

INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO PARA UNA HERRAMIENTA DE APOYO A
LABORATORIOS DE FÍSICA Y QUÍMICA DE UNICATÓLICA SOBRE
RASPBERRY PI BASADA EN CRITERIOS DE USABILIDAD

JUAN ESTEBAN GARCÍA ESCOBAR
MATEO GONZÁLEZ DOMÍNGUEZ

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA CATÓLICA LUMEN GENTIUM
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
SANTIAGO DE CALI
2022

INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO PARA UNA HERRAMIENTA DE APOYO A
LABORATORIOS DE FÍSICA Y QUÍMICA DE UNICATÓLICA SOBRE
RASPBERRY PI BASADA EN CRITERIOS DE USABILIDAD

JUAN ESTEBAN GARCÍA ESCOBAR
MATEO GONZÁLEZ DOMÍNGUEZ

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero de Sistemas

Director
VÍCTOR VIERA. Mg

Codirector
CARLOS WILLIAM SÁNCHEZ. PhD

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA CATÓLICA LUMEN GENTIUM
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
SANTIAGO DE CALI
2022

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Fundación Universitaria Lumen Gentium para optar al título de Ingeniero de sistemas:

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, noviembre 09 de 2022

DEDICATORIA

Juan esteban García:

A mi padre Leonel García, por ser el apoyo más importante durante este proceso, ya que sin su apoyo no hubiera logrado mis metas y sueños. Por ser mi ejemplo a seguir en todos los aspectos, por enseñarme siempre a salir adelante sin importar los obstáculos que se presenten en nuestras vidas. Todo esto y mucho más, aun sin ya no estar en vida, sin ya no tenerte cerquita de mí y sea de donde te encuentres sigo sintiendo ese apoyo, amor y protección que siempre me diste. Tu eres gran parte de este sueño y que sé que desde donde estes siempre vas a estar muy orgulloso de ver el hombre que criaste y en lo que me he convertido gracias a ti. de cada cosa que me prometido y que he consigo con mucho trabajo y esfuerzo.

A mi madre Ruby Escobar, por ser ese pilar tan valioso, por apoyarme durante toda mi vida y durante este lindo proceso, a ti por siempre estar a mi lado, velando siempre por que no faltara nada y motivándome diariamente para lograr cumplir este objetivo, gracias por ser esa mujer guerrera de la cual me siento orgulloso todos los días de mi vida. todo esto es por ti mama y porque siempre quiero verte feliz.

A mi hermano Andrés García, por siempre estar a mi lado apoyándome, por acompañarme durante este proceso en el cual he aprendido mucho de ti, por ser uno de mis motores que siempre me motiva a ser mejor cada día y para que siempre te sientas orgulloso de mi.

A mi padrino Cesar García, por ser el apoyo más grande durante toda mi vida educativa, ya que sin el esto no hubiera sido posible. Gracias por siempre estar a mi lado aun con la ausencia de mi padre, por ayudar a mi familia y estar siempre al tanto de todo.

A el resto de mi familia, abuelos, tías, primos, amigos, mi compañera sentimental y a mi sobrino, por apoyarme y animarme a lograr este sueño que se está haciendo realidad.

Mateo González Domínguez:

A mis padres José Alonso González y Olga Ximena Domínguez que gracias a su apoyo logre llegar hasta donde estoy y también a mi hermana Sara González Domínguez por su acompañamiento en todo este camino.

AGRADECIMIENTOS

Los estudiantes agradecen a la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium, al programa de Ingeniería de Sistema y a los profesores Víctor Viera Balanta, Mg., Carlos William Sánchez, PhD. y John Edward Ordoñez, PhD., por su apoyo durante toda la etapa de desarrollo e investigación del trabajo, que sin su dedicación y conocimiento no hubiera sido posible el desarrollo del proyecto.

Este trabajo es parcialmente soportado por el proyecto de investigación titulado “Herramienta didáctica para el mejoramiento del aprendizaje de prácticas de laboratorio de fenómenos químicos y termodinámicos (HeDiLab)”.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	17
INTRODUCCIÓN	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.2 SISTEMATIZACIÓN	23
JUSTIFICACIÓN	24
2.1 ALCANCE	24
2.2 LIMITACIONES	25
2.3 RESULTADOS ESPERADOS Y PRODUCTO DEL PROYECTO	25
2.4 IMPACTO SOCIAL	26
2.5 IMPACTO AMBIENTAL	26
2.6 IMPACTO ECONÓMICO	26
OBJETIVOS	28
3.1 GENERAL	28
3.2 ESPECÍFICOS	28
ESTADO DEL ARTE	29
4.1 ANTECEDENTES LOCALES-REGIONALES	29
4.2 ANTECEDENTES NACIONALES	30
4.3 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	32

MARCO REFERENCIAL	37
5.1 MARCO TEÓRICO	37
5.1.1 Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)	37
5.1.2 Usabilidad	38
5.1.3 Criterios de usabilidad	39
5.1.4 Evaluación Heurística	39
5.1.5 Bases de datos	40
5.1.6 Scrum	41
5.2 MARCO CONCEPTUAL	43
5.2.1 Raspberry Pi	43
5.2.2 Raspbian	43
5.2.3 Python	44
5.2.4 PyQt	44
5.2.5 Sistema	44
5.2.6 Comunicación serial	45
5.2.7 Librería	45
5.3 MARCO CONTEXTUAL	46
5.3.1 Misión	46
5.3.2 Visión	46
5.3.3 Ubicación	47
METODOLOGÍA	49
6.1 TIPO DE ESTUDIO	49
6.2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO SCRUM	50

6.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	50
DESARROLLO PRIMER OBJETIVO	52
DESARROLLO SEGUNDO OBJETIVO	61
DESARROLLO TERCER OBJETIVO	66
DESARROLLO CUARTO OBJETIVO	77
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXOS	109

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Los 10 principios heurísticos de Jakob Nielsen	40
Figura 2. Esquema operativo de la metodología SCRUM	42
Figura 3. Localización geográfica sede Meléndez, Cali.	47
Figura 4. Laboratorio de Física, Sede Meléndez.	47
Figura 5. Fases del desarrollo de software	49
Figura 6. Las cuatro formas para evaluar la usabilidad	52
Figura 7. Mockup ventana splash	61
Figura 8. Mockup ventana control de usuarios	62
Figura 9. Mockup ventana asignaturas	62
Figura 10. Mockup ventana prácticas	63
Figura 11. Mockup ventana práctica	64
Figura 12. Diagrama de navegación	65
Figura 13. Ventana de inicio de sesión	67
Figura 14. Ventana de asignaturas	68
Figura 15. Ventana de prácticas de química	69
Figura 16. Ventana de prácticas de física	69
Figura 17. Ventana de historial de prácticas	70
Figura 18. Ventana de ajustes	71
Figura 19. Ventana de creación de usuarios	72
Figura 20. Ventana de eliminación de usuarios	72
Figura 21. Ventana de actualización de usuarios	73

Figura 22. Ventana de aplicaciones.....	74
Figura 23. Ventana de bienvenida	75
Figura 24. Ejemplo del proceso de una práctica.....	76
Figura 25. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 1.1.....	77
Figura 26. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 1.2.....	78
Figura 27. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 1.3.....	78
Figura 28. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 2.1.....	79
Figura 29. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 2.2.....	80
Figura 30. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 2.3.....	80
Figura 31. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 2.4.....	81
Figura 32. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.1.....	82
Figura 33. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.2.....	82
Figura 34. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.3.....	83
Figura 35. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.4.....	83
Figura 36. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.5.....	84
Figura 37. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.6.....	84
Figura 38. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 4.1.....	85

Figura 39. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 4.2.....	86
Figura 40. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 4.3.....	86
Figura 41. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 4.4.....	87
Figura 42. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 4.5.....	87
Figura 43. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 5.1.....	88
Figura 44. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 5.2.....	89
Figura 45. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 6.1.....	90
Figura 46. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 6.2.....	90
Figura 47. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 6.3.....	91
Figura 48. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 7.1.....	92
Figura 49. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 7.2.....	92
Figura 50. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 8.1.....	93
Figura 51. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 8.2.....	94
Figura 52. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 8.3.....	94
Figura 53. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 8.4.....	95
Figura 54. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 8.5.....	95

Figura 55. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 9.1	96
Figura 56. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 9.2	97
Figura 57. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 9.3	97
Figura 58. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 10.1	98
Figura 59. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 10.2	99
Figura 60. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 10.3	99
Figura 61. Certificado evento RedColSi Mateo González	120
Figura 62. Certificado evento RedColSi Juan Esteban García	121
Figura 63. Certificado encuentro de semilleros de la UNAB Mateo González	122
Figura 64. Certificado encuentro de semilleros de la UNAB Juan Esteban García	123
Figura 65. Certificado encuentro de semilleros RREDSI Mateo González	124
Figura 66. Certificado encuentro de semilleros RREDSI Juan Esteban García	125
Figura 67. Certificado encuentro de semilleros ACIET Mateo González	126
Figura 68. Certificado encuentro de semilleros ACIET Juan Esteban García	127
Figura 69. Certificado encuentro Regional de semilleros RREDSI Mateo González	128
Figura 70. Certificado encuentro Regional de semilleros RREDSI Juan Esteban García	129

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Comparación del estado del arte	34
Tabla 2. Escala de medición	53
Tabla 3. Primer principio heurístico	55
Tabla 4. Segundo principio heurístico	55
Tabla 5. Tercer principio heurístico	56
Tabla 6. Cuarto principio heurístico	57
Tabla 7. Quinto principio heurístico	57
Tabla 8. Sexto principio heurístico	58
Tabla 9. Séptimo principio heurístico	58
Tabla 10. Octavo principio heurístico	59
Tabla 11. Noveno principio heurístico	59
Tabla 12. Décimo principio heurístico	60
Tabla 13. Heurísticas fuertes	100
Tabla 14. Heurísticas débiles	101
Tabla 15. Product Backlog	109
Tabla 16. Historia de usuario #01	110
Tabla 17. Historia de usuario #02	111
Tabla 18. Historia de usuario #03	112
Tabla 19. Historia de usuario #04	113
Tabla 20. Historia de usuario #05	114
Tabla 21. Historia de usuario #06	115

Tabla 22. Historia de usuario #07	116
Tabla 23. Historia de usuario #08	117
Tabla 24. Historia de usuario #09	118
Tabla 25. Historia de usuario #10	119

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexos A. Mockup final	109
Anexos B. Product backlog	109
Anexos C. Historias de usuario.....	110
Anexos D. Encuesta de usabilidad	120
Anexos E. Documento de ayuda.....	120
Anexos F. Certificados de participación en encuentros de semilleros	120

RESUMEN

En la actualidad la tecnología se ha convertido en un insumo muy importante en la enseñanza, lo cual ha permitido que la calidad de la educación mejore, por esa razón es tan importante que las universidades y colegios cuenten con buenas herramientas tecnológicas para el desarrollo de sus clases. Con base a lo anterior y teniendo en cuenta que la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium se encuentra en proceso de mejora continua se propuso una actualización de las herramientas para el desarrollo de las actividades de laboratorio. Por esto, se estableció desde UNICATÓLICA el desarrollo de una Herramienta Didáctica para los Laboratorio de Ciencias Básicas. El desarrollo de dicha herramienta implicó la implementación de un software que permite la interacción del humano con el sistema, dicho software está constituido de dos partes, la capa de comunicación, la cual permite que mediante órdenes enviadas por la interfaz gráfica pueda a través de sensores, capturar magnitudes físicas y químicas y una interfaz gráfica de usuario. El presente trabajo desarrolló la interfaz gráfica de usuario que junto a la capa de comunicación fueron implementadas con éxito en un mini ordenador llamado Raspberry Pi. Una vez finalizado el desarrollo se realizaron las respectivas pruebas de usabilidad mediante la metodología de evaluación heurística de Jakob Nielsen y gracias a ella se concluyó que la interfaz desarrollada resulta amigable y estéticamente agradable a los estudiantes.

ABSTRACT

Nowadays, technology has become a very important input in teaching, which has allowed the quality of education to improve, for that reason it is so important that universities and colleges have good technological tools for the development of their lessons. Based on the above and taking into account that the Lumen Gentium Catholic University Foundation is in the process of continuous improvement, an update of the tools for the development of laboratory activities was proposed. For this reason, UNICATÓLICA established the development of a Didactic Tool for the Basic Sciences Laboratory. The development of said tool implied the implementation of a software that allows the interaction of the human with the system, said software is constituted of two parts, the communication layer, which allows that by means of orders sent by the graphical interface it can through sensors, capture physical and chemical magnitudes and a graphical user interface. The present work developed the graphical user interface that together with the communication layer were successfully implemented in a mini computer called Raspberry Pi. Once the development was completed, the respective usability tests were carried out using Jakob Nielsen's heuristic evaluation methodology and thanks to it, it was concluded that the developed interface is friendly and aesthetically pleasing to students.

INTRODUCCIÓN

Las actividades experimentales son uno de los aspectos clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje, tanto por la fundamentación teórica que puede aportar a los estudiantes, como por el desarrollo de ciertas habilidades y destrezas para las cuales el trabajo experimental es fundamental. Ahora bien, gracias al creciente desarrollo de la tecnología se ha producido una evolución en el desarrollo de las diversas prácticas dentro de los laboratorios. Dicha evolución ha proporcionado procesos de optimización en las actividades experimentales como reducción de tiempos en la toma de medidas, reducción en el margen de error en las mismas, entre otras.

En UNICATÓLICA actualmente los estudiantes se encuentran realizando prioritariamente experimentos de forma tradicional, es decir, con procesos manuales, sin herramientas tecnológicas basadas en las TIC. Lo que en estos tiempos se puede considerar desventajoso, por motivos como: el gran avance tecnológico con el que se cuenta en la actualidad, los tiempos reducidos requeridos para las practicas, etc. Por tal motivo surge la necesidad de implementar herramientas tecnológicas como un valor agregado en donde se pueda agilizar los procesos de toma de datos a la vez que se logra familiarizar a los estudiantes con las nuevas tecnologías, buscando así generar en ellos nuevas competencias, como: el manejo de herramientas ofimáticas como Excel, manipulación de datos, creación de gráficas, entre otras.

Partiendo de la necesidad de implementar estas herramientas, se propuso dentro de la institución el desarrollo de una herramienta didáctica de laboratorios, la cual cuenta con su respectivo hardware y un software que interactúa directamente con el hardware. El hardware está conformado por una pantalla táctil, una tarjeta Arduino y una microcomputadora Raspberry insertados dentro de una carcasa, además el hardware cuenta con sensores que permiten la adquisición de datos asociados a

magnitudes físicas y químicas. Por otra parte, el software cuenta con dos partes, la primera es la capa de comunicación entre la Raspberry y el Arduino que permite el funcionamiento de los sensores, la segunda parte y de la que se trata el presente trabajo es el de una GUI (Interfaz gráfica de usuario) basada en criterios de usabilidad que permita la interacción entre el usuario y la herramienta instalada en el microcomputador. Además, con la ayuda de algunos criterios de usabilidad se logró que el software sea fácil de usar para los estudiantes, profesores y laboratoristas, y con ello asegurar la calidad del diseño y el software.

