	Pregrado en proceso	27	Masculino
Usuario 5	Estudiante	Pregrado en proceso	23	Masculino

Fuente: Propia

De acuerdo con los datos expuestos en la tabla anterior, se puede deducir que el 100% de los usuarios que ejecutaron la prueba tiene un nivel académico universitario en proceso y su ocupación es estudiar. Así mismo, se analiza el rango de edades que se encuentra entre 18 y 27 con un promedio de 21.

Del mismo modo, se analizan las experiencias previas con respecto al aplicativo que se evaluó en la prueba de usabilidad, con el fin de obtener una estadística a base de los resultados obtenidos del cuestionario pre-test (Ver figura 53).

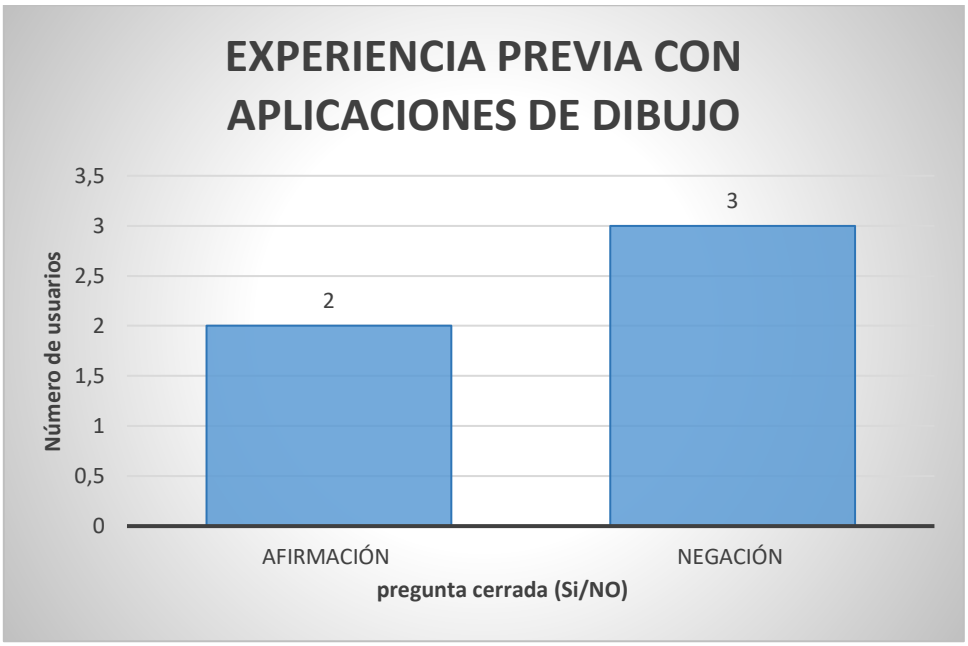
Figura 53: Diagrama de frecuencia de uso de editores

Fuente: Propia

Partiendo de la gráfica anterior se visualiza que el 40% de los usuarios, es decir 2 usuarios, ha utilizado un editor de imágenes con una frecuencia de (algunas veces) y el 60% de los usuarios, es decir 3 usuarios, utilizaron un editor de imágenes con una frecuencia de (nunca).

A continuación, se evidencia las experiencias previas de cada usuario con aplicaciones de dibujo.

Figura 54: Experiencia previa con aplicaciones de dibujo



Fuente: Propia

Con respecto a la gráfica anterior, de deduce que, de los cinco usuarios que presentaron la prueba de usabilidad, 2 han interactuado con aplicaciones de dibujo que equivalen al 40% y 3 usuarios no han tenido experiencias con editores de dibujo, lo que equivale al 60%.33

Análisis del cuestionario post-test

En la ejecución de la prueba de usabilidad se plasma un instrumento de evaluación de la misma, donde los usuarios dan su opinión sobre lo que captaron al interactuar con la herramienta; de igual forma añadieron comentarios acerca de lo agradable o desagradable que fue utilizar la aplicación.

El instructivo de evaluación está constituido por 9 preguntas: 7 de ellas son preguntas cerradas y cuantitativas, las cuales puntúan de 1 a 5 y se describen en la tabla pos-test; lo anterior permite estimar el grado de conformidad de forma subjetiva de cada usuario; por otro lado, las preguntas 8 y 9 fueron diseñadas de forma abierta donde los sujetos

pueden escribir comentarios en cuanto a lo agradable y desagradable dependiendo de su experiencia con la aplicación.

De acuerdo con lo anterior, se describen en la siguiente tabla (Ver tabla 19) los valores cualitativos, los cuales están asociados a la escala cuantitativa que está estimada de 1 a 5.

Tabla 19: Escala de valores de instrumento pos-test

Escala	Descripción
1.	Muy difícil – Muy en desacuerdo – Muy insatisfecho
2.	Difícilmente – En desacuerdo - Poco satisfactorio
3.	Neutral
4.	Fácilmente – De acuerdo – Satisfactorio
5.	Muy fácilmente - Muy de acuerdo – Muy satisfactorio

Fuente: Propia

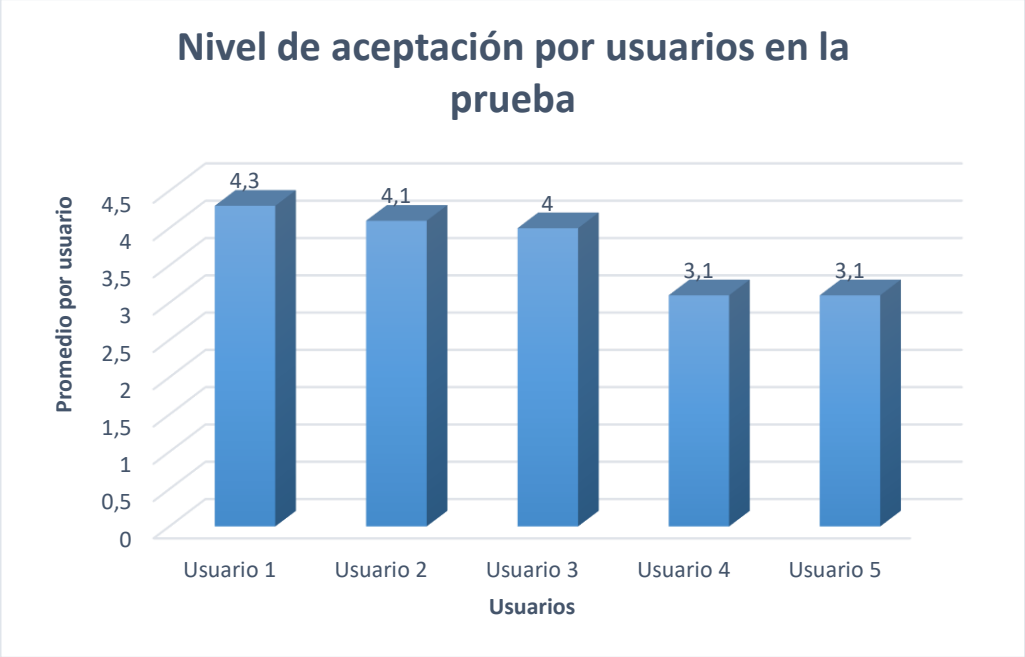
En la tabla anterior se encuentra la escala de valores pos-test, la cual está constituida por una escala del 1 a 5 con su respectiva descripción y nivel crítico, con un rango de calificación desde el superior hasta el inferior dependiendo del contexto. Además, en la siguiente tabla se evidencian las respuestas dadas por los usuarios en el cuestionario post-test (Ver tabla 20).

Tabla 20: Datos cuestionario pos-test

Usuario Ítem	Tareas completas	Facilidad de encontrar	Orientación en la aplicación	Facilidad de dibujar	Efectividad con las opciones	Satisfacción del pincel	Satisfacción General	Promedio
Usuario 1	3	3	5	5	5	5	4	4,3
Usuario 2	4	3	4	5	5	4	4	4,1
Usuario 3	3	3	5	4	4	5	4	4
Usuario 4	4	3	3	3	3	3	3	3,1
Usuario 5	3	3	2	2	4	4	4	3,1
Promedio	3,4	3	3,8	3,8	4,2	4,2	3,8	

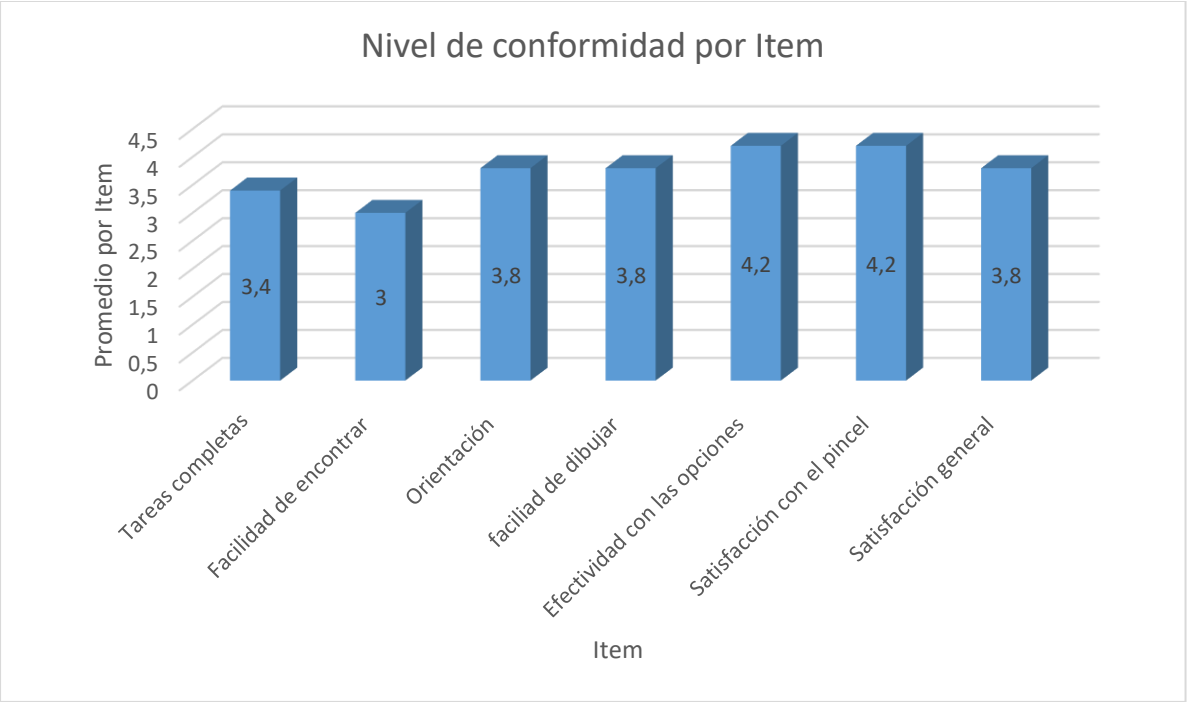
Fuente: Propia

Figura 55: Nivel de aceptación por usuarios



Fuente: Propia

Figura 56: Nivel de conformidad por Ítem



Fuente: Propia

Partiendo de la tabla anterior (Ver tabla 18) se interpretan valores capturados por el cuestionario post-test, donde se obtienen dos promedios ubicados al final de una fila y una columna, ambas pintadas por el color verde. En la última columna se visualiza un promedio a base del nivel de aceptación con respecto a la aplicación que fue operada por parte de cada usuario y la última fila proporciona un promedio con relación al nivel de conformidad por Ítem por parte de todos los sujetos que presentaron la prueba. Del mismo modo, se pueden visualizar los datos capturados desde otro punto de vista como desde las figuras diseñadas con los mismos datos del cuestionario post-test (Ver figura 55 - 56).

A partir de los datos capturados anteriormente, se puntualizan las siguientes conclusiones:

- Se comparan los valores del promedio de cada ítem del cuestionario post-test, con el fin de determinar la mayor dificultad entre los ítems propuestos, es así que se

obtiene que el ítem con más problema fue el de facilidad de encontrar las opciones que ofrecía la herramienta de edición, con un promedio de 3,0.

- Por el contrario, el ítem que presentó un mayor puntaje fue el de efectividad con las opciones que ofrecía el aplicativo y satisfacción con el pincel, con un promedio de 4,2. Por ello se puede deducir que el aplicativo AUTODESK SKETCHBOOK ofrece una interacción satisfactoria.
- Se analiza los datos capturados para determinar el nivel de agrado ante la prueba ejecutada y se obtiene un promedio de 3,1 de los usuarios 4 y 5, lo que corresponde a que no estuvieron a gusto con el aplicativo.
- De igual manera se analiza el promedio más alto para determinar cuál fue el usuario que le agradó más el aplicativo, el cual corresponde al usuario 1 con un promedio de 4,3, acercándose al mejor valor de la escala que es 5.

A continuación, se exponen en la siguiente tabla (Ver tabla 21) los datos cualitativos que corresponden a las últimas preguntas del cuestionario, ya que anteriormente se analizaron los Ítems cuantitativos.

Tabla 21: Datos cualitativos del cuestionario post-test

USUARIO	MÁS LE GUSTO	MENOS LE GUSTO
Usuario 1	Facilidad para identificar las funciones por su tamaño adecuado	Tardanza para que aparezca el nombre de cada opción
Usuario 2	Ubicación de los iconos por su tamaño	Tardanza para que aparezca el nombre de cada opción
Usuario 3	Excelente distribución y tamaño de las opciones	Difícil ubicación de una opción
Usuario 4	No aplica	Distribución de las herramientas dentro del entorno
Usuario 5	Brinda una serie de herramientas para mejorar la edición	No cuenta con una guía básica

Fuente: Propia

A partir de los datos recopilados en tabla anterior se concluye lo siguiente:

- La gran mayoría de los usuarios manifestaron sentirse a gusto con el entorno de edición que ofrece la aplicación, ya que sus opciones de trabajo se pueden visualizar muy rápido por su ubicación y tamaño, a excepción del usuario 4 que no manifestó nada en cuanto a la herramienta, por lo cual se afirma que el aplicativo brinda un diseño de interfaz gráfica agradable.

- De igual manera los mismos usuarios les disgustó la tardanza del nombre de cada opción, de lo cual se infiere que la aplicación le hace falta corregir algunos puntos importantes para tener un diseño intuitivo, simple y fluido.

Análisis de tareas

Para la ejecución de la prueba se elaboraron seis tareas donde se contextualizan los pasos para que cada usuario pueda cumplir con las tareas propuestas al 100%, y del mismo modo poder calificar con una escala de 1 a 5, la cuales están explícitas en el cuestionario post-test, donde 1 equivale a muy difícil, y 5 tiene el valor de fácil.

Partiendo de los análisis del cuestionario post-test compara el nivel de dificultad de cada tarea propuesta explícita en la siguiente tabla (Ver tabla 22).

Tabla 22: Análisis de dificultad por tarea

Usuarios	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3	Tarea 4	Tarea 5	Tarea 6
Usuario 1	5	5	3	5	3	4
Usuario 2	5	5	3	4	3	4
Usuario 3	4	4	3	5	3	4
Usuario 4	3	3	3	3	3	3
Usuario 5	4	2	3	2	3	4
Promedio	4,2	3,8	3	3,8	3	3,8

Fuente: Propia

De acuerdo con la tabla anterior, se puede analizar que las dificultades de las tareas, a partir de los datos obtenidos del cuestionario post-test elaborado por cada usuario después de haber culminado la prueba, dando a conocer los diferentes niveles donde se destaca los siguientes resultados:

- La tarea uno indica que los usuarios tuvieron gran facilidad para el desarrollo de este con un promedio de 4,2, el cual se acerca al 5 de la escala que es muy fácil.
- De igual manera las tareas 2, 4 y 6 indican una dificultad por encima de la media dando a conocer su nivel de dificultad, el cual se encuentra entre el rango de lo normal, manejando un promedio de 3,8.

- Las tareas que presentaron mayor dificultad fueron las 3 y 5 ubicándose a un nivel de dificultad de media, siendo estas las más difíciles para los usuarios.

Análisis de eficacia

Según la norma ISO 9241-11 [55], describe la eficacia como “exactitud e integridad con la que los usuarios alcanzan los objetivos especificados, y por tanto implica la facilidad de aprendizaje, la ausencia de errores del sistema o la facilidad del mismo para ser recordado”, además se puede definir como el grado de consecución que los usuarios logran cumplir una meta establecida.

Para el análisis de medición se toman las seis tareas cumplidas durante la prueba, ya que cada usuario debió realizar el 100% de las tareas propuestas.

Posteriormente, se realiza un promedio de cada usuario que presentó la prueba, a partir de este resultado se toma el porcentaje de eficacia. Para ello se involucran dos indicadores de diseño para la evaluación de la eficacia los cuales son:

- Porcentaje de tareas cumplidas
- Porcentaje de eficacia

Tabla 23: Rangos de valoración por tarea cumplida

	Tareas
Para el número de tareas	Las tareas van de 0 a 6
Porcentaje de tareas cumplidas	Si se obtiene un número de: 0-tareas cumplidas tienen un porcentaje de 0% 1. Tarea cumplida tiene un porcentaje de 16,66% 2. Tareas cumplidas tiene un porcentaje de 32,32% 3. Tareas cumplidas tiene un porcentaje de 49,98% 4. Tareas cumplidas tiene un porcentaje de 66,64% 5. Tareas cumplidas tiene un porcentaje de 83,3% 6. Tareas cumplidas tiene un porcentaje de 100%

Fuente: Propia

- Los valores posibles en un rango de 0 a 100% al tomar los porcentajes totales de las diferentes tareas y dividirlos entre 6 para cada usuario.