Este documento consta de catorce capítulos, en el primer capítulo se realiza una introducción al proyecto desarrollado, en el segundo capítulo se describe el problema que da lugar a este trabajo, en el tercero se encuentra la justificación que motiva la realización del presente trabajo, en el cuarto se plantean los objetivos que se esperan cumplir, en el quinto y sexto se plantean el estado de arte y el marco de referencia respectivamente, en el séptimo se describe la metodología con la que se llevará a cabo este trabajo, en los capítulos ocho, nueve, diez y once se desarrollan los cuatro objetivos y se muestran los resultados de los mismos. Finalmente, en los capítulos doce y trece se describe la conclusión y las recomendaciones del trabajo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium – UNICATÓLICA, es una institución de educación superior perteneciente a la arquidiócesis de Cali, la cual fue fundada hace 25 años por monseñor Isaías Duarte Cancino. La UNICATÓLICA actualmente cuenta con 7 sedes siendo estas Meléndez, Pance, Jamundí, Compartir, Yumbo, Alfonso López y Plaza Caicedo. En la actualidad ofrece programas de pregrado en Ingeniería, ciencias administrativas, ciencias sociales, educación, humanidades y salud. En la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería (FaCBel) se cuenta con la formación en ingeniería de sistemas de información e ingeniería industrial, campos que demandan, para la formación de sus estudiantes, de espacios propicios para la confrontación de la teoría con la práctica, siendo uno de estos espacios los laboratorios de Ciencias y laboratorios especializados. Lugares en los que se reúne el conocimiento en diversas formas, todas ellas soportadas en estructuras de trabajo con metodologías, procedimientos, herramientas y recursos técnicos que operan como facilitadoras de resultados que han de impactar el desarrollo de la ingeniería en campos específicos. La tecnología de las TIC se une a estos recursos y se pone al servicio de la ingeniería en el trabajo de laboratorio. Podemos con esto afirmar que una formación idónea en ingeniería requiere un amplio trabajo de laboratorio y este trabajo debe contar con las tecnologías necesarias y pertinentes a los problemas que se proyecten resolver.

Como lo plantea en su trabajo Blancas Hernández y Rodríguez Pineda (2013) *“Históricamente, el avance y desarrollo tecnológico ha sido aprovechado por las instituciones educativas con el fin de convertirla en una educación de calidad. Particularmente desde el siglo XXI, la incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la educación se ha ofrecido como la piedra filosofal capaz de mejorar y transformar los procesos y prácticas escolares”* (p.163). La educación superior no es ajena a esta realidad, en campos como la ingeniería, el uso de la tecnología en los procesos de enseñanza – aprendizaje es

impostergable. Es tarea fundamental, de los programas de formación profesional, definir y proveer tecnologías acordes a estos procesos.

Sin embargo, se puede apreciar que en algunos casos la tecnología basada en las TIC existente en los laboratorios para la ingeniería no es la adecuada y/o suficiente. Es el caso de la FaCBeI de UNICATÓLICA cuyos laboratorios requieren actualización en base a estas tecnologías, lo que hace de esta realidad una situación que puede asumirse como problema de investigación. Esto permitirá aprovechar los conocimientos existentes para la búsqueda de soluciones de acuerdo a las necesidades de formación de los ingenieros en el trabajo de laboratorio y a los avances de la ciencia. La poca o ninguna utilización de estas herramientas tecnológicas, en los laboratorios de física y química de UNICATÓLICA, genera una mayor dificultad en la adquisición de habilidades y conocimientos prácticos. López, Rúa y Tamayo, Alzate (2012) lo expresan así en su trabajo: *“Las actividades experimentales son uno de los aspectos clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje tanto por la fundamentación teórica que puede aportar a los estudiantes, como por el desarrollo de ciertas habilidades y destrezas para las cuales el trabajo experimental es fundamental”* (p.146).

UNICATÓLICA al apersonarse de la problemática anterior planteada inicio un proceso de desarrollo de una herramienta educativa para los laboratorios, pero resulta coherente e importante el desarrollo de una interfaz que permita la interacción entre la herramienta y el estudiante, todo esto siguiendo parámetros de usabilidad los cuales permitan el fácil uso y aprendizaje de la tecnología, por lo tanto, este trabajo de grado propone el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario para el software de la herramienta didáctica de laboratorios HeDiLab sobre Raspberry Pi basada en criterios de usabilidad que se comuniquen con la capa de comunicación correspondiente la cual permitirá mejorar y facilitar el aprendizaje en las prácticas de laboratorio.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo implementar una interfaz gráfica de usuario para el software desarrollado para la herramienta didáctica de laboratorios HeDiLab sobre Raspberry Pi basada en criterios de usabilidad que se comunique con la capa de comunicación correspondiente?

1.2 SISTEMATIZACIÓN

¿Cómo determinar los criterios de usabilidad necesarios que contribuyan a incrementar la calidad de software?

¿Cómo se diseñó el gráfico que presenta toda la ejecución de la interfaz del software?

¿Cómo se efectuó la implementación de la interfaz gráfica del software que se adaptó en la Raspberry Pi?

¿Cómo se llevaron a cabo las pruebas correspondientes para la evaluación de la usabilidad de la interfaz gráfica?

JUSTIFICACIÓN

UNICATÓLICA ha desarrollado una Herramienta Didáctica para los Laboratorio de ciencias (HeDiLab) para el mejoramiento del aprendizaje de los laboratorios de ciencias básicas, que tiene como propósito contribuir en la formación de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Sin embargo, surge la necesidad de diseñar y desarrollar una aplicación móvil que se ejecute sobre el miniordenador Raspberry Pi con una interfaz gráfica de usuario (GUI) teniendo en cuenta los criterios de usabilidad los cuales faciliten el proceso de aprendizaje de los usuarios a fin de que la aplicación sea intuitiva y atractiva para los mismos, donde se sientan familiarizados con la misma.

El presente desarrollo permite optimizar los procesos que tienen que llevar a cabo los estudiantes, para que, a la hora de realizar las prácticas dentro de los laboratorios, permita capturar toda la información obtenida durante y después de las prácticas.

2.1 ALCANCE

En este trabajo se desarrolló una interfaz gráfica de usuario para un programa de software que se ejecuta sobre una microcomputadora Raspberry Pi completamente funcional para la herramienta didáctica HeDiLab que permitirá la comunicación con la capa de comunicación de la herramienta y la integración con la base de datos desarrollada. La interfaz pasará por pruebas de usabilidad para asegurarse que sea lo más amigable posible con el usuario, todo esto con el fin de mejorar la interacción de los estudiantes y maestros con la herramienta didáctica de laboratorio.

En general el proyecto se desarrolló con el fin de mejorar los tiempos de la toma de datos de las diferentes prácticas que se llevan a cabo por parte de los estudiantes en los laboratorios de Física y Química.

El desarrollo de tanto la interfaz gráfica como del software de la herramienta didáctica funciona de manera local.

2.2 LIMITACIONES

El Software HeDiLab fue implementado en un ambiente móvil, sobre la Raspberry Pi, es decir constituye una aplicación móvil que funciona sobre el sistema operativo Linux para esta plataforma, Raspbian.

Se encontraron problemas con las diferentes versiones del sistema operativo Raspian, esto ocasionaba la reinstalación del sistema operativo en la Raspberry Pi. También se presentaron limitaciones en la flexibilidad entre sistemas operativos, es decir, algunas funcionalidades desarrolladas desde el sistema operativo Microsoft Windows que no eran compatibles con sistemas operativos derivados de Linux.

Los requisitos mínimos del hardware del equipo móvil sobre el que se ejecutara el programa son:

- Minicomputador Raspberry Pi.
- Sistema operativo Raspberry Pi OS.
- >2 GB de almacenamiento.
- Pantalla >7".
- Sensores (Temperatura, Humedad, pH, Voltaje, Corriente)
- Periféricos de entrada como ratón y teclado.
- Puertos de comunicación serial (Puerto USB)
- Caja ensamblada.

2.3 RESULTADOS ESPERADOS Y PRODUCTO DEL PROYECTO

- Interfaz gráfica de usuario de la aplicación móvil sobre Raspberry Pi.

- Archivo de ayuda.
- Protocolo de pruebas de usabilidad de la interfaz establecido e implementado.
- Documentación correspondiente.

2.4 IMPACTO SOCIAL

- Generación de competencias en el desarrollo de herramientas IoT.
- Ofrecer a los docentes la forma de interacción con una herramienta didáctica de apoyo en cursos básicos de laboratorio.
- Dotación de experiencia real en la formación de los estudiantes en aprendizajes de conceptos de termodinámica específicamente en prácticas de (temperatura, humedad, pH y corriente).

2.5 IMPACTO AMBIENTAL

El desarrollo de la interfaz de usuario para el software HeDiLab no generó daños significativos al medio ambiente, ni hubo emisiones importantes de gases que contaminen el aire durante su codificación y desarrollo. Asimismo, el uso de esta herramienta al generar mejor precisión en la toma de los cálculos de los datos disminuye el desperdicio de materiales por errores que se presentaban anteriormente realizándose de forma manual.

2.6 IMPACTO ECONÓMICO

- Disponer de una herramienta de apoyo a las clases de ingeniería en UNICATÓLICA con costos módicos de mantenimiento e implementación.
- Acceso al conocimiento en el manejo de la herramienta sin incurrir en gastos extra por la comunidad universitaria de UNICATÓLICA.
- Fomentar el uso de hardware y software libre. Por medio del proceso de investigación que se llevó a cabo, se logró construir una herramienta a través de un software libre especialmente diseñado para este tipo de problema, Por

lo tanto, se evitó la compra de un software comercial, es decir que no fue necesario incurrir en gastos extra en licencias.

OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Implementar una interfaz gráfica de usuario para la herramienta didáctica de laboratorios (HeDiLab) basado en criterios de usabilidad.

3.2 ESPECÍFICOS

- Determinar los criterios de usabilidad necesarios que contribuyan a incrementar la calidad de software.
- Diseñar un esquema de operación de la interfaz gráfica de usuario para el software HeDiLab.
- Desarrollar la interfaz de usuario para el software a ejecutar sobre la Raspberry Pi.
- Evaluar los criterios de usabilidad de la GUI desarrollada.

ESTADO DEL ARTE

A continuación, se presentan los trabajos de investigación consultados como soporte al desarrollo de este trabajo de grado.

4.1 ANTECEDENTES LOCALES-REGIONALES

Propuesta para incorporar evaluación y pruebas de usabilidad dentro de un proyecto de desarrollo de software:

Este artículo describe las tareas de pruebas de usabilidad desde etapas tempranas del desarrollo de software. De esta manera busca cambiar la concepción de esperar a que el producto de software este construido para indagar en él, los aspectos de usabilidad y en cambio propone anticiparse para tener en cuenta aspectos de usabilidad desde las etapas de levantamiento de requisitos y diseño del software, para luego realizar las ejecuciones de pruebas y evaluaciones de usabilidad y finalizar con la verificación de la interfaz (Florián et al., 2010, p. 127).

Proponer un esquema para la integración de la ingeniería de la usabilidad en los procesos iniciales de construcción de software:

Este documento de tesis plantea que la ingeniería de la usabilidad se vuelve un requerimiento del software, lo que genera el trabajo funcional y no funcional del producto y por lo tanto debe ser llevado en cuenta desde las primeras etapas del trabajo. En este tiempo se ve mucha deficiencia en nivel de usabilidad en muchos sistemas existentes actualmente a los cuales les damos uso, cuando debería de ser todo lo contrario. Debería ser un tema primordial y de cuidado, sobre todo porque de ahí proviene la percepción de los usuarios sobre dicho producto. La usabilidad es un factor fundamental dentro de la calidad del software, donde un sistema que cumple con dicha usabilidad no es solo en temas de eficacia, precisión y seguridad,

sino más exitoso. Este trabajo muestra unos ítems que se deben aplicar a los programas de computador únicos, software a los cuales se les realizará un resultado de usabilidad, al igual se mostrará un resultado de las posibles mejoras que podría tener este software, lo que permitirá a tener satisfacción por parte de los usuarios (Sarmiento Rueda, Yaneth Carolina, 2019).

4.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Diseño e implementación de software con interfaz gráfica para la medición de los parámetros de antenas en el laboratorio:

El presente trabajo de grado se propone potencializar el laboratorio de antenas, generando un sistema que permita realizar comparaciones con los datos prácticos obtenidos con el kit de antenas LabVolt de la Universidad Santo Tomás y que estos resultados sean comparados mediante el software a desarrollar permitiendo realizar un mayor análisis sobre las antenas. De igual manera, estará presente definiciones de conceptos específicos sobre antenas (Garzón Sánchez & Ochoa Salamanca, 2016).

En este trabajo de grado, se desarrolló un software que tiene la funcionalidad de ayudar en el aula de clase o en prácticas libres a los estudiantes para estudiar las antenas por medio de una interfaz gráfica fácil de usar. Además, permite graficar los resultados y exportar los datos de las simulaciones, para que estos se puedan trabajar en otros programas. Todas las funcionalidades mencionadas, servirán a la hora de desarrollar el presente trabajo debido a que el software que se pretende desarrollar posee las mismas características.

Evaluación Heurística de Usabilidad en Plataforma Educativa:

Este artículo de investigación genera la adaptación del tratamiento de evaluación heurística en la usabilidad. Como objeto de evaluación se tuvo en cuenta una interfaz educativa con tal fin de ayudar en la sucesión de mejora continua de la misma, llevándola así al máximo nivel de usabilidad y experiencia del usuario. donde se revisaron varias proposiciones heurísticas de Nielsen, con un cierto número de ítem de una población y una muestra con un total de estudiantes que usarán dicha plataforma educativa. (Moreno et al., 2022, p.27).

FisicaTIC:

Este artículo tiene en cuenta primordialmente uno de los inconvenientes que afronta el proceso de aprendizaje de las ciencias básicas y las ingenierías, el cual es la división del conocimiento teórico de la instrucción práctica. Lo que significa, que los conocimientos en los laboratorios se transforman en métodos didácticos pedagógicos de mucho provecho para la formación. Aunque ponerlo en práctica sugiere infraestructura física, componentes y materiales que generan inversiones económicas muy grandes. En solución a esta situación, surge lo que se conoce como FisicaTIC, una aplicación hardware-software que permite llevar a cabo prácticas de física e ingeniería. Propuesta la cual aspira crear habilidades de aprendizaje, con el apoyo de los recursos propios de los estudiantes. (Chaparro et al., 2019).

Diseño, construcción y programación de una plataforma didáctica de hardware-software para el manejo remoto de los módulos de sistemas de encendido y sensores automotrices en el laboratorio de autotróica I y II de la sede Cuenca:

Este proyecto implica el desarrollo, análisis e implementación tecnológica de sistemas de mando a distancia por medio de Arduino y LabVIEW, esto para la

optimización de nuevos procedimientos de aprendizaje con el uso remoto de material educativo y desarrollando nuevos componentes para la enseñanza remota para los estudiantes y grupos de investigación. Este sistema se desarrolla llevando a cabo una interfaz física de hardware manejada por medio de un software desarrollado con la plataforma de programación LabVIEW, para la elaboración de prácticas de forma virtual. (Huerta et al., 2022, p. 9).

4.3 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Diseño e implementación de hardware y software para el apoyo a la investigación en laboratorios:

En este documento se recoge el diseño, desarrollo e implementación de una modificación para equipos de laboratorio utilizados para la toma de muestras, convirtiéndolo en un dispositivo automatizado basado en Arduino. Mediante el control de motores de paso a través de la placa Arduino y una interfaz gráfica sencilla e intuitiva se ha creado un conjunto de herramientas para el soporte a la investigación en los laboratorios (Delgado Fernández, 2019).

Entre los resultados de este trabajo de grado está el desarrollo de una interfaz gráfica que permite la visualización de datos recogidos por un Arduino de manera sencilla e intuitiva. Este resultado será útil a la hora de visualizar los datos que se pretenden mostrar con la interfaz gráfica que se espera desarrollar en el presente trabajo.

La usabilidad en Ingeniería de Software: definición y características:

El artículo anterior presenta métodos para evaluar la usabilidad, consideraciones a tener en cuenta al hora de evaluar la usabilidad y una exposición de las normas ISO que están asociadas a la usabilidad en el desarrollo de software. Los temas

mencionados anteriormente serán de utilidad al momento de realizar las respectivas pruebas de usabilidad del software a desarrollar. (Sánchez, 2011, p. 7).

The Usability Heuristic factors for Sensors monitoring system A case study of laboratory Animal Research Center:

Este trabajo plantea que hoy en día la tecnología de la información se vuelve una metodología muy importante para ayudar a mejorar organizaciones, como gobiernos, empresas, educación y países desarrollados, plataformas que permiten a las personas conectarse con otras, plataforma de internet de las cosas (IoT) genera ventajas como punto de vista, lo que viene siendo respuestas rápidas, compatibilidad con errores humanos y herramienta de recopilación. Dentro de esto se suman puntos importantes como la experiencia de usuarios (UX) y la interfaz de usuario (UI), donde esta investigación se orienta en la interacción del usuario con el sistema de monitoreo de sensores, el cual generaba respuestas mientras lo usaban, esto para encontrar un factor importante de la heurística de usabilidad (USH), la cual cuenta con 10 principios generales de Jakob Nielsen para la intervención en el diseño de interacción con dos versiones de diferentes software (Sanpote, D., & Sanpote, W. 2020, p. 130-141).