- Para definir el porcentaje de eficacia que se encuentra en un rango de 0 a 100% es la suma de todos los porcentajes de las tareas cumplidas y esto se divide entre 5 qué es el total de usuarios.

$$Porcentaje\ de\ Eficacia = \frac{\%\ usuario\ 1 + \%\ usuario\ 2 + \%\ usuario\ 3 + \%usuario4 + \%usuario5}{5}$$

En la siguiente tabla se denotan las tareas propuestas donde se le asigna un SÍ a cada tarea cumplida y para las tareas no cumplidas se le asigna un NO, teniendo en cuenta que los usuarios debían cumplir con cada tarea al 100% para ser aceptadas por los evaluadores:

Tabla 24: Resultados eficacia

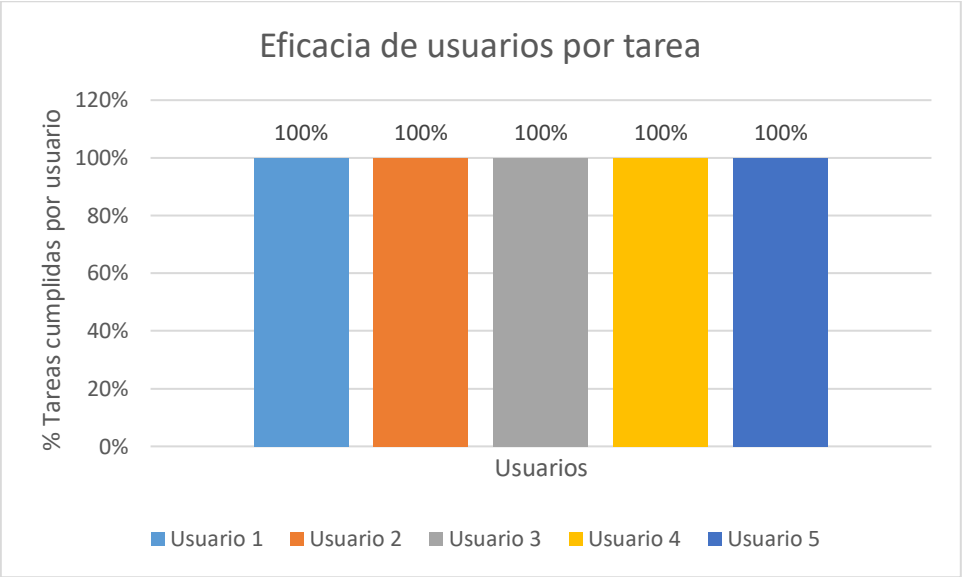
Tareas -Descripción	Tareas Cumplidas				
	Usuario 1	Usuario 2	Usuario 3	Usuario 4	Usuario 5
1. Ingrese a la app autodesk sketchbook, que se encuentra en el escritorio	Si	Si	Si	Si	Si
2. En la parte inferior de esta página se encuentra un dibujo, el cual usted debe dibujar en la aplicación autodesk sketchbook, con la opción pencil.	Si	Si	Si	Si	Si

4. Después de haber elaborado el dibujo proceda a pintarlo utilizando las herramientas que se encuentran en la aplicación autodesk sketchbook.	Si	Si	Si	Si	Si
5. Al terminar de pintar el dibujo, al lado de este escriba el nombre Arturo en mayúsculas con la herramienta de texto de la aplicación	Si	Si	Si	Si	Si
6. Guarde el dibujo terminado en el escritorio del computador utilizando su nombre para el archivo.	Si	Si	Si	Si	Si
Número de tareas cumplidas	6	6	6	6	6
Porcentaje de tareas cumplidas	100%	100%	100%	100%	100%
Porcentaje de tareas cumplidas (%Tarea 1 + %Tarea 2 + %Tarea 3 + %Tarea 4 + %Tarea 5 + %Tarea 6) / 6	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Propia

En la tabla anterior (Ver tabla 24) se muestran los resultados de los diferentes porcentajes de eficacia de los usuarios, concluyendo que todos cumplieron con el 100% de cada tarea.

Figura 57: Eficacia por usuario



Fuente: Propia

En la figura anterior se describe la eficacia por tarea de cada usuario en un diagrama de barras y los resultados obtenidos se reflejan notablemente en una eficacia del 100%

$$Porcent\ de\ Eficacia = \frac{100\% + 100\% + 100\% + 100\% + 100\% + 100\%}{6} = \frac{100}{6} = 100\%$$

Análisis de eficiencia

Según la norma [55], describe la eficiencia como la precisión y grado de consecución con que los usuarios logran objetivos establecidos, por lo tanto, se debe establecer un rango en cuanto al tiempo para medir la precisión a medida que se van cumpliendo las tareas propuestas por los evaluadores.

Por lo anterior, se estipula el tiempo ideal que el grupo de evaluadores estableció para cada tarea de la prueba (Ver tabla 25).

Tabla 25: Tiempo ideal de cada tarea

Tarea	Tiempo estimado
Tarea 1	40 segundos
Tarea 2	240 segundos
Tarea 3	150 segundos
Tarea 4	50 segundos
Tarea 5	60 segundos
Tarea 6	60 segundos

Fuente: Propia

En la siguiente tabla (Ver tabla 26) se muestran los diferentes tiempos que gasto cada usuario por tarea y el porcentaje de la eficiencia, el cual surge del siguiente cálculo: se divide el tiempo estimado por el evaluador sobre el tiempo empleado por el usuario y este se multiplica por cien para obtener el porcentaje de eficiencia por tarea.

Tabla 26: Resultados de tiempos y eficiencia por usuario

	Usuario 1	Usuario 2	Usuario 3	Usuario 4	Usuario 5	Promedio
Tareas 1 seg	19	21	28	10	87	
% Eficiencia	210.50%	190.40%	142.80%	400%	45.90%	197.92%
Tareas 2 seg	104	191	317	235	265	
% Eficiencia	230.70%	125.60%	75.70%	102.10%	90.50%	124.92%
Tareas 3 seg	141	239	243	92	152	
% Eficiencia	106.30%	62.70%	61.70%	163%	98.60%	98.46%
Tareas 4 seg	37	23	38	37	127	
% Eficiencia	135.10%	217.30%	131.50%	135.10%	39.30%	131.66%
Tareas 5 seg	39	49	130	211	173	
% Eficiencia	153.80%	122.40%	46.10%	28.40%	34.60%	77.06%
Tarea 6 seg	33	25	48	86	58	
% Eficiencia	181.80%	240%	125%	69.70%	103.40%	143.98%

Fuente: Propia

De la tabla anterior (Ver tabla 25) se muestra los diferentes comportamientos de los usuarios en cada tarea, visualizando el porcentaje de eficiencia por tarea:

- Destacamos que la tarea con menos eficiencia es la tarea cinco, donde claramente se muestra un porcentaje bajo en el rendimiento del desarrollo de esta tarea.
- También podemos concluir que la tarea más eficiente para los usuarios es la tarea seis, donde el porcentaje de eficiencia está por encima de los niveles establecidos.

Análisis de satisfacción

Se procede a mostrar el análisis de satisfacción de la prueba de usabilidad, a través de los datos obtenidos de una videograbación realizada dentro del salón de pruebas del laboratorio de usabilidad, que permite determinar cuándo un participante empieza y termina cada tarea propuesta, además se cuenta con las gráficas individuales de cada voluntario que son desarrolladas con los datos obtenidos por el sistema hardware-software para el análisis del nivel de oximetría, donde se encuentran los datos de niveles de saturación de oxígeno en la sangre y la duración de cada tarea durante la prueba, teniendo en cuenta que los participantes desarrollaron la prueba completamente. Además, se muestra en la siguiente tabla (Ver tabla 27) la saturación de oxígeno en la sangre en reposo de casa usuario.

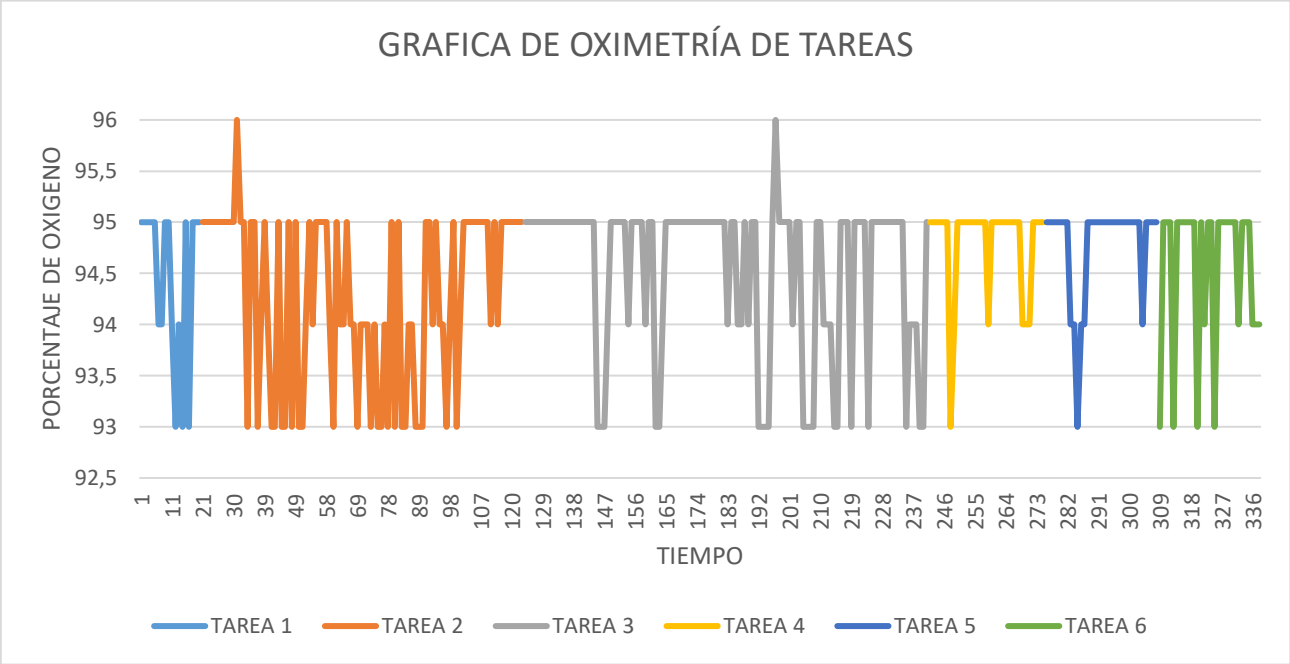
Tabla 27: Saturación de oxígeno en reposo de cada usuario