Usability through software design:

Este artículo dice que, durante las dos últimas décadas, la infraestructura hiper convergente (HCI) ha presentado propiedades específicas que las aplicaciones software deberían tener muy en cuenta para suplir inconvenientes de usabilidad que se presentan frecuentemente. Aunque la implementación de dichos aspectos de usabilidad de las aplicaciones y en las cuales en muchas ocasiones puede ser un proceso no tan sencillo para los desarrolladores de software que nunca hayan

tomado capacitaciones en usabilidad donde se tienen en cuenta factores como determinar cuándo, cómo y por qué se tiene que considerar dichos métodos de usabilidad. En el presente artículo se han determinado un grupo de pautas de usabilidad para poner en práctica en el desarrollo de software, de igual forma ayudando así a los ingenieros de software a juntar características de usabilidad propias en las aplicaciones. además, se basan en los artefactos de diseño de software diseñados por los orientadores. Minuciosamente en la estructura de dichos artefactos de diseño ya planteados, de cómo se deben usar acorde al proceso de desarrollo y la arquitectura del software usada para cada sistema. Pautas las cuales se han llevado a la práctica dentro del ambiente académico, donde se han obtenido respuestas en reducción de tiempo de desarrollo, mejoras en la calidad de los diseños obtenidos y disminuyendo así la complejidad recibida de las funciones de usabilidad por parte de los desarrolladores (Carvajal et al., 2013).

Para una mayor comprensión se puede consultar la Tabla 1, la cual muestra una comparación entre los documentos propuestos en el estado del arte y el presente proyecto, en donde se fijan criterios para ser escogido, similitudes y diferencias.

Tabla 1. Comparación del estado del arte

TÍTULO	CRITERIO	SIMILITUD	DIFERENCIA
Evaluación Heurística de Usabilidad en Plataforma Educativa.	Reglas heurísticas de usabilidad o parámetros de Nielsen.	Implementación de pruebas de usabilidad en software para entornos educativos.	Se enfoca en la evaluación de una plataforma educativa existente.
FísicaTIC, plataforma Hardware-Software para Aplicaciones en Física e Ingeniería.	Medición de magnitudes físicas, Laboratorios de física, Interfaz	Implementación de un software-hardware para la medición de magnitudes físicas.	Magnitudes diferentes y tecnologías para el desarrollo del software diferentes.

	Gráfica de Usuario.		
Diseño, construcción y programación de una plataforma didáctica de hardware-software para el manejo remoto de los módulos de sistemas de encendido y sensores automotrices en el laboratorio de autotrónica I y II de la sede Cuenca	Medición de magnitudes físicas, Laboratorios de física, Interfaz Gráfica de Usuario.	Implementación de un software-hardware para la medición de magnitudes físicas.	Magnitudes diferentes y tecnologías para el desarrollo del software diferentes.
Proponer un esquema para la integración de la ingeniería de la usabilidad en los procesos iniciales de construcción de software	Ingeniería de usabilidad, criterios de usabilidad de la norma ISO.	Implementación de pruebas de usabilidad en software	Se enfoca únicamente en el planteo de un esquema de integración de la ingeniería de usabilidad con el desarrollo de software en etapas tempranas.
The Usability Heuristic factors for Sensors monitoring system A case study of laboratory Animal Research Center	UI, UX, Reglas heurísticas de usabilidad, uso de sensores y gráfica de datos.	Implementación de pruebas de usabilidad en software para laboratorios mediante adquisición de datos por medio de sensores.	Realiza el análisis en un sistema para laboratorio animal
Usability through software design	Pruebas de usabilidad, Usabilidad en HCI.	Implementación de pruebas de usabilidad en software	Se enfoca únicamente en plantear la importancia y la manera de implementar pruebas de usabilidad en

			proyectos de HCl.
--	--	--	-------------------

MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentarán los apartados teóricos que sustentarán y apoyarán el desarrollo de este trabajo de grado.

5.1.1 Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)

El concepto de interfaz tiene definiciones variadas dependiendo del autor al que se le consulte para definirlo. En general, las interfaces de usuario pueden comprenderse como lo que el usuario ve del sistema, es decir, la interfaz de usuario no es todo el sistema en sí, sino que es la parte gráfica del mismo y, por lo tanto, debe ser comprendido por el usuario. Se puede inferir de lo anterior que todo sistema que precise de la interacción entre él y el usuario constará de una interfaz gráfica de usuario.

El diseño de interfaces pertenece a una categoría más amplia denominada La interacción Humano-Computador (HCI, Human-Computer Interaction) la cual se presenta como un área de estudio que se enfoca en el fenómeno de interacción entre usuarios y sistemas informáticos, buscando proporcionar bases teóricas, metodológicas y prácticas para el diseño y evaluación de productos que cuentan con la interacción humana, por ende, lograr que dichos productos puedan ser usados de forma eficiente, eficaz, segura y satisfactoria. (Hassan & Martín, 2005).

Las interfaces gráficas de usuario o por sus siglas en inglés GUI (Graphical User Interface) es la parte gráfica o visual de un software, teniendo como objetivo ser el medio por el cual los usuarios y el sistema interactúan, todo esto gracias al uso de botones, imágenes, objetos gráficos, texto, etc. Los elementos mencionados anteriormente buscan que el software sea representado de manera clara para que así el usuario pueda realizar sus tareas de la mejor forma posible.

Sumado a lo anterior, una interfaz es una combinación de cuadrícula, diseño, tipografía, colores, animaciones y micro interacciones. En otras palabras, la interfaz de usuario es todo lo que experimentamos, principalmente con nuestros ojos. La representación visual debe ser legible, utilizable y desprovista de cualquier elemento innecesario que distraiga (Malewicz & Malewicz, 2020).

En el contexto de la interacción humano-computador, la interfaz gráfica de usuario es el mecanismo tecnológico de un sistema interactivo que permite, a través del uso y la representación del lenguaje visual, una interacción sencilla, amigable e intuitiva con un sistema informático.

5.1.2 Usabilidad

La usabilidad es asegurarse que algo funcione bien: que una persona con capacidad y experiencia media (o incluso por debajo de la media) pueda ser capaz de usar algo (ya sea un sitio web, un avión o una puerta giratoria) con el objetivo deseado sin sentirse completamente frustrado. (Krug, 2006).

La usabilidad es una de las características de calidad que ha ganado mayor relevancia en la industria del software con el paso de los años. Difícil fue establecer un concepto que pueda unificar a todos los atributos que debía acoger la característica (Madruga Hernández & Viltres Salas, 2018). En la actualidad una de las definiciones más aceptadas es la de la norma internacional ISO/IEC 25010:2010: “Capacidad del producto software para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario, cuando se usa bajo determinadas condiciones.” (IEC, ISO/IEC 25010, 2010).

5.1.3 Criterios de usabilidad

La definición de usabilidad planteada por la norma internacional ISO/IEC 25 010 reconoce seis subcaracterísticas con las que puede ser evaluada la usabilidad de un producto:

- Reconocimiento: Capacidad del producto que permite al usuario entender si el software es adecuado para sus necesidades.
- Aprendizaje: Capacidad del producto que permite al usuario aprender su aplicación.
- Operabilidad: Capacidad del producto que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad.
- Protección contra errores de usuario: Capacidad del sistema para proteger a los usuarios de hacer errores.
- Estética de la interfaz de usuario: Capacidad de la interfaz de usuario de agrandar y satisfacer la interacción con el usuario.
- Accesibilidad: Capacidad del producto que permite que sea utilizado por usuarios con diversos rangos de capacidades.

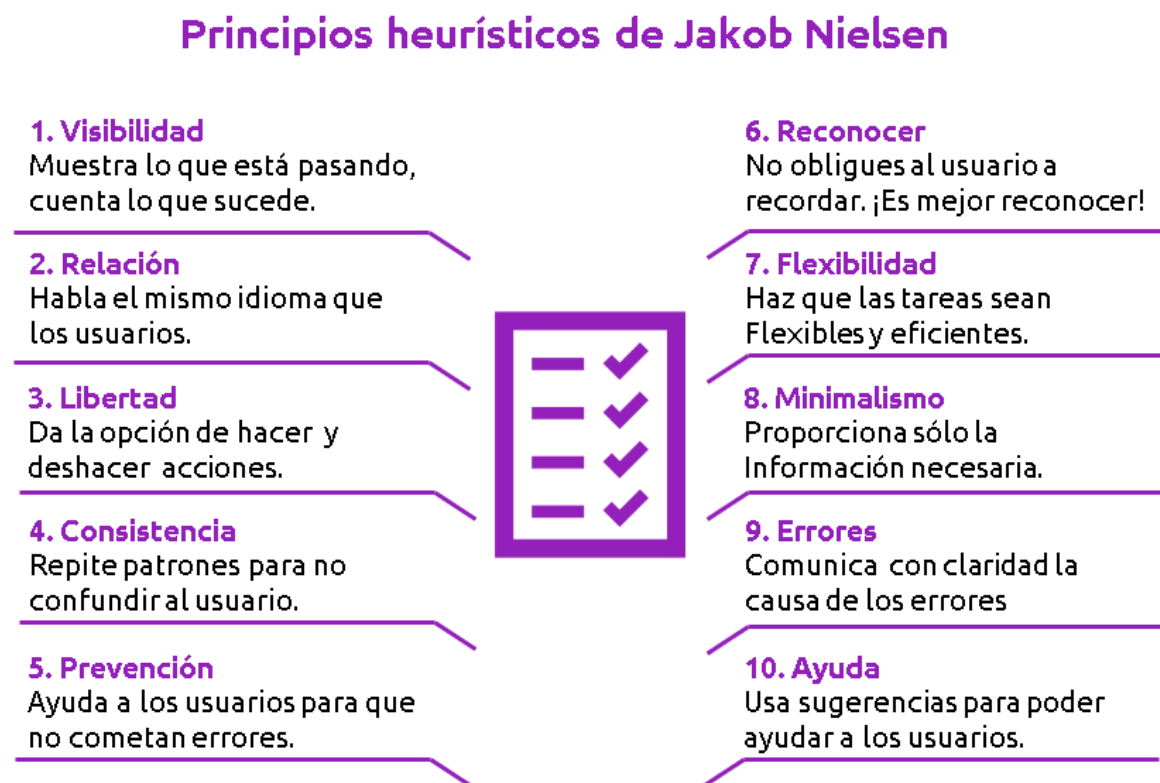
5.1.4 Evaluación Heurística

La evaluación heurística es un método con el cual se busca medir la usabilidad de un sistema por medio de una serie de principios llamados principios heurísticos o simplemente “heurísticas” que se establecen previamente. Dicha metodología fue presentada por primera vez en el libro *Heuristic evaluation of user interfaces* de Jakob Nielsen y Rolf Molish en el año de 1990. La palabra heurística proviene de la palabra “eureka” que significa hallar o encontrar. (González et al., 2001)

Con el pasar de los años diversos autores han propuesto también sus propios principios heurísticos, pero aun así los 10 principios propuestos por Nielsen son aún los más conocidos y usados.

Los 10 principios de Nielsen son los siguientes:

Figura 1. Los 10 principios heurísticos de Jakob Nielsen



Fuente: (González et al., 2001)

5.1.5 Bases de datos

Una base de datos es una colección de datos relacionados. Con la palabra datos nos referimos a los hechos (datos) conocidos que se pueden grabar y que tienen un significado implícito. Por ejemplo, piense en los nombres, números de teléfono y

direcciones de las personas que conoce. Puede tener todos estos datos grabados en un libro de direcciones indexado o los puede tener almacenados en el disco duro de un computador mediante una aplicación como Microsoft Access o Excel. Esta colección de datos relacionados con un significado implícito es una base de datos (Elmasri & Navathe, 2007).

5.1.6 Scrum

Scrum es una metodología ágil. Una de las características más importantes de esta metodología es la división del trabajo en pequeñas unidades para realizar entregas frecuentes, lo que permite tener una pequeña visión de lo que se está desarrollando y poder realizar modificaciones simples (Schwaber y Sutherland, 2013).

Dentro de Scrum se definen tres tipos de roles:

Dueño del Producto (Product Owner): es el responsable de que el backlog del proyecto esté ordenado según las preferencias establecidas, sea claro y entendible para todos.

Facilitador (Scrum master): es el encargado de que el development team entienda y aplique Scrum correctamente.

Equipo de Desarrollo (Development team): son los encargados de realizar llevar a cabo el backlog, ninguno tiene un rol específico (desarrollador, tester) cuentan como un todo y está formado entre 3 y 9 miembros.

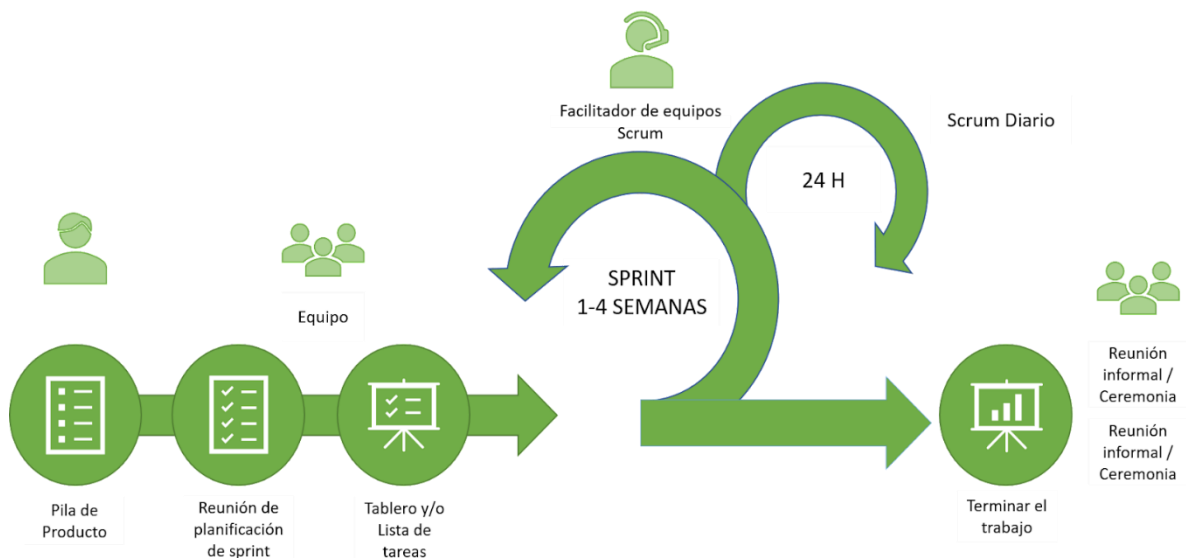
Dentro de la metodología Scrum existen los que se conoce como eventos y artefactos, los eventos son: sprint, sprint planning, scrum diario, sprint review y sprint

retrospective. Por otro lado, los artefactos son: pila del producto, sprint backlog e incremento.

El product backlog consiste en un listado ordenado con todo lo que se necesita para desarrollar el producto y es la única fuente de requisitos para cualquier cambio que requiera hacerse. El listado nunca está completo, siempre que el producto no se haya finalizado, es dinámico y puede cambiar constantemente para identificar las necesidades del proyecto (Schwaber et al, 2013).

Los sprints son bloques de un tiempo determinado, no muy extenso, donde cada iteración proporciona un resultado completo y entregable al cliente. Cada sprint consiste en la reunión de planificación de sprint, Scrum diarios, el trabajo de desarrollo, la revisión del sprint y la retrospectiva del sprint (Schwaber et al, 2013).

Figura 2. Esquema operativo de la metodología SCRUM



Fuente: (Frechina, 2018)

5.2 MARCO CONCEPTUAL

5.2.1 Raspberry Pi

La Raspberry Pi es una computadora de bajo costo construida en Gran Bretaña que permite a todos aprender computación, comenzar a programar y explorar la electrónica básica. Es del tamaño de una tarjeta de crédito, pero capaz de ejecutar un sistema operativo completo y hacer todo lo que hace una computadora de escritorio. (Bdm Publication, 2020)

La primera Raspberry Pi fue lanzada en febrero de 2020 por la organización Raspberry Pi Foundation. Para hacerlo lo más accesible posible, desarrollaron este pequeño ordenador de bajo coste y grandes posibilidades.

Precisamente es en el buen rendimiento y el bajo coste en dónde radica el gran éxito de la Raspberry Pi, lo que permite la posibilidad de desarrollar una gran variedad de proyectos educativos.

5.2.2 Raspbian

Raspbian es un sistema operativo basado en Debian optimizado para el hardware de Raspberry Pi. Cuando se lanza la placa Raspberry Pi, Raspbian se convierte en el sistema operativo oficial para las placas Raspberry Pi. El sistema operativo Raspbian es un sistema operativo de código abierto que fue iniciado por Mike Thompson y Peter Green (Kurniawan, 2019).

Mike Thompson y Peter Green crearon Raspbian en 2012 con el objetivo de ser un sistema operativo que corra en CPUs de bajo rendimiento. Hacia finales del 2014, Raspbian se mejoró con el fin de convertirse en el sistema operativo oficial del nuevo modelo de la Raspberry Pi.

5.2.3 Python

Python es un lenguaje de programación que nació en 1991 y que se ha convertido en uno de los principales lenguajes por dos razones. La primera es que es un lenguaje de alto nivel, es decir, su sintaxis es muy cercana al idioma inglés por lo que resulta fácil de aprender y la segunda es que es código libre. Fue desarrollado por Guido Von Rossum, siendo su primera versión la 0.9.0. Actualmente Python se encuentra en la versión 3.

Una de las grandes ventajas de Python es que es independiente de la plataforma que se use, ya sea Windows, Mac o Unix, esto quiere decir que los programas escritos en una plataforma corren en las otras (Cervantes Villagómez et al., 2017)

5.2.4 PyQt

PyQt es un conjunto de enlaces de Python para el marco de aplicaciones multiplataforma que combina todas las ventajas de Qt y Python. Con PyQt, puede incluir bibliotecas Qt en el código Python, lo que le permite escribir aplicaciones GUI en Python. En otras palabras, PyQt le permite acceder a todas las facilidades proporcionadas por Qt a través del código Python. Dado que PyQt depende de las bibliotecas Qt para ejecutarse, cuando instala PyQt, la versión requerida de Qt también se instala automáticamente en su máquina (Harwani, 2018)

5.2.5 Sistema

Un sistema es un conjunto de partes y objetos coordinados que interactúan y que forman un todo para alcanzar un conjunto de objetivos. Los sistemas están conformados por subsistemas que son cada una de las partes que encierran un sistema, es decir un conjunto de partes e interrelaciones que se encuentran

estructuralmente y funcionalmente, dentro de un sistema mayor, y que posee sus propias características.

El concepto de sistema ha sido utilizado por dos líneas de pensamiento diferentes. La primera es la Teoría General de Sistemas por Boulding y otros. El esfuerzo central de este movimiento es llegar a la integración de las creencias. El segundo movimiento es bastante más práctico y se conoce con el nombre de “Ingeniería de Sistemas” o “Ciencias de Sistemas” iniciada por la investigación de operaciones y seguida por la administración científica (Management Sciences) y finalmente por analistas de sistemas (Johansen Bertoglio, 1993).

5.2.6 Comunicación serial

La comunicación serial es un protocolo de comunicación entre dispositivos que se incluyen de manera estándar en prácticamente cualquier computadora. La mayoría de las computadoras incluyen puertos seriales, el ejemplo más conocido son los puertos USB. La comunicación serial puede ser utilizada para adquisición de datos, control, depuración de código, etc.

5.2.7 Librería

Una librería es un conjunto de programas o código escrito en algún lenguaje de programación, su objetivo es el de facilitar la creación de un software, mejorar su funcionamiento y añadir funcionalidades que en el lenguaje puro puede que no existan. Las librerías no son ejecutables, pero son indispensables para que otro programa ejecutable funcione perfectamente.

5.3 MARCO CONTEXTUAL

La Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium – UNICATÓLICA, es una institución académica de educación superior privada y católica fundada en 1996 y con sede en la ciudad de Cali, Colombia.

Académicamente, la Institución ofrece más de 20 programas técnicos, tecnológicos, profesionales universitarios en sus cuatro facultades (Humanidades y Ciencias Sociales, Ciencias Empresariales, Ingeniería y Educación), una unidad de posgrados y educación continua. En la actualidad, los más de 5.000 estudiantes de la Institución, cuentan con un cuerpo de docentes altamente calificados, quienes garantizan una educación con altos parámetros de calidad, además, gozan de modernos campus en Pance y Meléndez con una infraestructura agradable y con todos los recursos para facilitar su estudio. Además, cuenta con sedes en Compartir, Plaza Caycedo y administra tres Centros Regionales de Educación Superior (Ceres): en Alfonso López, Jamundí y Yumbo.

5.3.1 Misión

UNICATÓLICA, comprometida con los valores cristianos, forma personas de manera integral, reafirmando su dignidad humana en la relación con Dios, consigo mismo, con los demás y con el medio ambiente, a través de la generación y difusión del conocimiento, para contribuir al desarrollo de los pueblos.

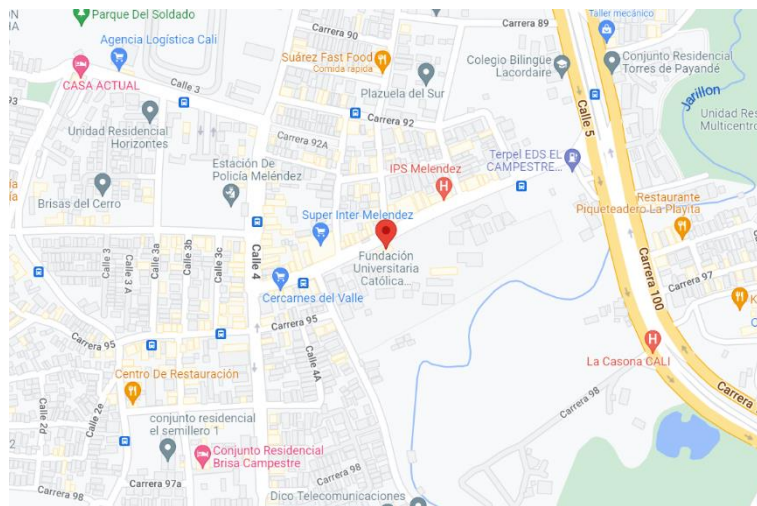
5.3.2 Visión

UNICATÓLICA, es una Institución de la Arquidiócesis de Cali, será reconocida por su carácter socialmente incluyente, por la pertinencia y calidad de sus programas y proyectos institucionales, la vocación hacia el servicio social de sus egresados y por la defensa de la dignidad humana y de la paz.

5.3.3 Ubicación

El trabajo está pensado en ser aplicado en la sede de Meléndez la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Cali, sede que dispone de un laboratorio para prácticas de física, química y termodinámica.

Figura 3. Localización geográfica sede Meléndez, Cali.



Fuente: Indicaciones para llegar a la Sede Meléndez, Cali, Valle del Cauca. Google Maps, 2022, maps.google.com.

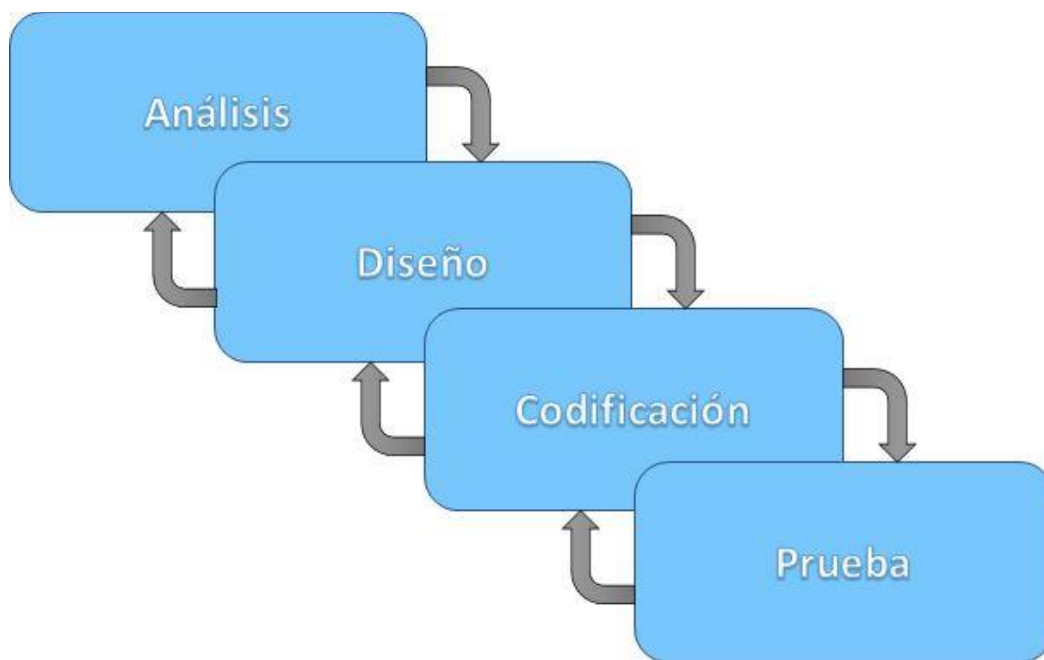
Figura 4. Laboratorio de Física, Sede Meléndez.



METODOLOGÍA

El procedimiento que se llevó a cabo para la realización de este trabajo de grado está basado en diferentes fases del desarrollo de software, comenzando por el análisis, luego se pasó a la etapa de diseño, después a la etapa de codificación o implementación y por último la etapa de pruebas.

Figura 5. Fases del desarrollo de software



6.1 TIPO DE ESTUDIO

El enfoque de este proyecto es mixto ya que usa elementos cuantitativos y cualitativos basados en datos recopilados de las experiencias y en las encuestas sobre usabilidad que se realizaron a los usuarios. Dentro del proyecto general, se realizó un prototipo, donde a través del mismo se hace la abstracción de datos de un proceso de comunicación con el software, lo que vendría siendo la comunicación entre el usuario y la herramienta.

6.2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO SCRUM

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en el semillero Métodos Físicos Aplicados a la Industria (MeFAI). Debido a las dinámicas de los semilleros de investigación en UNICATÓLICA este proyecto fue sustentado en diferentes eventos académicos organizados por redes de investigación como REDSI, ACIET entre otras. En vista a lo anterior planteado se analizó y se concluyó que la metodología más acorde para la realización del proyecto era Scrum que al ser una metodología ágil nos permitiría tener entregables que mostrar a las personas a cargo. La aplicación de la metodología Scrum se inició a partir del desarrollo del tercer objetivo.

Para la asignación y control de tareas se usó el software Jira, el cual nos permite la planificación, asignación y seguimiento de las diversas tareas que son el desglose de lo que se conoce como sprint backlog.

Los roles adoptados para el desarrollo del proyecto son los siguientes:

Dueño del producto: PhD. John Edward Ordoñez

Scrum master: Mg. Víctor Viera Balanta

Equipo de Desarrollo: Juan Esteban García y Mateo González

6.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

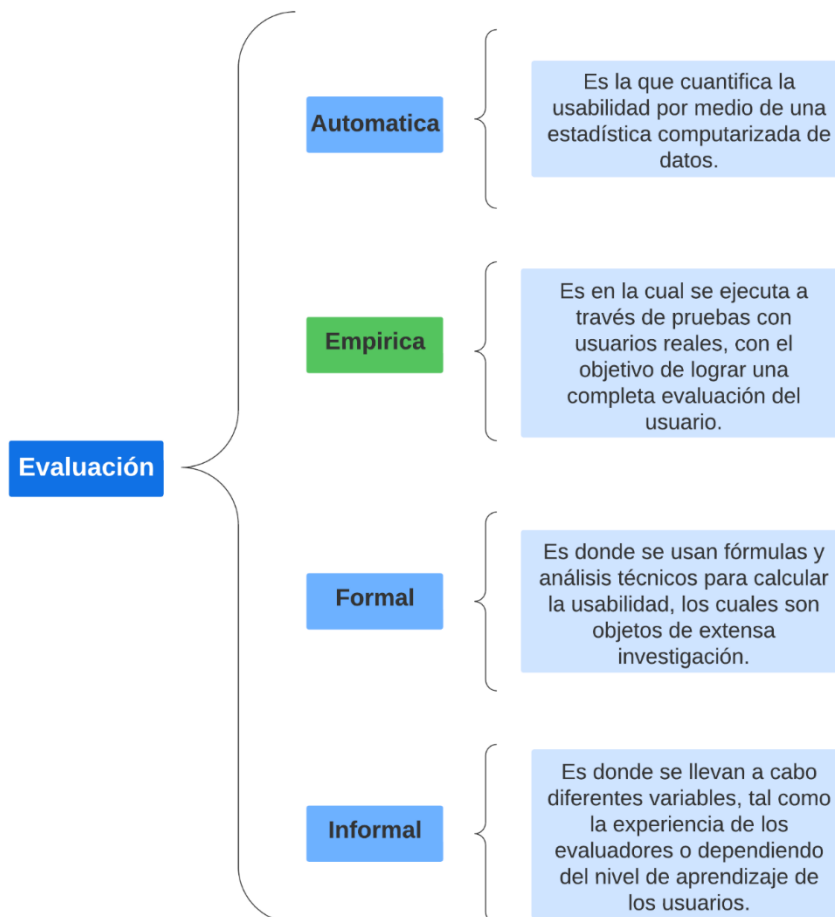
- Entrevista al Product Owner.
- La observación del funcionamiento aislado de la herramienta didáctica HeDiLab.
- Estudios de casos de proyectos de universidades nacionales y extranjeras.
- Raspberry Pi 4

- Se usó Python como lenguaje de programación.
- Se usó PyQt5 como librería para el diseño de las interfaces gráficas.
- Se usó Mariadb como el gestor de base de datos del proyecto.

DESARROLLO PRIMER OBJETIVO

Existen diversas formas de evaluar la usabilidad de una interfaz gráfica. Para escoger la más adecuada, que se adapte al proyecto, se deben tener en cuenta: el contexto en el que se va a usar la interfaz, la magnitud del proyecto, entre otras. En la Figura 6 se muestran las formas para evaluar la usabilidad, que tal como lo plantea Nielsen, son cuatro: la evaluación automática, la evaluación empírica, la evaluación formal y la evaluación informal. (Nielsen, 1994).

Figura 6. Las cuatro formas para evaluar la usabilidad



Fuente: (Nielsen, 1994).

Para el presente trabajo, se tomó la evaluación empírica, debido a que dicha evaluación busca realizar pruebas a usuarios reales, y dado que el contexto en el que se usará la interfaz, es en los laboratorios, por estudiantes y maestros, es necesario evaluar el comportamiento de dichos sujetos con la interfaz.

Ahora bien, hay varios métodos para evaluar la usabilidad como son: la revisión de expertos, los test de usabilidad, test de laboratorios, entre otros. Para la evaluación del presente trabajo se escogió el test de “Evaluación Heurística”, debido a que es barata de aplicar, intuitiva y no requiere una larga planeación. Aunque dicho test fue inicialmente ideado para ser evaluado por expertos, con el paso del tiempo se fue usando también con usuarios finales.

La evaluación heurística de Nielsen define 10 principios heurísticos de usabilidad y para cada uno de ellos se definen preguntas o sub-heurísticas para evaluar dichos principios.

Según lo planteado anteriormente la Tabla 2 muestra los valores de medición que serán otorgados a cada heurística, la escala de valores fue basada en la escala de Likert. Los 10 principios heurísticos son presentados de la Tabla 3 a la Tabla 12, en cada principio se listo las preguntas o sub-heurísticas a evaluar.