Usuarios	Promedio saturación de oxígeno en reposo
USUARIO 1	94.00%
USUARIO 2	94.50%
USUARIO 3	94.60%
USUARIO 4	95,70%
USUARIO 5	95,60%

Fuente: Propia

Análisis para el usuario 1

Figura 58: Diagrama por tareas del usuario 1



Fuente: Propia

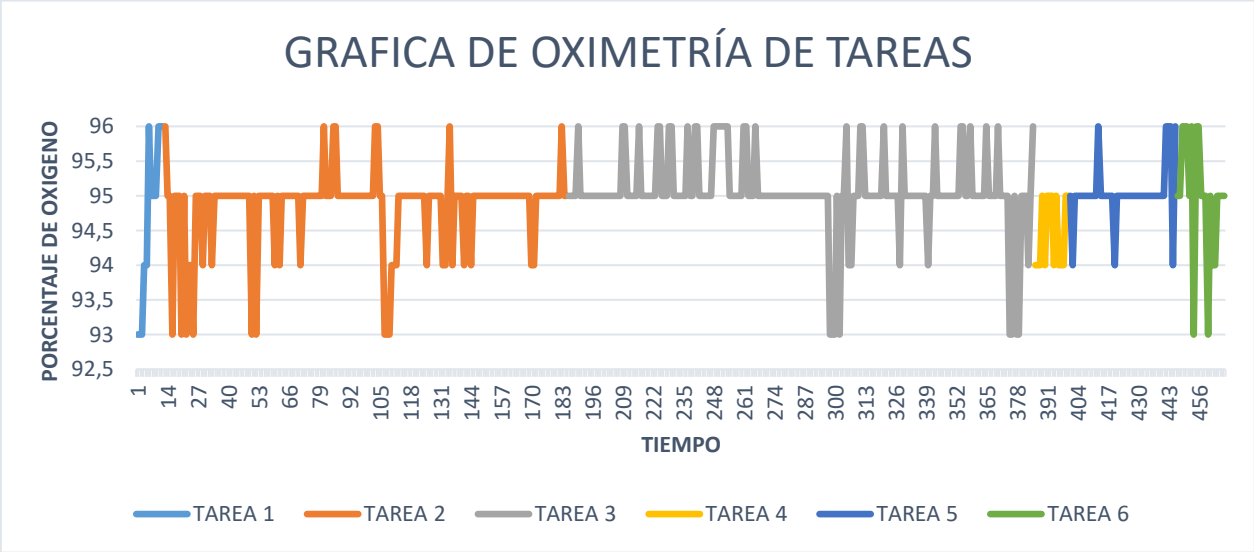
Tabla 28: Análisis del usuario 1

Tarea	Análisis
1	En la tabla se puede evidenciar que en el usuario 1 se presentó una reacción rápida en la realización de la tarea. En 19 segundos se refleja una variación de la saturación de oxígeno dentro del rango de 93 y 95 % dando un promedio del 94.38% reflejándose así; un dato de normalidad referente al dato de saturación promedio en reposo del usuario.
2	En la gráfica se puede observar que el usuario presentó una elevación de oxígeno al inicio de la tarea y en el transcurso de la misma se encontró en un rango de 93 y 95% con tiempo de duración de 104 segundos. Cabe resaltar que el promedio del usuario se encontraba en 94.28% acercándose a su dato de reposo promedio.
3	Esta es la tarea en la que el usuario presentó un lapso de tiempo más extendido de 141 segundos, manteniéndose un pico del oxígeno en medio de la prueba, en el estudio se encontró una tendencia a la elevación del nivel de oxígeno en donde se encontró que el promedio de oxígeno en la tarea fue de 94.54% y se encuentra 0.54% por encima del promedio.
4	En esta tarea se refleja una elevación de oxígeno en el desarrollo de esta, con un promedio de 94,79%, lo cual indica que se encontraba con el promedio más elevado de la prueba.
5	Se puede analizar que existe una estabilidad en la prueba lo cual se notó un pequeño descenso en los datos con respecto a la anterior tarea, pero continúan elevados con respecto al promedio de reposo del usuario con un 94.78%.
6	En esta tarea el usuario se tomó un poco más de tiempo para realizarla (33 segundos). en la gráfica se muestra que los niveles de oxígeno en esta prueba son un poco más variables que en las anteriores tareas arrojando un promedio de 94,57% con respecto a la saturación de oxígeno en reposo 94.00% observándose un incremento del 0,57%.

Fuente: Propia

Análisis para el usuario 2

Figura 59: Diagrama por tareas del usuario 2



Fuente: Propia

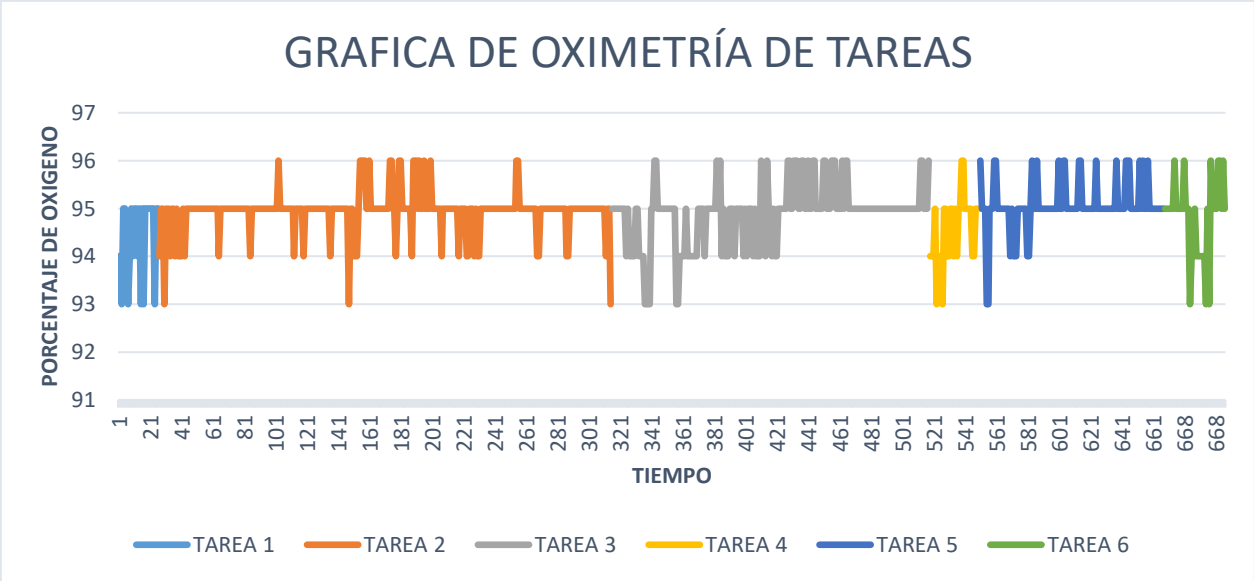
Tabla 29: Análisis del usuario 2

Tarea	Análisis
1	En la gráfica se puede analizar que el usuario tardó 21 segundos para desarrollar esta tarea, en la cual se presentó cambios en su nivel de oxígeno y al promediar estos datos nos arrojan un 94% en su saturación de oxígeno mostrando una pequeña disminución con respecto a su promedio normal en reposo.
2	En la segunda tarea el usuario tardó 191 segundos en la realización de esta y se observa que la información es variable en cuanto al nivel de oximetría, dando un promedio de 94,82%, sobrepasando el promedio habitual en un 0.32%.
3	En esta tarea el lapso de tiempo del usuario fue más largo con 239 segundos, por ende, se observa un incremento de 0.56% en la saturación de oxígeno llegando a un promedio de 95.06%, el cual altera el promedio habitual del usuario, siendo la saturación de oxígeno más elevada durante la prueba.
4	Durante esta tarea la saturación de oxígeno presenta un descenso en comparación a la tarea anterior llegando a un promedio de 94.47%, siendo así el promedio más cercano en cuanto al nivel habitual que presentó el usuario en modo de reposo.
5	El usuario empleo 49 segundos para culminar la tarea, por ello se detalla en la gráfica un comportamiento alterado con un promedio de 95.04%, sobrepasando en nivel habitual del usuario en un 0,54%.
6	Por medio de los datos se obtuvo un promedio de 95% reflejando un cambio del 0,50% con respecto al nivel de oxígeno que presentó el usuario en reposo, partiendo que el usuario tomo 25 segundos para completar la tarea.