Tabla 2. Escala de medición

Valor	Medida
1	Definitivamente no
2	Probablemente no

3	Regular
4	Probablemente sí
5	Definitivamente sí

Tabla 3. Primer principio heurístico

I. Visibilidad del estado del sistema	1	2	3	4	5
1.1 El diseño muestra claramente dónde se encuentra el usuario.					
1.2 Se puede identificar cuando un botón o enlace funciona o no funciona.					
1.3 El tiempo de escritura y de movimiento del ratón es el adecuado					

Tabla 4. Segundo principio heurístico

II. Relación entre el sistema y el mundo real	1	2	3	4	5
2.1 Las palabras y/o texto son claros y fáciles de leer.					
2.2 Los conceptos utilizados son entendibles.					
2.3 Las palabras son de significado conocido.					
2.4 Los iconos son entendibles y dan significado.					

Tabla 5. Tercer principio heurístico

III. Libertad de navegación al usuario	1	2	3	4	5
3.1 Es fácil regresar al punto inmediato anterior.					
3.2 Las ventanas emergentes o superpuestas son fáciles de reacomodar y cerrar.					
3.3 Es sencillo volver a otra ventana emergente abierta anteriormente.					
3.4 Se le pide al usuario que confirme acciones drásticas o que tengan algún efecto negativo.					
3.5 Provee botones propios para volver a dar paso a otra ventana.					
3.6 El icono de salida es visible.					

Tabla 6. Cuarto principio heurístico

IV. Consistencia y estándares	1	2	3	4	5
4.1 Todos los botones tienen sentido.					
4.2 Las entradas de texto y los botones indican para qué es su función.					
4.3 Existe coherencia entre el título de la ventana y el contenido.					
4.4 Sólo existe un botón que lo lleve a un mismo sitio.					
4.5 Existe coherencia entre el nombre del botón y el sitio al que lo dirige.					

Tabla 7. Quinto principio heurístico

V. Prevención de errores	1	2	3	4	5
5.1 Existen mensajes que prevengan posibles errores.					
5.2 El diseño del sistema no induce a cometer errores.					

Tabla 8. Sexto principio heurístico

VI. Reconocer en lugar de recordar	1	2	3	4	5
6.1 Los iconos son fácilmente reconocibles.					
6.2 Los botones pueden identificarse claramente, es decir que cuando el ratón está encima del botón cambia de tono.					
6.3 Los botones inactivos son oscurecidos.					

Tabla 9. Séptimo principio heurístico

VII. Flexibilidad y eficiencia en el uso	1	2	3	4	5
7.1 No se requiere volver a escribir la información ya solicitada.					
7.2 Existe la opción de utilizar combinaciones de teclas o atajos.					

Tabla 10. Octavo principio heurístico

VIII. Estética y diseño minimalista	1	2	3	4	5
8.1 La información es relevante.					
8.2 El contenido está correctamente organizado.					
8.3 El contenido está bien distribuido en el diseño.					
8.4 Los iconos no se pierden con el color de fondo.					
8.5 Los colores son agradables.					

Tabla 11. Noveno principio heurístico

IX. Reconocimiento, diagnóstico de errores	1	2	3	4	5
9.1 Es fácil reconocer cuando ocurre un error.					
9.2 Después que ocurre un error es fácil volver al sitio de origen.					
9.3 Cuando ocurre un error, existe la información apropiada para solucionarlo.					

Tabla 12. Décimo principio heurístico

X. Ayuda	1	2	3	4	5
10.1 La ayuda es visible y fácil de encontrar.					
10.2 Se dispone de un apartado de preguntas frecuentes.					
10.3 La documentación de ayuda utiliza ejemplos.					

DESARROLLO SEGUNDO OBJETIVO

Teniendo en cuenta los criterios de usabilidad definidos en el objetivo anterior, se empezaron a hacer los diseños pertinentes dentro de los requerimientos encontrados. Se planteó, realizar todos los procesos a través de mockup para generar una versión de prototipo.

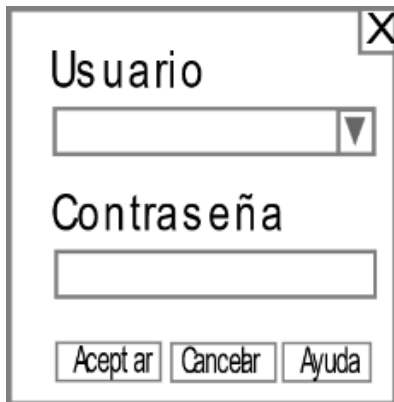
En la Figura 7 se muestra el mockup de la ventana de bienvenida o splash, la cual se espera que contenga el logo de la herramienta didáctica de laboratorios.

Figura 7. Mockup ventana splash



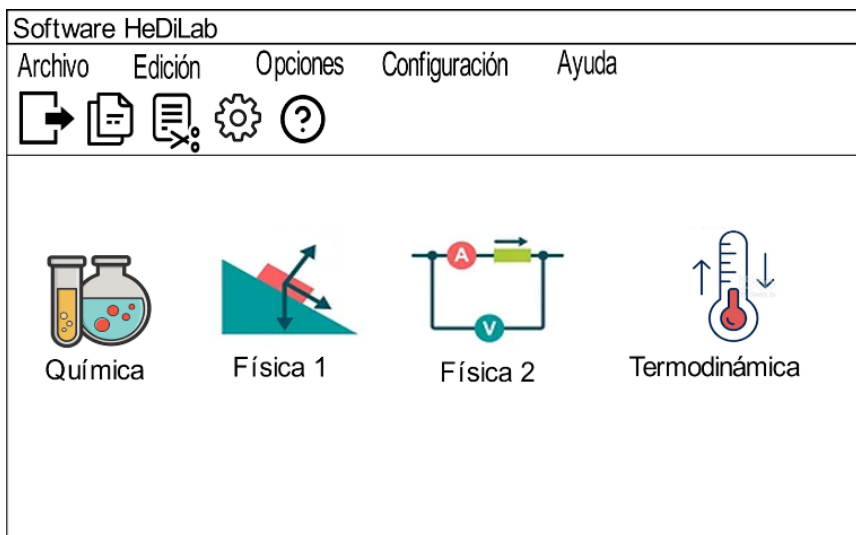
En la Figura 8 se muestra el mockup para la ventana de inicio de sesión, la cual se espera que los datos necesarios para el ingreso al software sean el correo institucional y una contraseña. Además, se existirán 3 tipos de usuario: estudiantes, maestros y laboratorista/administrador, los cuales tendrán cada uno diferente tipo de acceso.

Figura 8. Mockup ventana control de usuarios



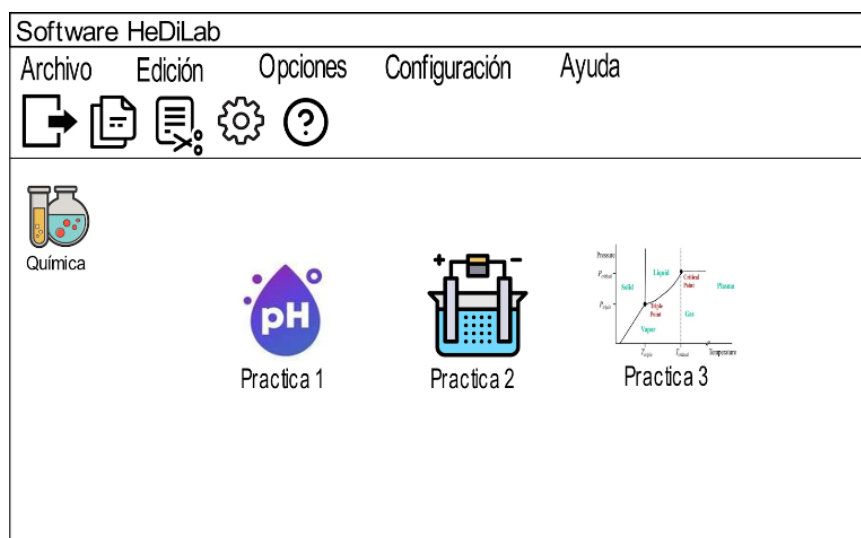
En la Figura 9 se muestra el mockup para la ventana de asignaturas, la cual se espera que contenga un menú superior para la navegación del software y cuatro botones. Para cada una de las asignaturas disponibles. En el menú superior se esperan 5 botones, salida, ayuda, ajustes, copiar y cortar.

Figura 9. Mockup ventana asignaturas



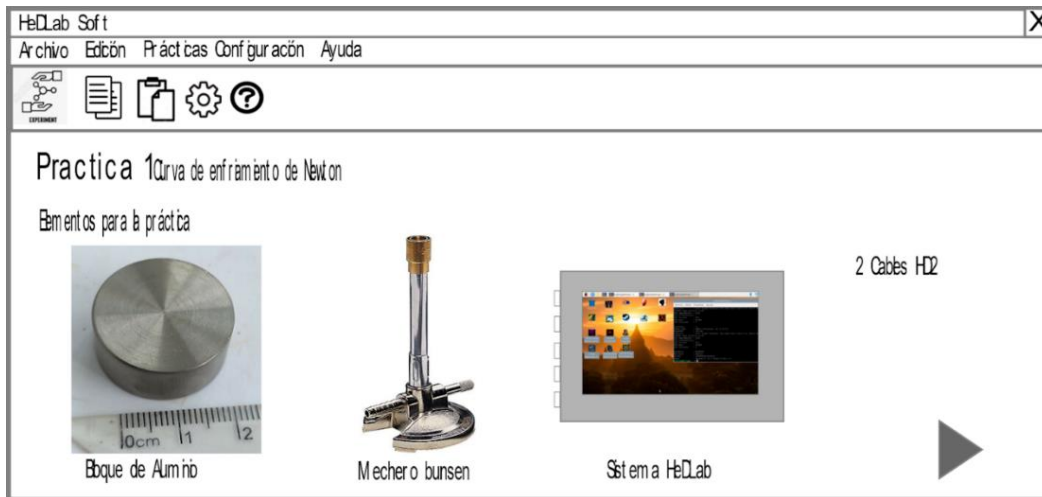
En la Figura 10 se muestra el mockup para la ventana de prácticas, la cual se espera que contenga un menú superior para la navegación del software y botones con las respectivas prácticas existentes.

Figura 10. Mockup ventana prácticas



En la Figura 11 se muestra el mockup para la ventana de la práctica, la cual se espera que contenga un menú superior para la navegación del software y un listado de los elementos necesario para la práctica, además de indicaciones de cómo se realizará dicha práctica.

Figura 11. Mockup ventana práctica



Una vez diseñado el prototipo de la interfaz gráfica, resulta necesario realizar un esquema de la navegación de la interfaz, de esa manera se logrará una mayor visión de cómo funcionará el producto final. En la Figura 12 se puede apreciar el esquema de navegación planteado.

Figura 12. Diagrama de navegación



DESARROLLO TERCER OBJETIVO

Para iniciar el desarrollo de la interfaz gráfica de usuario, se tuvo en cuenta el proceso de agilidad de la metodología Scrum. La metodología fue adaptada para funcionar correctamente bajo el contexto del proyecto y las necesidades del mismo. Scrum describe que se debe hacer un producto backlog o pila de producto en donde estarán listados todos los requerimientos expuestos por el producto owner, además dichos requerimientos deben estar priorizados para de tal manera saber por dónde se debe comenzar.

Una vez listos los requerimientos, se dividieron en tareas y estas fueron asignadas a los diferentes sprints, de esta manera se creó lo que se conoce como sprint backlog. Para decidir el esfuerzo que conlleva a realizar cada una de estas tareas se usó el método de planning póker, donde cada uno de los involucrados según su experiencia y complejidad de la tarea determinaban el esfuerzo de ellas. Para cada sprint se fijó una duración de una semana.

En la Figura 13 se puede observar el incremento del primer sprint, el cual fue la entrega de la ventana de inicio de sesión. La ventana en cuestión debería contar con dos campos de entrada, uno para el correo y el otro para la contraseña, además de contar con el nombre del software y dos botones, uno para entrar y otro para salir. En el caso del botón de salida como criterio de aceptación se fijó que una vez dado clic en el botón el sistema debería apagarse.

Figura 13. Ventana de inicio de sesión



HeDiLab Soft

Correo Universitario:
Correo

Contraseña:
Contraseña

Entrar

Salir

En la Figura 14 se puede observar el incremento del segundo sprint, el cual fue la entrega de la ventana de asignaturas, en la cual se permitirá escoger entre las dos asignaturas determinadas para las prácticas, las cuales son física y química.

Figura 14. Ventana de asignaturas



En la Figura 15 y la Figura 16 se puede observar el incremento del tercer sprint, el cual fue la entrega de las ventanas de prácticas, en las cuales se mostrará dependiendo la asignatura seleccionada las prácticas que le corresponden, para el caso de física son voltaje y temperatura, y para el caso de química las prácticas son humedad y pH.

Figura 15. Ventana de prácticas de química

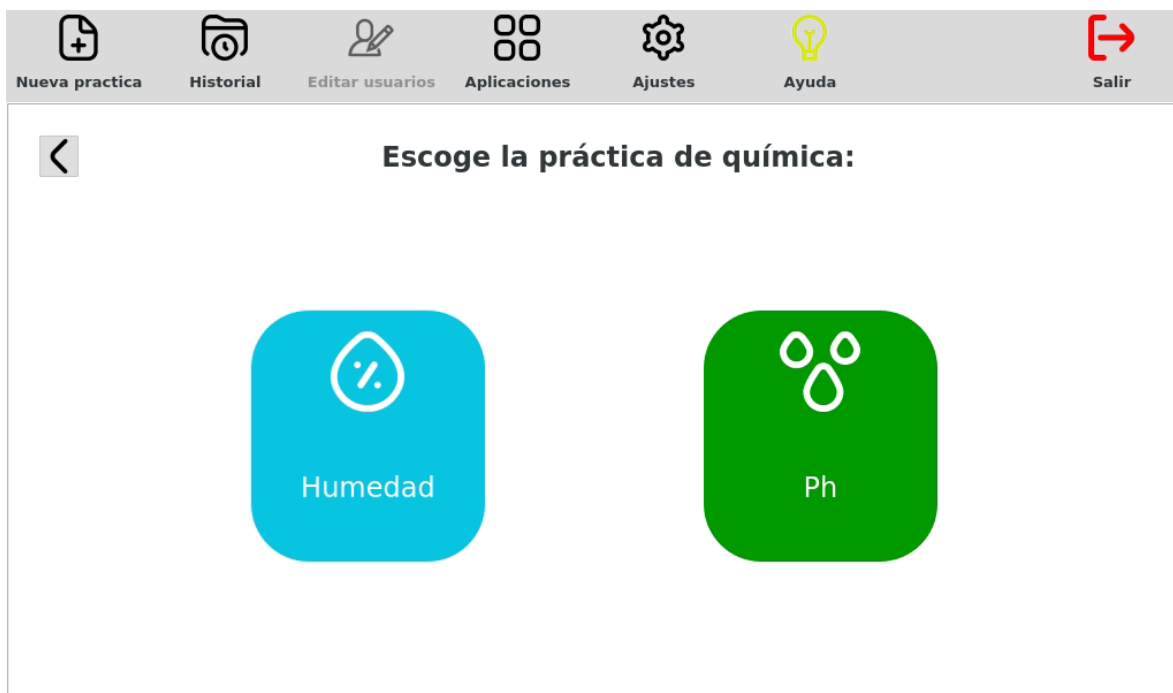
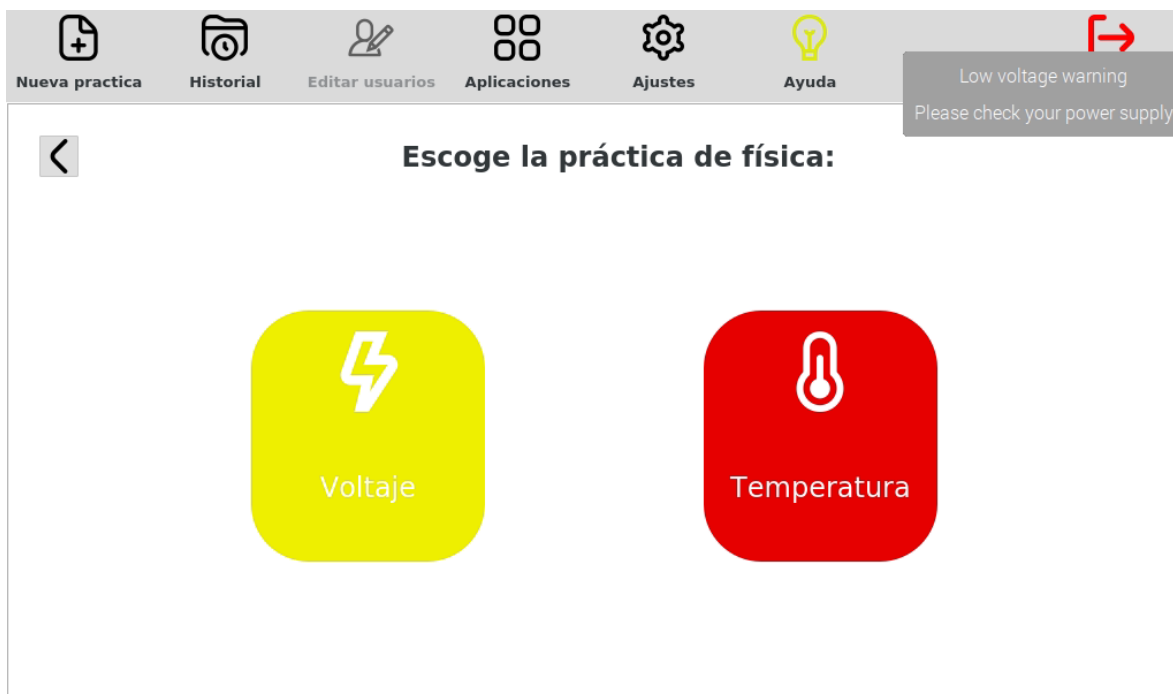


Figura 16. Ventana de prácticas de física



En la Figura 17 se puede observar el incremento del cuarto sprint, el cual fue la entrega de la ventana de historial, en la cual se mostrará una tabla con las prácticas realizadas por el usuario, además un botón para abrir dicha práctica y por último debe mostrarse el nombre del usuario y su rol.