Fuente: Propia

Análisis para el usuario 3

Figura 60: Diagrama por tareas del usuario 3



Fuente: Propia

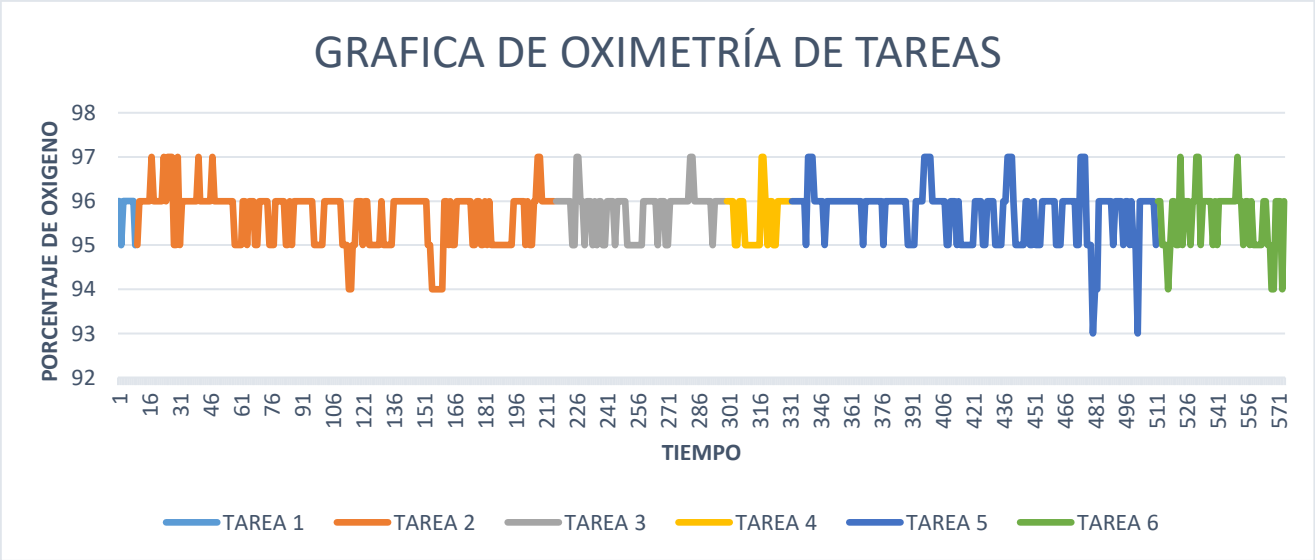
Tabla 30: Análisis del usuario 3

Tarea	Análisis
1	En el desarrollo de esta tarea se obtuvo un rango de saturación de oxígeno de 93% al 95% como lo muestra la gráfica, con un tiempo de 28 segundos; Cabe resaltar que el promedio del usuario fue de 94,38% ubicándose por debajo del nivel de saturación de oxígeno habitual del usuario.
2	El usuario finalizó la tarea en un lapso de tiempo de 317 segundos en el cual se reflejaron picos hasta de 96% de oxígeno alejándose notablemente del promedio en reposo de este, por ello se resalta una diferencia de 0,34% entre el promedio de ejecución de la tarea (94,94%) y el estado en reposo del usuario(94,60).
3	En la tarea 3 aún se conserva el mismo comportamiento que en la tarea anterior mostrando picos elevados, generando un promedio 94.89 en un tiempo de 243, sobrepasando el nivel habitual del usuario
4	En la gráfica se observa que el tiempo utilizado para el desarrollo de esta tarea fue relativamente corto en comparación con las dos tareas anteriores con un tiempo de 38 segundos y se notan variaciones que disminuyen el promedio de oxígeno en el usuario, con un valor de 94,56% acercándose notablemente al nivel de saturación que presentó el usuario en estado de reposo.
5	En esta gráfica el nivel de oxígeno tiende a subir nuevamente en el desarrollo de la tarea, se encuentra que el promedio de saturación alcanza un promedio de 95.07, lo cual resulta ser el promedio más elevado durante toda prueba
6	En esta tarea el usuario logró ejecutarla en 48 segundos y la saturación de oxígeno desciende con un promedio de 94.79% acercándose a su promedio de oxígeno en reposo.

Fuente: Propia

Análisis para el usuario 4

Figura 61: Diagrama por tareas del usuario 4



Fuente: Propia

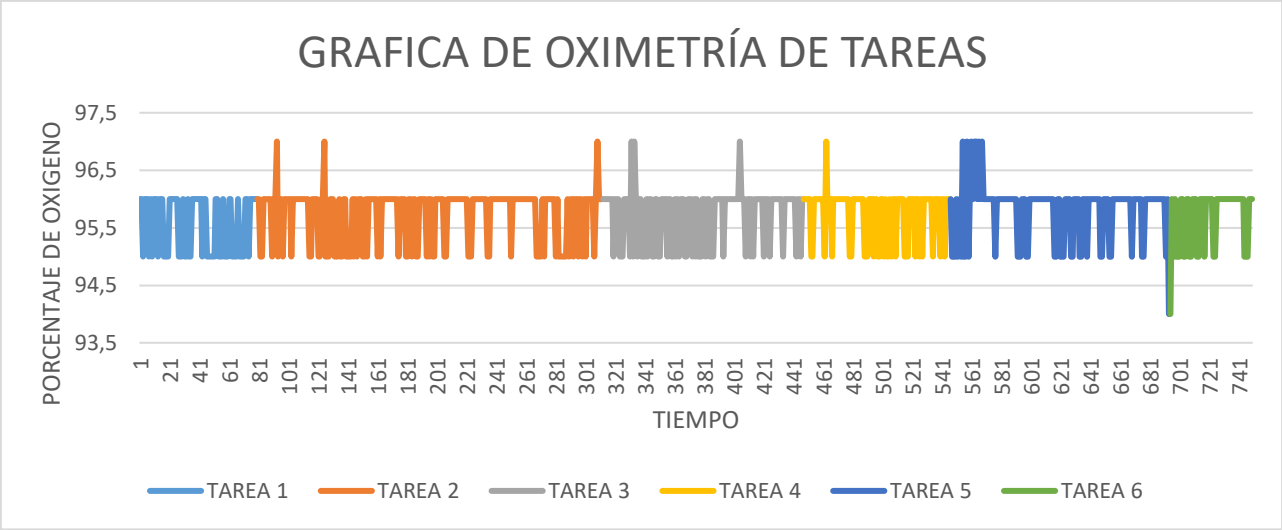
Tabla 31: Análisis del usuario 4

Tarea	Análisis
1	La gráfica muestra que la saturación de oxígeno del usuario varió entre 95% y 96% arrojando un promedio de 95,77% en un tiempo de 10 segundos, por lo tanto, esta tarea fue la que más rápido se realizó por el usuario y la saturación de oxígeno aumentó en un 0,07%.
2	En esta tarea el usuario utilizó un lapso de tiempo de 235 segundos y se observa que la frecuencia de oxígeno varía entre el 95 y el 96% con algunos picos de caída que llegan hasta 95 a mitad de la prueba, por lo cual se tiene un promedio de 95.66% encontrándose a 0.04% por debajo de su rango normal.
3	En la gráfica se observa que el usuario presenta una constante variación de oxígeno dado entre 95 y 96 con algunos picos que llegan hasta 97% en la saturación arrojando un promedio de 95.80% más elevado que en las anteriores tareas, cabe aclarar que el tiempo para el desarrollo de esta tarea fue de 92 segundos.
4	El usuario tardó 37 segundos para culminar con esta tarea, notándose un descenso de los niveles de oxígeno en la sangre en comparación con la tarea anterior, arrojando así un promedio de 95.65% que se encuentra muy cercano al promedio de saturación en reposo del mismo.
5	En esta tarea la saturación de oxígeno del usuario se eleva nuevamente llegando a un promedio 95.75% convirtiéndose en la segunda más alta durante la prueba, cabe aclarar que en la gráfica se observan picos de descenso al final de la tarea. Se añade que la duración de dicha tarea fue de 211 segundos.
6	Se evidencia nuevamente un descenso de la saturación de oxígeno del usuario llegando a un promedio de 95.61% por debajo del promedio en reposo, tarea que demoró en realizar 86 segundos

Fuente: Propia

Análisis para el usuario 5

Figura 62: Diagrama por tareas del usuario 5



Fuente: Propia

Tabla 32: Análisis del usuario 5

Tarea	Análisis
1	Para esta tarea se observó una variación en la saturación de oxígeno de 95% y 96% lo que indica un promedio de 95,53%, el cual se acerca al promedio del usuario en reposo. Esta tarea duró 87 segundos razón por la cual se considera que es una duración elevada en comparación con las pruebas anteriores.
2	Esta tarea fue realizada en un tiempo de 265 segundos, con una variación estable según lo que muestra la gráfica, con intermitentes picos que se elevan al 95%, dándonos un promedio de 95.73%, un poco más elevada con respecto a la tarea anterior.
3	El usuario en el desarrollo de esta tarea mantiene los niveles de oxígeno iguales a la tarea anterior, con un comportamiento similar dentro de la gráfica, con un promedio de saturación de oxígeno de 95.72%, dicha tarea fue desarrollada en un lapso de 152 segundos.
4	Observando la gráfica se puede evidenciar que a partir de la tarea 2 hasta esta, hay un patrón en el movimiento de la saturación de oxígeno, dando valores estables en estas tres tareas teniendo un promedio de 95.74%, tres datos que son muy cercanos al promedio de reposo del usuario 5.
5	En la gráfica se evidencia, que, al inicio de esta tarea, existe una elevación en los datos de saturación de oxígeno, que se ven reflejados en un promedio de 95.81%, el cual se convierte hasta el momento en el promedio más elevado en toda prueba, teniendo una duración 173 segundos.
6	En esta tarea se observa que aún se conserva la constante, al principio de esta hay un pico en la reducción de saturación de oxígeno, dándonos un promedio de 95.67%, acercándose a su estado de reposo en una tarea que demoró 58 segundos.

Fuente: Propia

Posteriormente se procede a analizar los datos sujetados de la prueba de usabilidad, los cuales se capturan por medio del dispositivo como se puede visualizar en la siguiente figura (Ver figura 63).

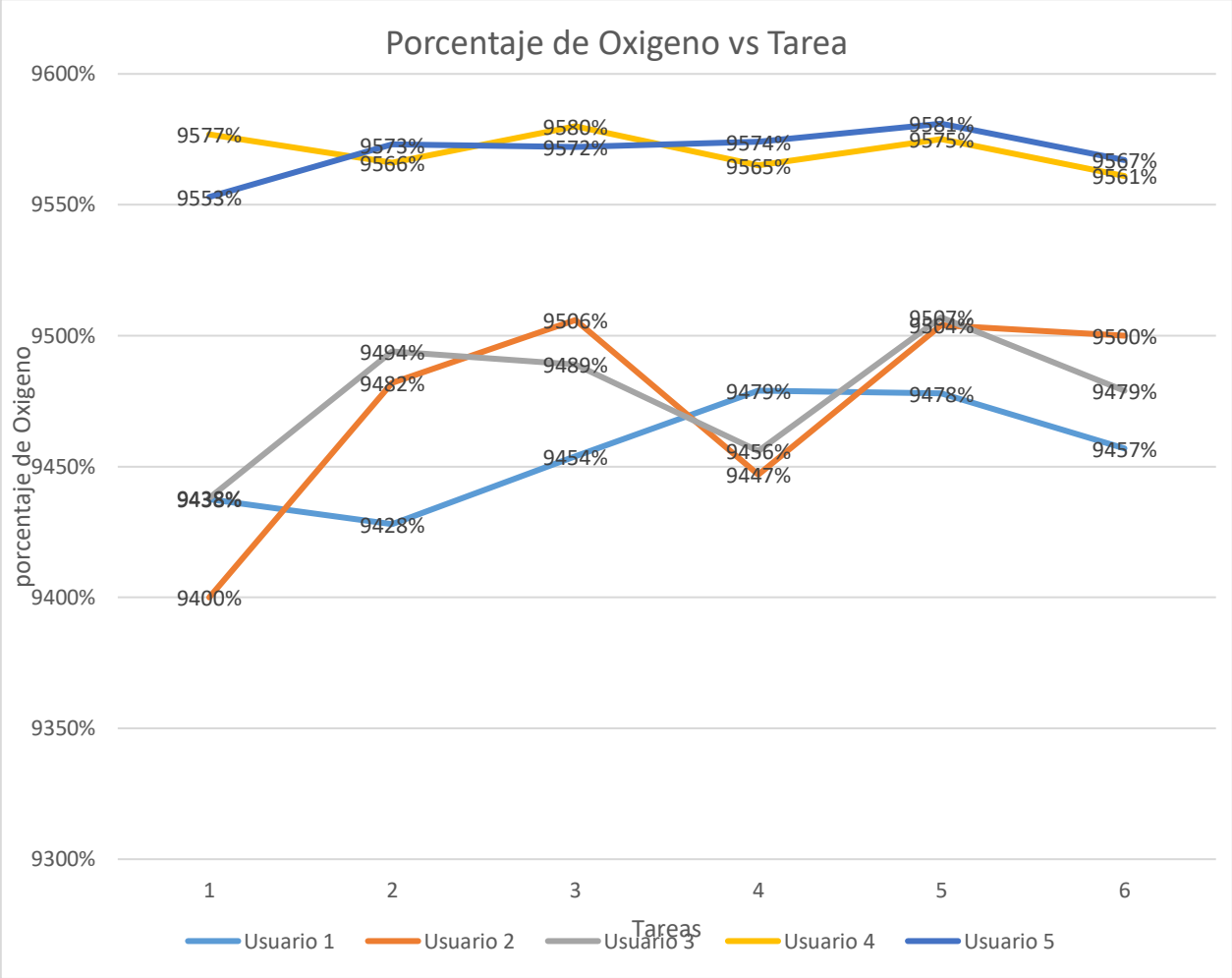
Figura 63: Ejemplo de datos capturados por el dispositivo


```
oximetro-inventor
  Oximeter_Pulse
    Dato1
      Oxigeno: "\"Pulso:63.21\\nOxiqeno:95%\\n\\r\\n\\n03\\/11\\/2020
    Dato10
      Oxigeno: "\"7\\nOxiqeno:96%\\n\\r\\n\\n03\\/11\\/2020 04:30:51 p
    Dato100
      Oxigeno: "\"Pulso:59.24\\nOxiqeno:96%\\n\\r\\n\\n03\\/11\\/2020
    Dato1000
      Oxigeno: "\"Pulso:57.00\\nOxiqeno:95%\\n\\r\\n\\n03\\/11\\/2020
    Dato1001
      Oxigeno: "\"Pulso:56.96\\nOxiqeno:95%\\n\\r\\n\\n03\\/11\\/2020
    Dato1002
      Oxigeno: "\"Pulso:58.50\\nOxiqeno:96%\\n\\r\\n\\n03\\/11\\/2020
    Dato1003
      Oxigeno: "\"Pulso:57.55\\nOxiqeno:96%\\n\\r\\n\\n03\\/11\\/2020
    Dato1004
      Oxigeno: "\"Pulso:57.77\\nOxiqeno:96%\\n\\r\\n\\n03\\/11\\/2020
    Dato1005
      Oxigeno: "\"Pulso:54.81\\nOxiqeno:96%\\n\\r\\n\\n03\\/11\\/2020
    Dato1006
      Oxigeno: "\"Pulso:55.44\\nOxiqeno:96%\\n\\r\\n\\n03\\/11\\/2020
    Dato1007
      Oxigeno: "\"Pulso:57.26\\nOxiqeno:96%\\n\\r\\n\\n03\\/11\\/2020
    Dato1008
```


Fuente: Propia

Estos datos capturados son filtrados para evitar resultados erróneos para así no alterar los datos de la prueba y estos son promediados por cada usuario y tarea a tarea y se representan en la siguiente gráfica (Ver figura 64).

Figura 64: Porcentaje de oxígeno vs tarea



Fuente: Propia

A partir de los datos recolectados y analizados se representan en la anterior gráfica los promedios de oxígeno durante las diferentes tareas efectuadas en las pruebas de usabilidad desarrolladas en las instalaciones de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca.

Lo que se busca a través de esta gráfica es el entender y verificar el funcionamiento del dispositivo buscando pautas que permitan asociar el comportamiento del oxígeno en la sangre en los usuarios, con la dificultad de cada tarea viendo que comportamiento

asociativo existe entre estas dos. Por esto cabe resaltar las siguientes observaciones que se presentan en esta gráfica:

- La gráfica muestra un dato importante, se puede ver que los usuarios han tenido cambios en sus niveles de saturación oxígeno en el desarrollo de la prueba y se puede observar que hay elevación en la saturación de oxígeno en las tareas 3 y 4.
- En la gráfica se observa que los usuarios tuvieron una disminución en su saturación de oxígeno en las tareas 1, 4 y 6.
- Los hombres que son los usuarios 4 y 5 que se encuentran señalados como el color amarillo y color azul oscuro, muestran una saturación de oxígeno más elevada que las mujeres, en un rango que se encuentra entre 95.5% y el 95.8% mientras en de las mujeres se encuentra en un rango 94% al 95%. Creando un indicativo selectivo en género durante esta prueba
- Las mujeres muestran un comportamiento más variable durante la prueba con respecto a los hombres.