Figura 17. Ventana de historial de prácticas



En la Figura 18 se puede observar el incremento del quinto sprint, el cual fue la entrega de la ventana de ajustes, en ella se podrá ajustar la cantidad de datos que se espera obtener de la toma de datos y además deberá tener un botón para cerrar la aplicación que solo será accesible para el rol de administrador.

Figura 18. Ventana de ajustes



En la Figura 19, en la Figura 20 y en la Figura 21 se puede observar el incremento del sexto sprint (este sprint tuvo una duración de dos semanas, esto fue determinado al inicio del sprint debido esfuerzo concluido por los integrantes del equipo), el cual fue la entrega de las ventanas para el control de usuarios, en dichas ventanas se podrá crear, eliminar y modificar los usuarios y solo el administrador tendrá acceso a estas ventanas.

Figura 19. Ventana de creación de usuarios

Editar usuarios

Crear usuarios Eliminar usuarios Actualizar usuarios

Nombre del usuario

Correo

Codigo

Contraseña

Estudiante

Crear usuario

Figura 20. Ventana de eliminación de usuarios

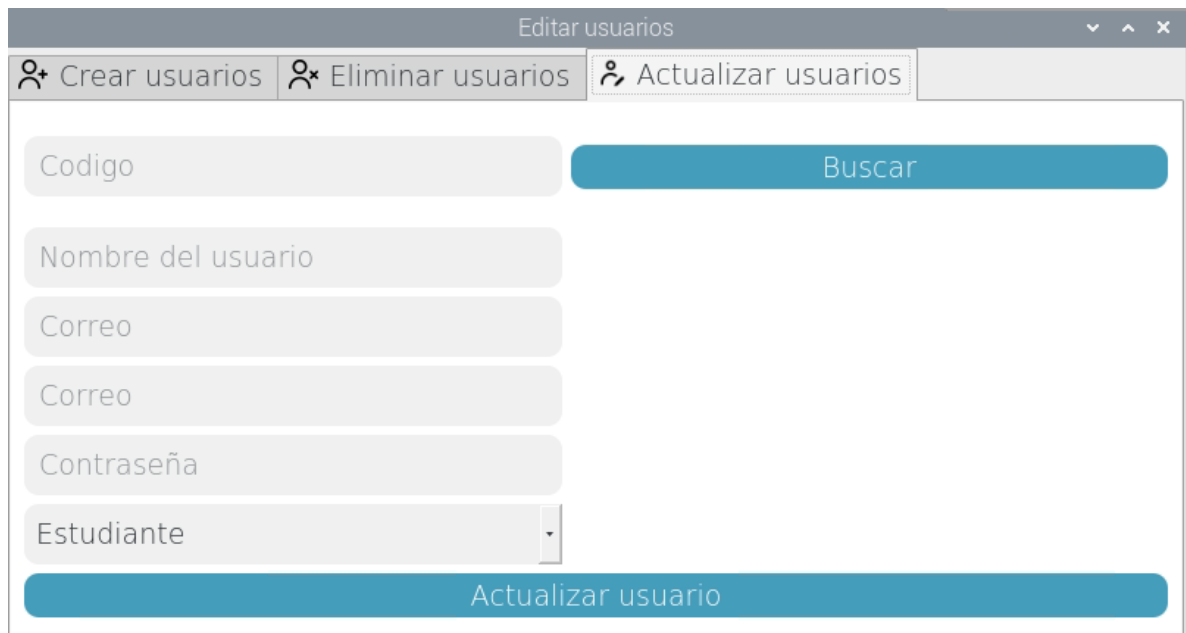
Editar usuarios

Crear usuarios Eliminar usuarios Actualizar usuarios

	Nombre	Correo	Fecha de creación	Rol
1	victor viera	vviera@unicatolic...	2022-06-02	profesor
2	john edward ordo...	jordonez@unicato...	2022-06-02	profesor
3	test	test	2022-10-08	profesor
4	Mateo	mateo.gonzalez0...	2022-10-08	estudiante

Eliminar usuario

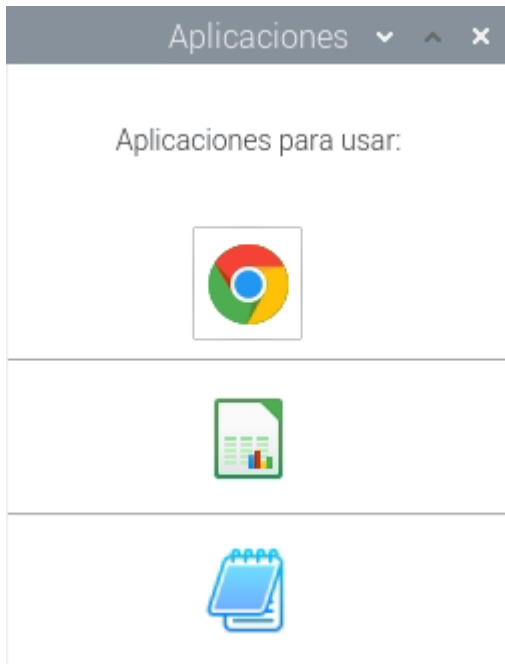
Figura 21. Ventana de actualización de usuarios



The screenshot shows a web application window titled "Editar usuarios". At the top, there are three tabs: "Crear usuarios", "Eliminar usuarios", and "Actualizar usuarios", with the third tab being active. Below the tabs, there is a search bar with the label "Codigo" and a blue "Buscar" button. Underneath the search bar are several input fields: "Nombre del usuario", "Correo", "Correo", "Contraseña", and "Estudiante" (which is a dropdown menu). At the bottom of the form is a large blue button labeled "Actualizar usuario".

En Figura 22 se puede observar el incremento del séptimo sprint, el cual fue la entrega de la ventana de aplicaciones. La ventana de aplicaciones permitirá a los usuarios abrir las aplicaciones que tienen permitidas las cuales son el editor de texto, el navegador y el LibreOffice Calc.

Figura 22. Ventana de aplicaciones



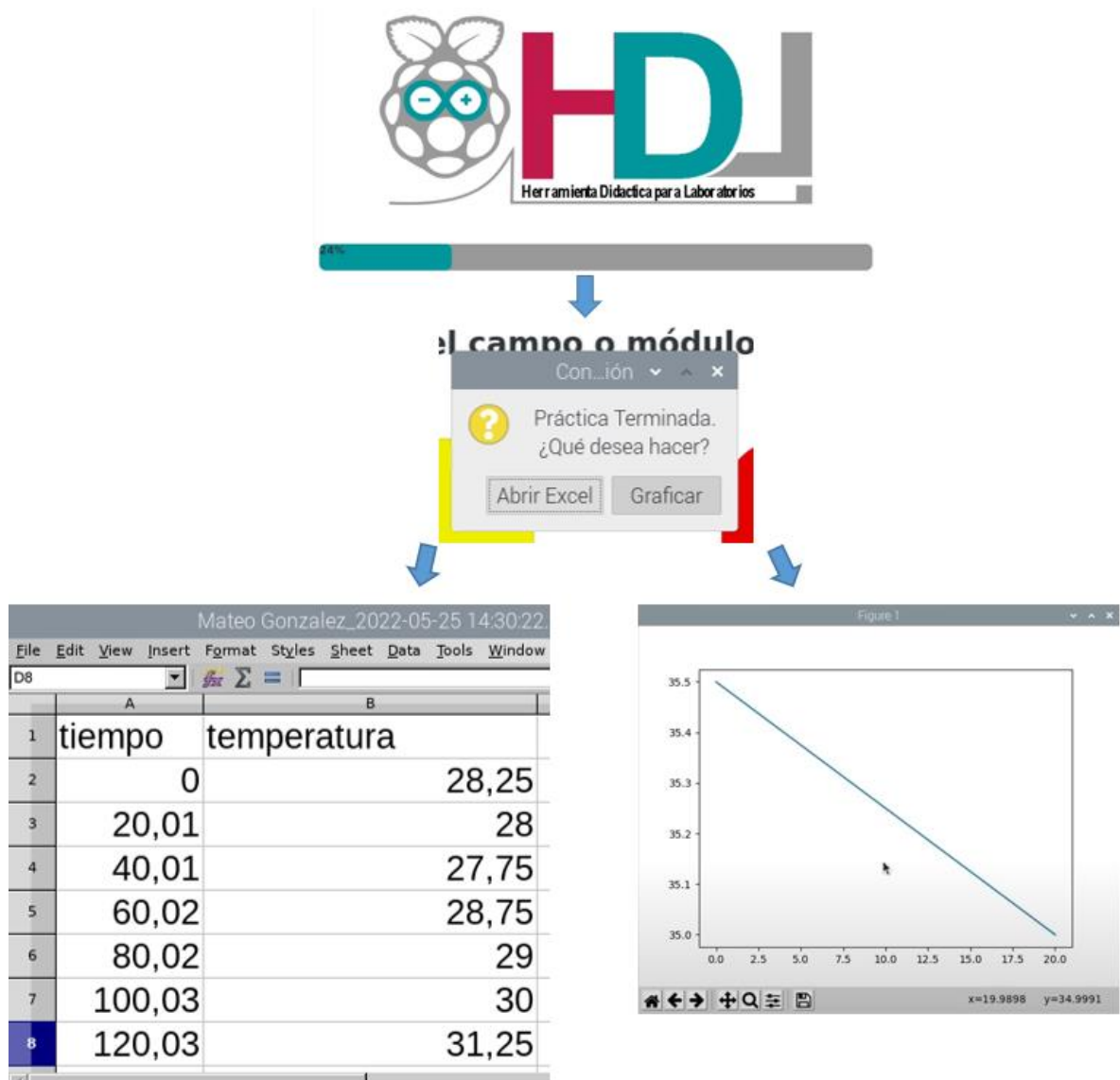
En Figura 23 se puede observar el incremento del octavo sprint, el cual fue la entrega de la ventana de bienvenida. Se determinó que la ventana de bienvenida también sería la ventana de espera en la toma de datos.

Figura 23. Ventana de bienvenida



En Figura 24 se puede observar el incremento del noveno sprint, el cual fue la integración con la capa de comunicación. Se determinó la necesidad de una ventana que informara el proceso de toma de datos, para ello se usó el mismo diseño de la ventana de bienvenida. Una vez terminada la toma de datos se da la opción de elegir entre generar un gráfico interactivo o abrir un documento de LibreOffice Calc con los datos recogidos.

Figura 24. Ejemplo del proceso de una práctica



DESARROLLO CUARTO OBJETIVO

Para la evaluación de la usabilidad se realizó una encuesta en donde se usó la herramienta Google Forms. La encuesta fue realizada a 24 estudiantes de ingeniería industrial de sexto semestre, después de realizar varias prácticas usando la herramienta didáctica de laboratorio.

Los resultados de la encuesta para la evaluación de las 3 sub-heurísticas del primer principio heurístico, visibilidad del estado del sistema, se pueden observar en la Figura 25, Figura 26 y Figura 27.