Conclusiones y recomendaciones generales

A partir de los anteriores análisis se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones generales:

- El programa de escritorio SketchBook es un aplicativo con una interfaz sencilla pero un poco desorientada en algunos aspectos en la edición. Se pueden encontrar algunas herramientas de dibujo muy fácilmente, pero en el momento de la edición existen verdaderos problemas en la forma de interpretar estos iconos, creando un poco de retraso en la realización de esta tarea que estaba requerida como tarea cinco.
- El programa de escritorio SketchBook obtuvo una eficacia excelente, ya que en los diagnósticos de eficacia los usuarios completaron todas las tareas de forma correcta dándonos un 100% de eficacia en todas las tareas.

- La prueba determina que las diferentes tareas tienen su grado de eficiencia y se aprecia del más eficiente al menos eficiente determinados por promedios de los cinco usuarios, de las cuales se obtuvo la siguiente eficiencia: la tarea 1 con 197.92%, la tarea 6 con 143.98%, la tarea 4 con 131.66%, la tarea 2 con 124.92%, la tarea 3 con 98.46%, la tarea 5 con 77.06%.
- Según las gráficas establecida por los datos capturados por el sistema hardware-software, los usuarios mostraron cambios más elevados en sus niveles de saturación de oxígeno en las tareas 3 y 5 basados en los promedios generados en la gráfica de promedios generales.
- En la realización de la prueba de usabilidad, se recomienda que se busque una forma menos incómoda para la toma de estos datos buscando un punto en el cuerpo donde el usuario pueda utilizar sus dos manos para el desarrollo de la prueba, ya que utilizando el sensor en un dedo inhabilita esta mano para la realización de las pruebas.
- Con referencia a la prueba se puede destacar que basados en el comparativos de datos en la eficiencia y la satisfacción se destaca que las tareas 3 y 5 son las menos eficientes y con mayor saturación de oxígeno durante la prueba.
- Teniendo en cuenta los datos obtenidos se logra probar que el sistema hardware software es útil en la estimación de la satisfacción ayudando de forma notable en la medición de esta característica, logrando obtener datos a través de una propiedad fisiológica del usuario no probada anteriormente en este campo.
- Se recomienda que para versiones futuras este sistema se asocie con otra propiedad fisiológica como lo es el ritmo cardiaco, ya que este sistema hardware software cuenta con un programa capaz de recolectar este tipo de datos, proporcionando una herramienta más completa para el uso en pruebas de usabilidad.

10. CONCLUSIONES

1. Este proyecto se encontraron diversas dificultades que por medio del ensayo y error se fueron superando y que se ve reflejado en la creación de cinco prototipos para alcanzar el objetivo principal, que a su vez se probó en una elaborada prueba de usabilidad para tener aparte del desarrollo, contar con datos de satisfacción para lo que esta herramienta fue creada, ahondando en la complejidad de este proyecto.

2. Este sistema se desarrolló pensado en una herramienta capaz de capturar datos de oximetría en tiempo real en una prueba de usabilidad basada en una tarjeta Arduino mega, apoyada en una aplicación creada en App inventor y almacenando los datos capturados en Firebase de la forma más económica y sencilla posible para su práctico desarrollo.
3. Principalmente se puede afirmar que la propuesta "Construir un sistema hardware-software para el análisis del nivel de oximetría en pruebas de usabilidad" es una herramienta de apoyo para la realización de pruebas de usabilidad dentro del laboratorio, para la estimación de la satisfacción en cuanto a los usuarios, ya que hace un seguimiento a las señales fisiológicas del usuario.
4. Para estimar la satisfacción a partir de señales fisiológicas se debe considerar que la variable de oximetría se refleja de forma directa en el comportamiento interno del usuario, cabe anotar que es diferente a los datos tomados a través de una encuesta de satisfacción, ya que esta información es capturada directamente en el tiempo real, es decir cuando se está desarrollando la prueba, generando un dato real y aprueba de mentiras que se pueden hacer en una encuesta.
5. El sistema desarrollado en este trabajo cumple con las funcionalidades del método propuesto y permite realizar seguimiento de la saturación de oxígeno en la sangre de un usuario en las diferentes tareas de la prueba de usabilidad. De esta forma los evaluadores pueden contrastar el comportamiento fisiológico de un usuario y de esta forma obtener datos que les permita establecer una variable de comportamiento en el desarrollo de las tareas.

6. Teniendo en cuenta que la satisfacción es el atributo más subjetivo según la norma ISO 9241-11, a diferencia de la eficiencia y la eficacia, depende de la percepción que tenga el evaluador al observar al usuario durante la prueba, esto hace posible que se pueda implementar esta herramienta, al tomar datos de variables fisiológicas para la realización de este estudio.
7. La satisfacción es la estimación relacionada con la emoción que tiene el usuario, en este sentido el método propuesto es un acercamiento a la posible emoción que experimenta un usuario durante una prueba, dado que las emociones tienen la capacidad de generar cambios fisiológicos en las personas.
8. La programación en Arduino resulta ser la mejor forma de establecer los parámetros requeridos y cuenta con información suficiente para el desarrollo del sistema, otorgando librerías establecidas que hacen que el funcionamiento y la calibración del sensor sea de fácil control para los evaluadores.
9. Para un trabajo futuro se espera que adicionen otra variable como lo es el ritmo cardiaco, teniendo en cuenta que este sistema cuenta con la facultad de tomar la frecuencia en la que late el corazón del usuario contando con dos datos valiosos para un futuro proyecto en el campo de la usabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Organizacion internacional de normalizacion, «Online Browsing Platform (OBP),» 2018. [En línea]. Available: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en.

[2] A. Mascheroni, «Herramienta para la Evaluación de Usabilidad en Productos Software,» 13 Junio 2013. [En línea]. Available: http://agustinmascheroni.blogspot.com/2013/08/herramienta-para-la-evaluacion-de.html.

[3] C. J. Jiménez, «Estudios E.T. Informática de sistemas,» junio 2004. [En línea]. Available: http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/536/1/27680tfc.pdf.

[4] J. M. Ferreira, «SISTEMAS, CIBERNÉTICA E INFORMÁTICA,» 2017. [En línea]. Available: http://www.iiisci.org/journal/CV$/risci/pdfs/CA692CV17.pdf.

[5] O. M. d. l. Salud, « WHO Pulse Oximetry Training Manual Final Spanish _1_,» 2010. [En línea]. Available: http://www.lifebox.org/wp-content/uploads/WHO-Pulse-Oximetry-Training-Manual-Final-Spanish.pdf.

[6] W. Sanchez, «La usabilidad en Ingeniería de Software: definición y características,» Agosto 2011. [En línea]. Available: https://core.ac.uk/download/pdf/47264961.pdf.

[7] J. G. Cobo, «HARDWARE LIBRE,» 3 NOVIEMBRE 2014. [En línea]. Available: https://www.hwlibre.com/que-es-una-placa-sbc/.

[8] R. J. C. Dumas J. S., «Alberto Acalle,» Septiembre 2010. [En línea]. Available: http://albertolacalle.com/hci/test-usuario.htm.

[9] G. M. M. d. l. Teja, «USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD EN WEB,» Junio 2003. [En línea]. Available: http://www.semac.org.mx/archivos/6-11.pdf.

[10] J. J. Dimuro, «Guía de usabilidad web,» 2014. [En línea]. Available: http://cienciassociales.edu.uy/wp-content/uploads/2014/07/Manual-de-usabilidad.pdf.

[11] Organización Mundial de Salud, «WHO Pulse Oximetry Training Manual Final Spanish _1_,» 2010. [En línea]. Available: http://www.lifebox.org/wp-content/uploads/WHO-Pulse-Oximetry-Training-Manual-Final-Spanish.pdf.

[12] Verkhovetskiy Artur, «Depositphotos,» 12 Febrero 2018. [En línea]. Available: https://sp.depositphotos.com/183828692/stock-photo-cropped-image-doctor-wearing-pulse.html.

[13] A. M. Regueiro, «Universidad de Malaga,» 2005. [En línea]. Available: https://www.uma.es/media/files/tallerestr%C3%A9s.pdf.

[14] R. E. Herrador, «Guia de usuario de arduino,» 12 noviembre 2009. [En línea]. Available: http://www.uco.es/aulasoftwarelibre/wp-content/uploads/2010/05/Arduino_user_manual_es.pdf.

[15] «ANVARELECTRONICS,» 2019. [En línea]. Available: http://avelectronics.co/productos-2/arduino-uno/.

[16] UYTEC&GAMES, «UYETEC,» 5 julio 2017. [En línea]. Available: https://uytec.wordpress.com/2017/07/05/introduccion-a-las-sbc-computadoras-de-placa-reducida/.

[17] G. Perez, «Gasometria.com,» [En línea]. Available: https://www.gasometria.com/saturacion_de_oxigeno_en_sangre.

[18] D. D. Agudelo Mildred, *PROPUESTA DE METODO AUTOMATIZADO PARA LA MEDICION DE LA SATISFACCION EN PRUEBAS DE USABILIDAD, A PARTIR DEL ESTUDIO DE LA EXPRESIÓN FACIAL,* Popayan, 2018.

[19] E. Chanchi Gabriel, «Herramienta para el seguimiento del estres mental en pruebas de usabilidad,» *ICITS 19,* p. 678, 2018.

[20] E. Chanchi Gabriel, «Herramienta de reconocimiento facial para medir la experiencia de usuario (UX),» de *Hobras colectivas en ciencias de la computacion*, Cali, BONAVENTURIANA, 2018, pp. 143-144.

[21] E. Chanchi Gabriel, «Sistema para la deteccion y seguimiento de afecciones cardiacas soportada en SBC,» *ICITS19,* pp. 717-728, 2019.

[22] J. R. Carrillo Paola, «Monitoreo de la actividad cerebral para la evaluación de la satisfacción,» *Revista de ingeniería,* 2015.

[23] A. G. URIBE, *GUÍA RÁPIDA PARA LAS MEDICIONES EN EQUIPOS BIOMÉDICOS,* Bogotá, 2015.

[24] M. D. L. P. SOCIAL, *DECRETO NÚMERO 4725 DE 2005,* 2005.

[25] «Desingthinking gal,» 2019. [En línea]. Available: https://designthinking.gal/que-es-el-design-thinking/.

[26] E. R. Frías, «Design Thinking – Fase 1: Empatizar con el otro,» 14 mayo 2013. [En línea]. Available: http://estebanromero.com/2013/05/design-thinking-fase-1-empatizar-con-el-otro/.

[27] R. D. Y. T. SIANG, «International desing foundation,» 8 febrero 2019. [En línea]. Available: https://www.interaction-design.org/literature/article/stage-2-in-the-design-thinking-process-define-the-problem-and-interpret-the-results.

[28] E. R. Frías, «grinugr,» 1 diciembre 2014. [En línea]. Available: http://emprende.grinugr.org/emprende/actividad-design-thinking-fase-3-generacion-de-ideas/.

[29] A. Alba, «innolandia.es,» 2013. [En línea]. Available: https://innolandia.es/design-thinking-a-fondo-prototipar/.

[30] Euroforum, «euroforum,» 25 abril 2018. [En línea]. Available: https://www.euroforum.es/blog/design-thinking-iv-testear/.

[31] J. Nielsen, «Nielsen Norman Group Líderes mundiales en la experiencia del usuario basada en la investigación,» 24 Abril 1994. [En línea]. Available: https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/.

[32] L. P. Cancio, «Usabilidad de los sitios Web, los métodos y las técnicas para la evaluación,» *Revista cubana de información en ciencias de la salud,* pp. 187-188, 2013.

[33] O. C. Montoto, «usableaccesible olga carreras,» 30 Julio 2019. [En línea]. Available: https://olgacarreras.blogspot.com/2011/07/sirius-nueva-sistema-para-la-evaluacion.html.

[34] H. Loranger, «Nielsen Norman Group Líderes mundiales en la experiencia del usuario basada en la investigación,» 17 Abril 2016. [En línea]. Available: https://www.nngroup.com/articles/usability-test-checklist/.

[35] J. Nielsen, «Nielsen Norman Group Líderes mundiales en la experiencia del usuario basada en la investigación,» 3 enero 2012. [En línea]. Available: https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/.

[36] L. P. Cancio, «Usabilidad de los sitios Web, los métodos y las técnicas para la evaluación,» *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud,* pp. 182-183, 2013.

[37] H. J. B. Ferreras, 2008.

[38] T. G. i. Saltiveri, «Documat,» 2017. [En línea].

[39] T. G. i. Saltiveri, *Tesis,* 2014.

[40] las tecnicas de evaluación de usabilidad más populares, «Bravent IT consulting company,» 25 febrero 2014. [En línea]. Available: https://www.bravent.net/las-tecnicas-de-evaluacion-de-usabilidad-mas-populares.

[41] H. Delgado, «Diseño de Páginas Web Profesionales y Posicionamiento de Sitios Web akus.net,» 22 Agosto 2019. [En línea]. Available: https://disenowebakus.net/estandares-web.php.

[42] S. Morales, «Proceso de Pruebas de Usabilidad de Software,» *CONAIC,* pp. 30-31, 2018.

[43] M. B. Díaz Ovejero, «CONTROL DE RESPUESTAS EMOCIONALES :INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES,» 2013. [En línea]. Available: http://eprints.ucm.es/23424/1/T34893.pdf.

[44] J. A. Pérez, «ETSIT UPM,» 21 Julio 2015. [En línea]. Available: http://oa.upm.es/37288/7/PFC_JORGE_ALARCO_PEREZ_2015.pdf.

[45] J. I. Melchor Gutiérrez y A. R. Amat, «LA RESPUESTA CARDIACA COMO MEDIDA DE LA ANSIEDAD EN DEPORTES DE RIESGO,» 2013. [En línea]. Available: https://ddd.uab.cat/pub/revpsidep/19885636v3n2/19885636v3n2p7-2.pdf.

[46] s. Iglesias, a. Del castillo y j. Muñoz, «Reconocimiento facial de expresión emocional: diferencias por licenciaturas,» Acta de investigacion-Univesidad Autónoma del Estado de Hidalgo, ,Pachuca, México, 2016.

[47] D. L. Serrano, 1 aeptiembre 2017. [En línea]. Available: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/91753/L%C3%93PEZ%20-%20Dise%C3%B1o%20e%20implementaci%C3%B3n%20de%20un%20pulsiox%C3%ADmetro.pdf?sequence=1.

[48] H. M. Salas, «Oximetría de pulso,» *Scielo,* pp. 149-155, 2012.

[49] P. López-Herranz, «Oximetría de pulso: A la vanguardia en la monitorización no invasiva de la oxigenación,» *Revista Médica del Hospital General de México,* pp. 160-163, 2003.

[50] maximintegrated, «maximintegrated.com,» 2019. [En línea]. Available: https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/MAX30100.html.

[51] D. P. Jimenez Anderson, *CRIPTOANALISIS DEL ALGORITMO RSA CON LLAVES DE AL MENOS 340 BITS BASADOS EN SBC DE BAJO COSTO.,* Popayan: Institución Universitaria Colegia Mayor del Cauca, 2017.

[52] R. Q. F. R. Hernández Orallo, «Introducción a la Minería de Datos.,» *Editorial Pearson Prentice Hall.,* 2004.

[53] R. Nose, «academia,» 2018. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/28920904/Cap%C3%ADtulo_2_Metodolog%C3%ADas_y_procesos_de_an%C3%A1lisis_de_software.

[54] I. E. Commission, «IEC,» 2001. [En línea]. Available: https://www.sis.se/api/document/preview/566963/.

[55] c. t. AEN/CTN 81, «norma española. UNE-EN ISO 9241-11,» AENOR, Madrid-España, 1998.

[56] D. A. CESPEDES, «DA CESPEDES - 2017 - opac.pucv.cl,» [En línea]. Available: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-4500/UCC4799_01.pdf.

[57] C. L. Bringas, «Cesarbringas estudio,» 18 mayo 2015. [En línea]. Available: https://comunidad.iebschool.com/cesarbringas/2015/05/18/evaluacion-heuristica/.

[58] J. Nielsen, «Líderes mundiales en experiencia de usuario basada en investigación,» 1 Noviembre 1994. [En línea]. Available: https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/.

[59] M. Moncada y j. De la Cruz, «La actividad electrodérmica,» *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN VOL. 31 No. 2 ,* pp. 143-151, 2011.

[60] «Actividad Electrodérmica y conductancia de la piel,» 15 abril 2015. [En línea]. Available: https://skyvictor375.wordpress.com/2015/04/15/actividad-electrodermica-y-conductancia-de-la-piel/.

[61] R. Marin, Y. LLante y G. Chanchi, «Herramienta para la evaluacion de la satisfaccion en pruebas de usabilidad bajo el enfoque de pensamiento en voz alta,» *S.N,* 2017.

[62] W. Sanchez, «La usabilidad en Ingeniería de Software: definición y características,» *Ingeniería e Innovación de la Facultad de Ingeniería,* p. 16, Agosto 2011.

[63] J. M. Montero Martínez, «Analisis, Síntesis y Reconocimiento de habla con emociones,» 2001. [En línea]. Available: http://lorien.die.upm.es/juancho/pfcs/GMS/cap2.pdf.

[64] C. P. Carlos, «Pruebas de usabilidad y diseño Web,» [En línea]. Available: https://www.uaeh.edu.mx/nuestro_alumnado/icbi/articulos/Pruebas_de_usabilidad_y_diseno_web.pdf.

[65] ArturVerkhovetskiy, «depositphotos,» 12 febrero 2018. [En línea]. Available: https://sp.depositphotos.com/183828692/stock-photo-cropped-image-doctor-wearing-pulse.html.