Figura 25. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 1.1

1.1 El diseño muestra claramente dónde se encuentra el usuario

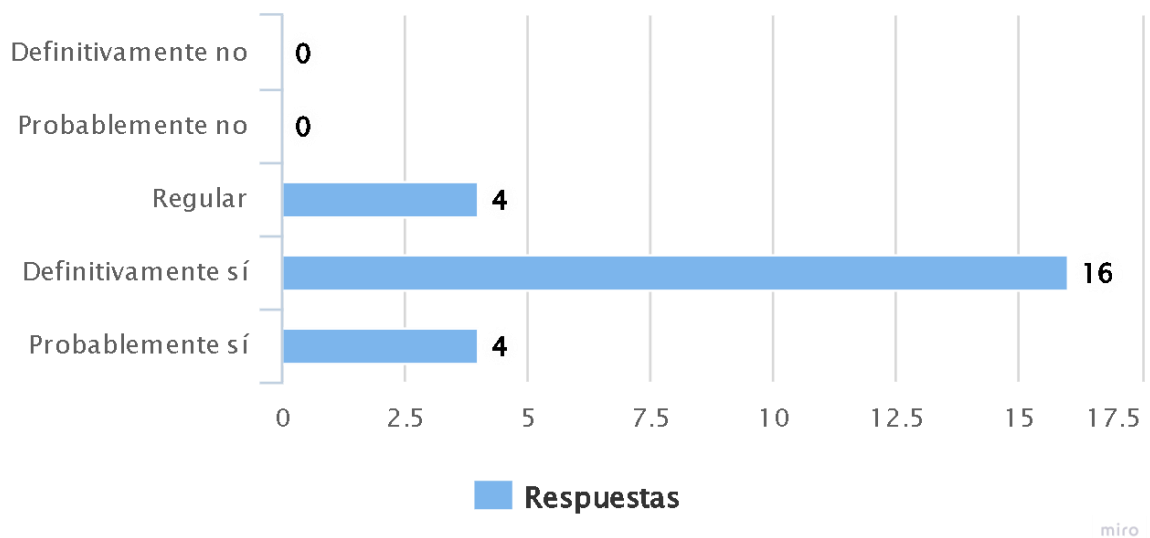


Figura 26. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 1.2

1.2 Se puede identificar cuando un botón o enlace funciona o no funciona.

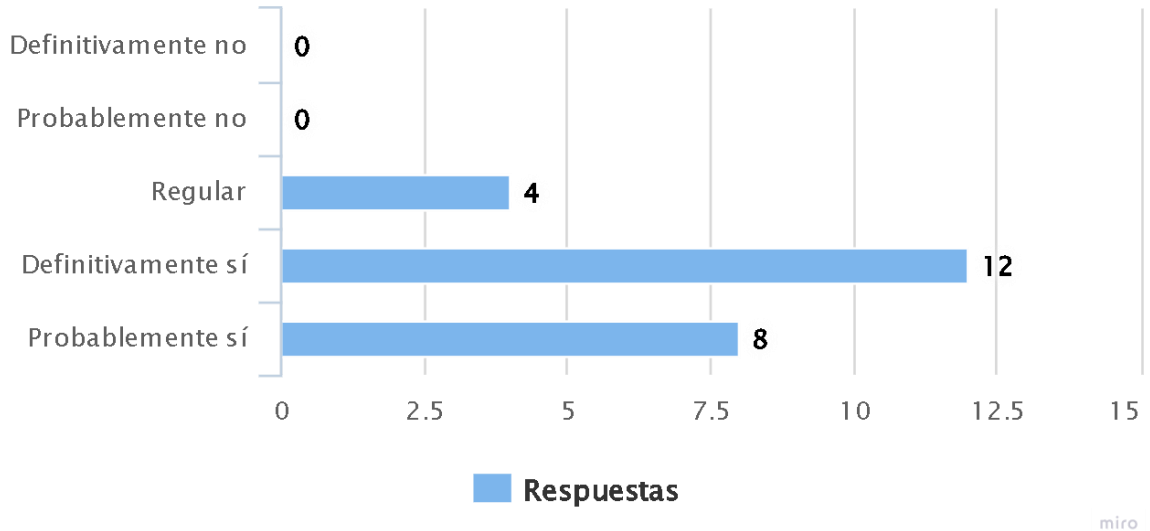
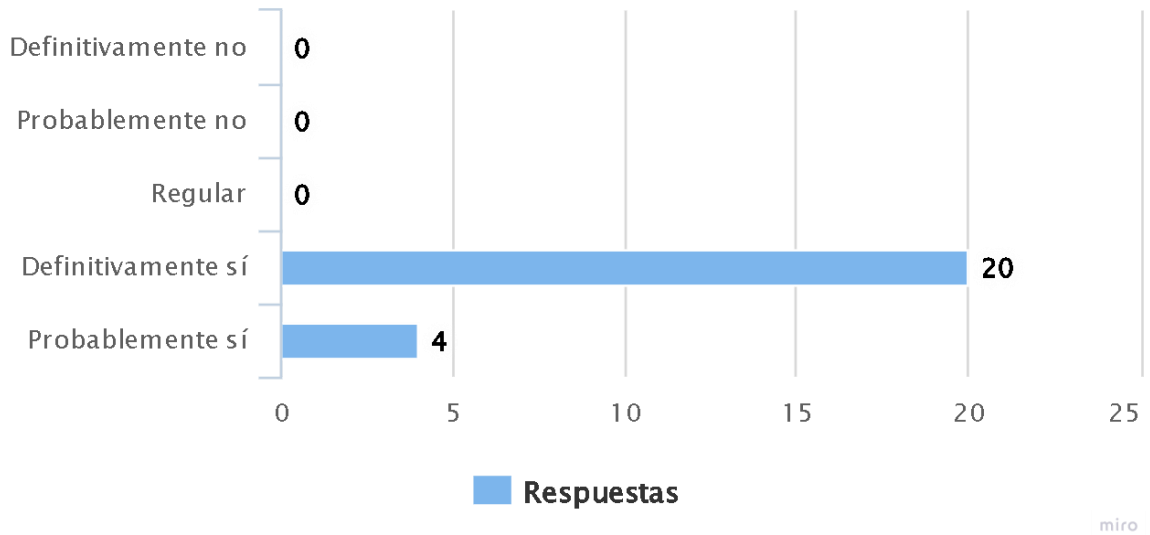


Figura 27. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 1.3

1.3 El tiempo de escritura y de movimiento del ratón es el adecuado.



Los resultados de la encuesta para la evaluación de las 4 sub-heurísticas del segundo principio heurístico, relación entre el sistema y el mundo real, se pueden observar en la Figura 28, Figura 29, Figura 30 y Figura 31.

Figura 28. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 2.1

2.1 Las palabras y/o texto son claras y fácil de leer.

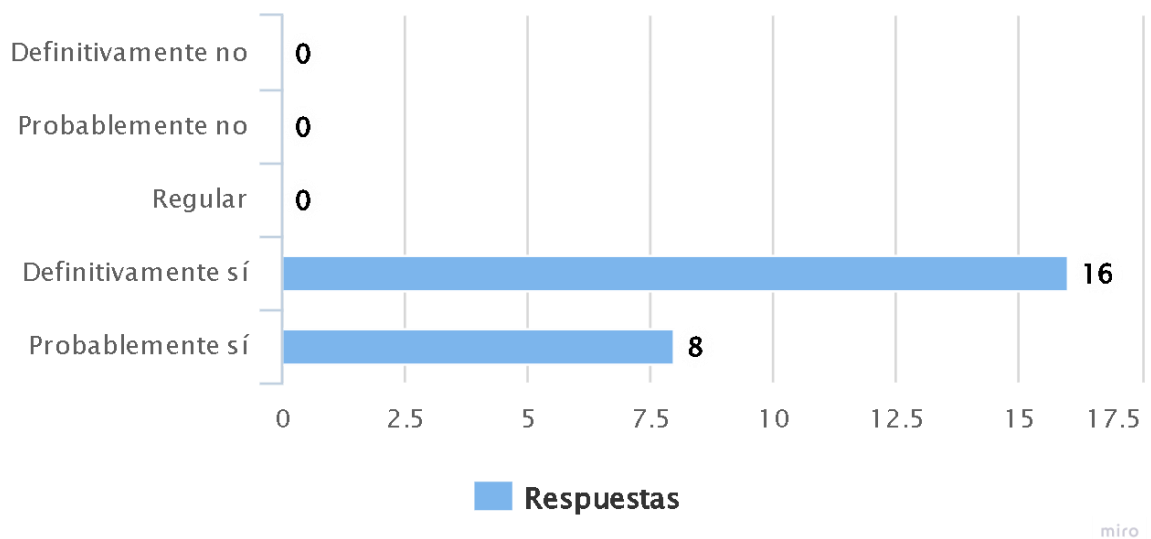


Figura 29. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 2.2

2.2 Los conceptos utilizados son entendibles.

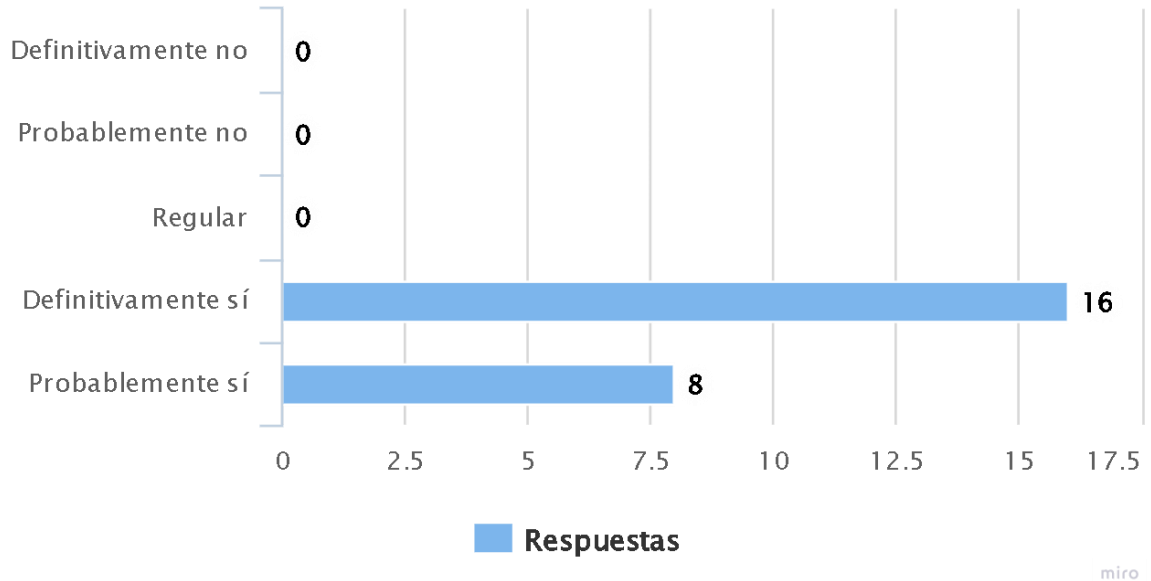


Figura 30. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 2.3

2.3 Las palabras son de significado conocido.

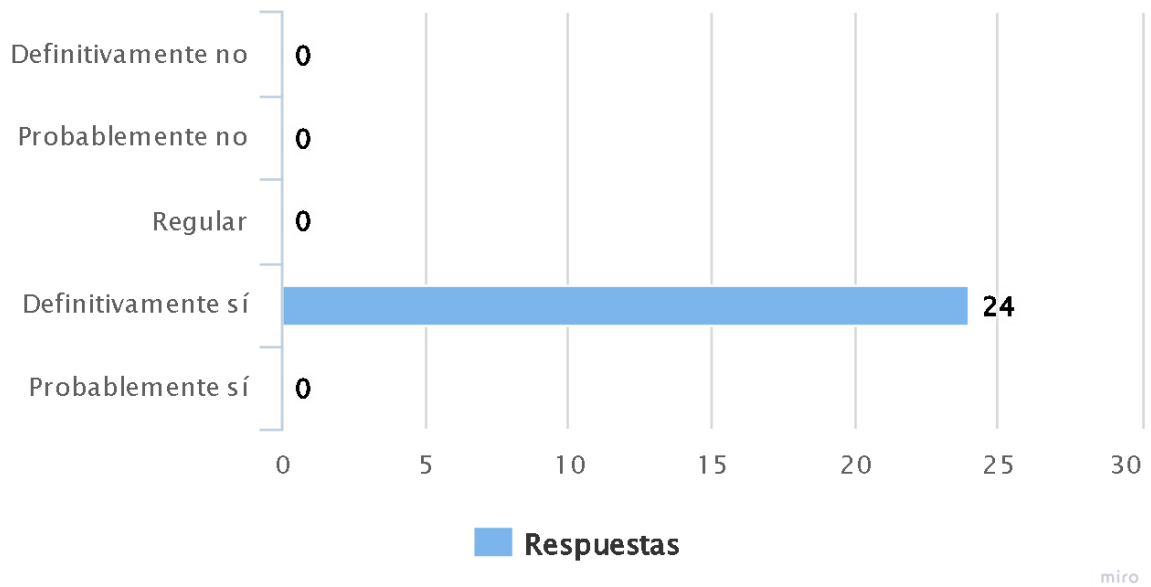
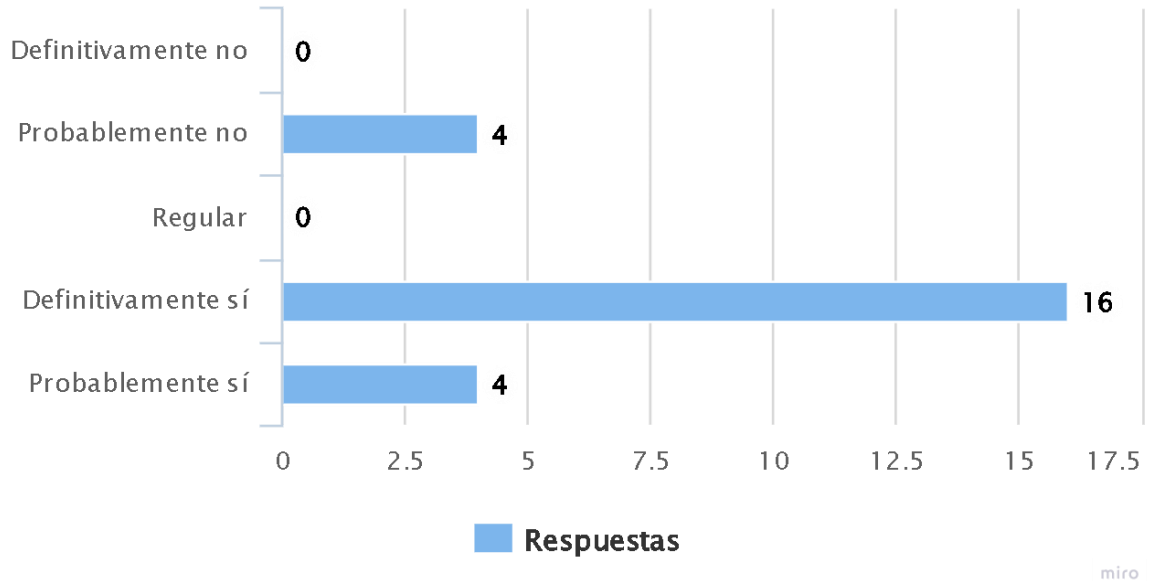


Figura 31. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 2.4

2.4 Los iconos son entendibles y dan significado.



Los resultados de la encuesta para la evaluación de las 6 sub-heurísticas del tercer principio heurístico, libertad de navegación al usuario, se pueden observar en la Figura 32, Figura 33, Figura 34, Figura 35, Figura 36 y Figura 37.

Figura 32. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.1

3.1 Es fácil regresar al punto inmediato anterior.

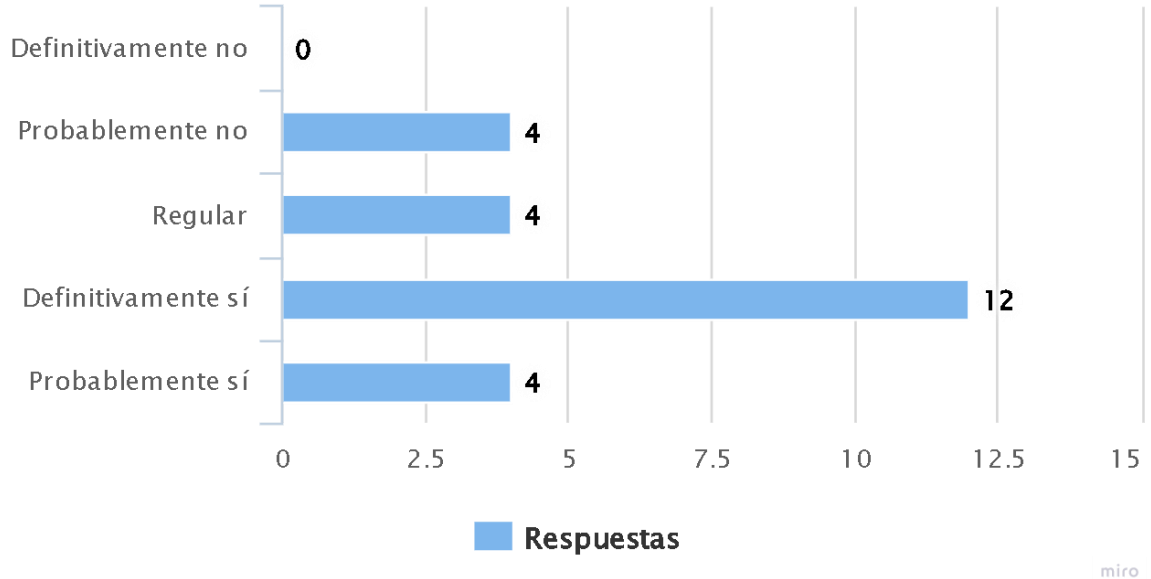


Figura 33. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.2

3.2 Las ventanas emergentes o superpuestas son fáciles de reacomodar y cerrar.

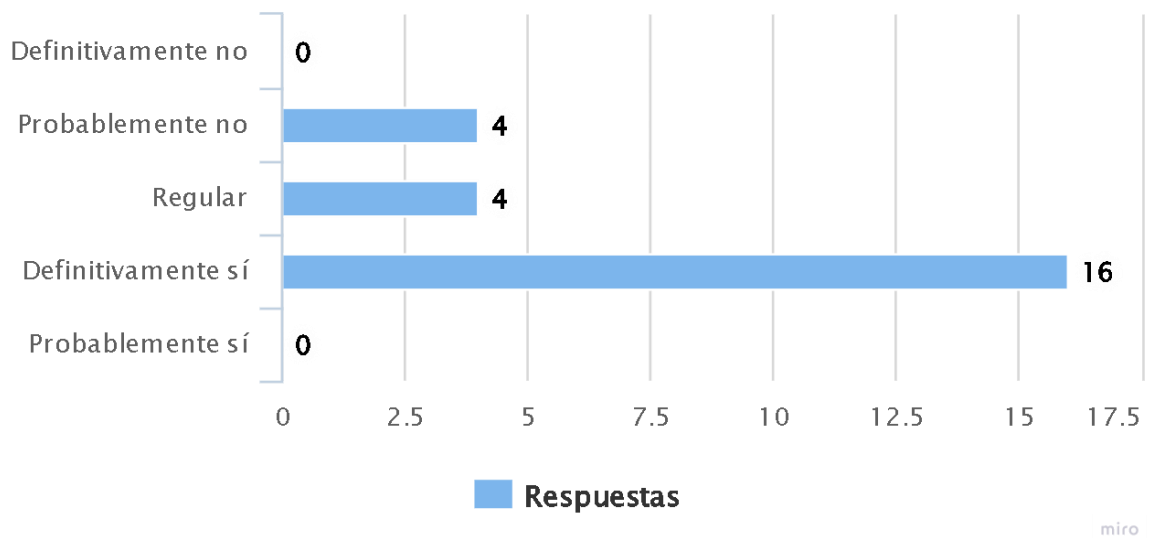


Figura 34. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.3

3.3 Es sencillo volver a otra ventana emergente abierta anteriormente.

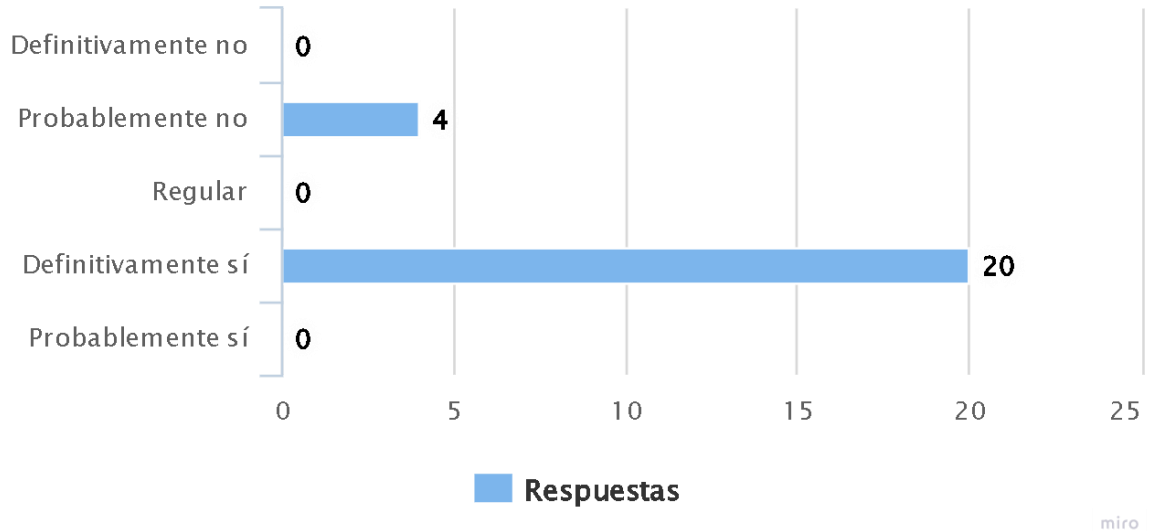


Figura 35. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.4

3.4 Se le pide al usuario que confirme acciones drásticas o que tengan algún efecto negativo.

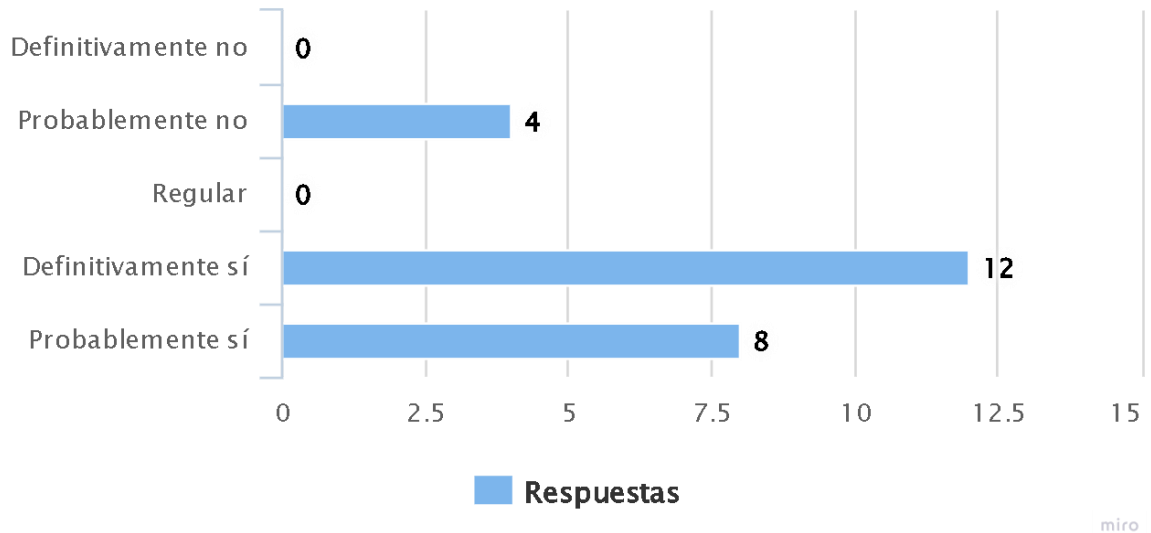


Figura 36. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.5

3.5 Provee botones propios para volver a dar paso a otra ventana.

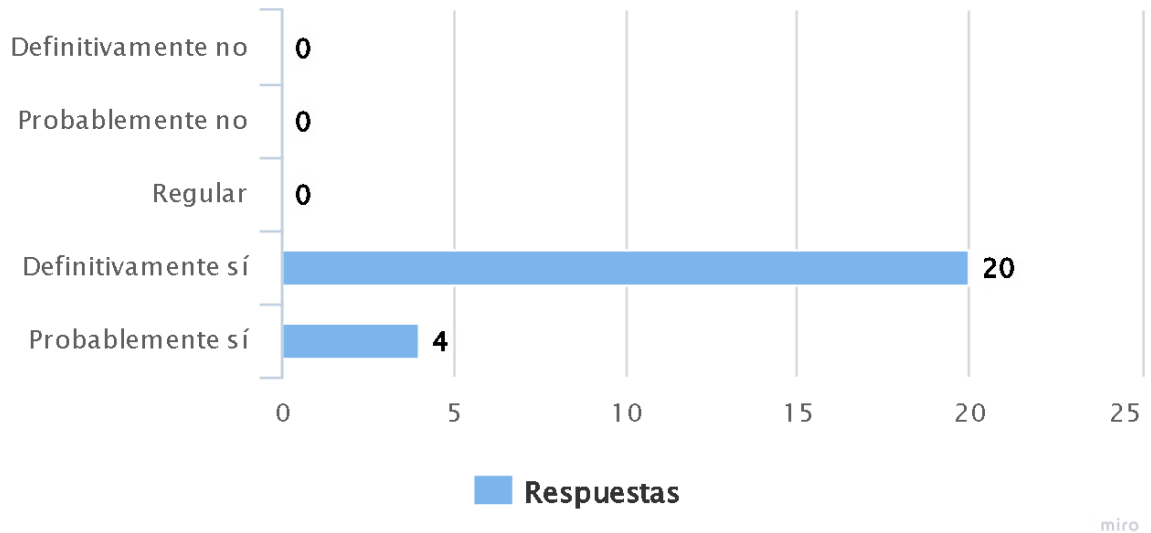
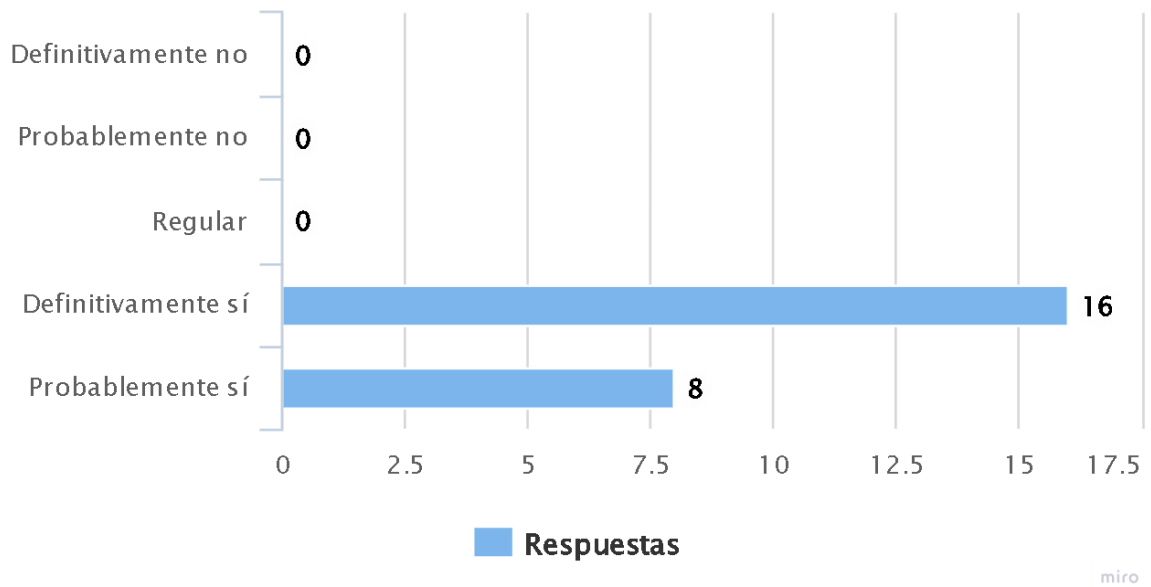


Figura 37. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 3.6

3.6 El icono de salida es visible.



Los resultados de la encuesta para la evaluación de las 5 sub-heurísticas del cuarto principio heurístico, consistencia y estándares, se pueden observar en la Figura 38, Figura 39, Figura 40, Figura 41 y Figura 42.

Figura 38. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 4.1

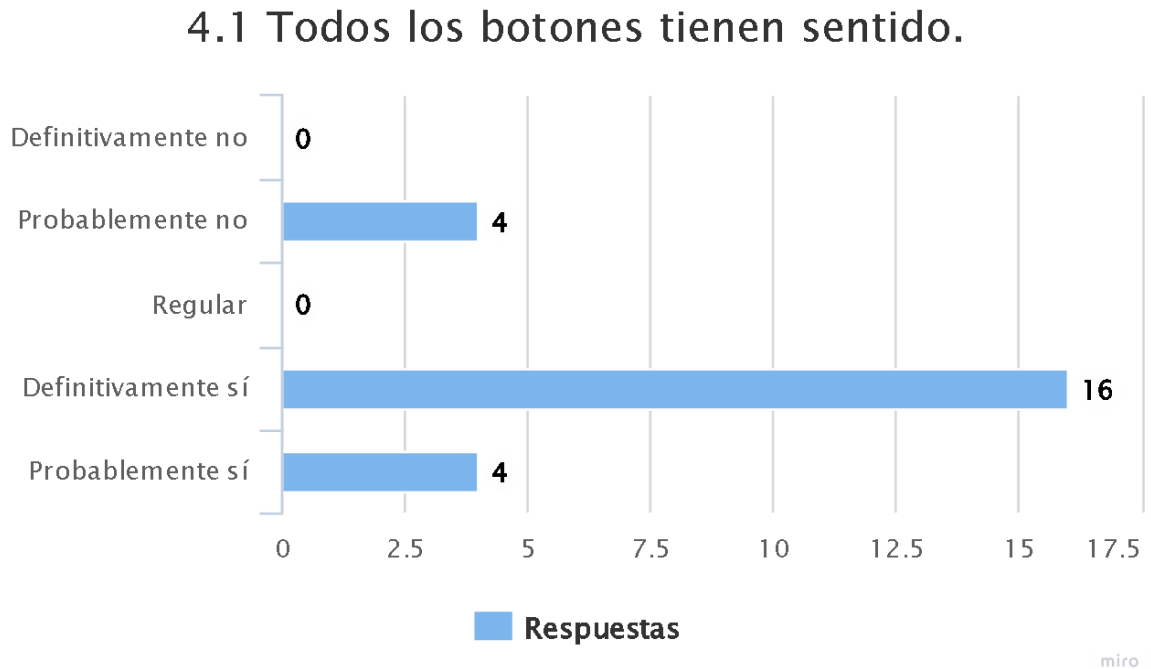


Figura 39. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 4.2

4.2 Las entradas de texto y los botones indican para qué es su función.

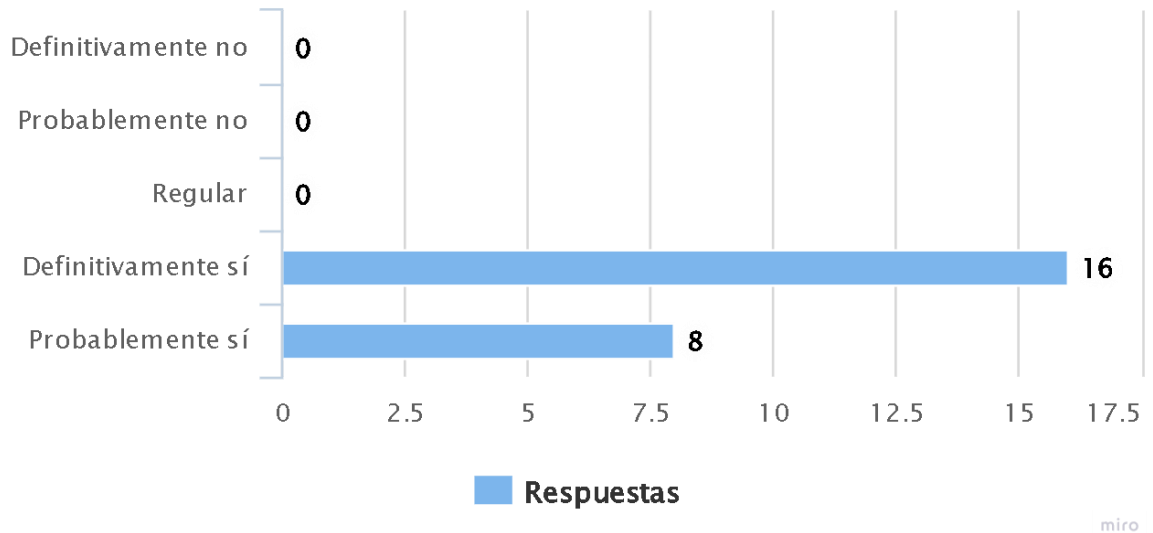


Figura 40. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 4.3

4.3 Existe coherencia entre el título de la ventana y el contenido.

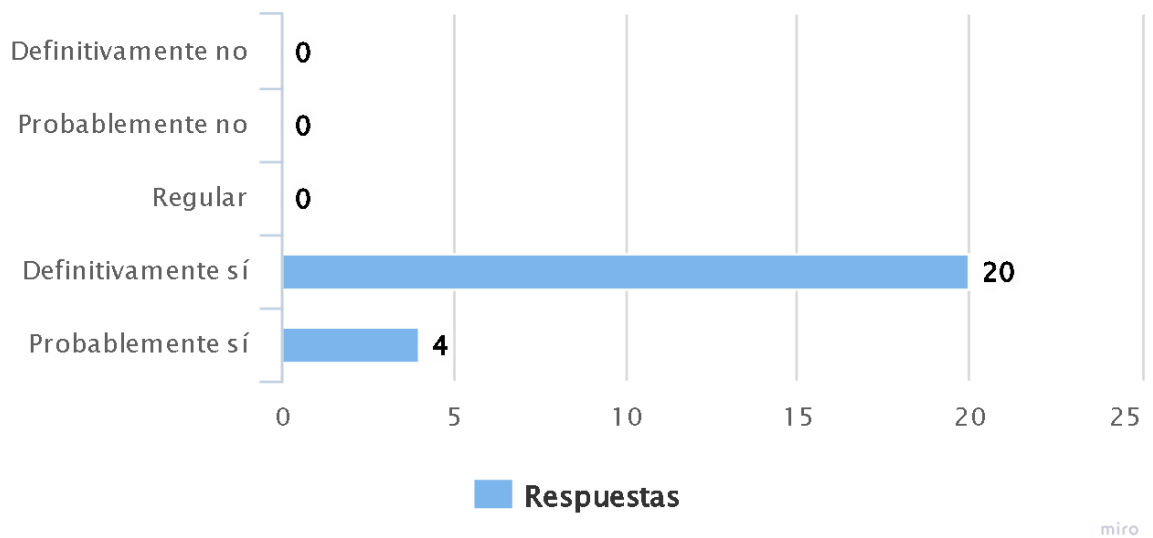


Figura 41. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 4.4

4.4 Solo existe un botón que lo lleve a un mismo sitio.

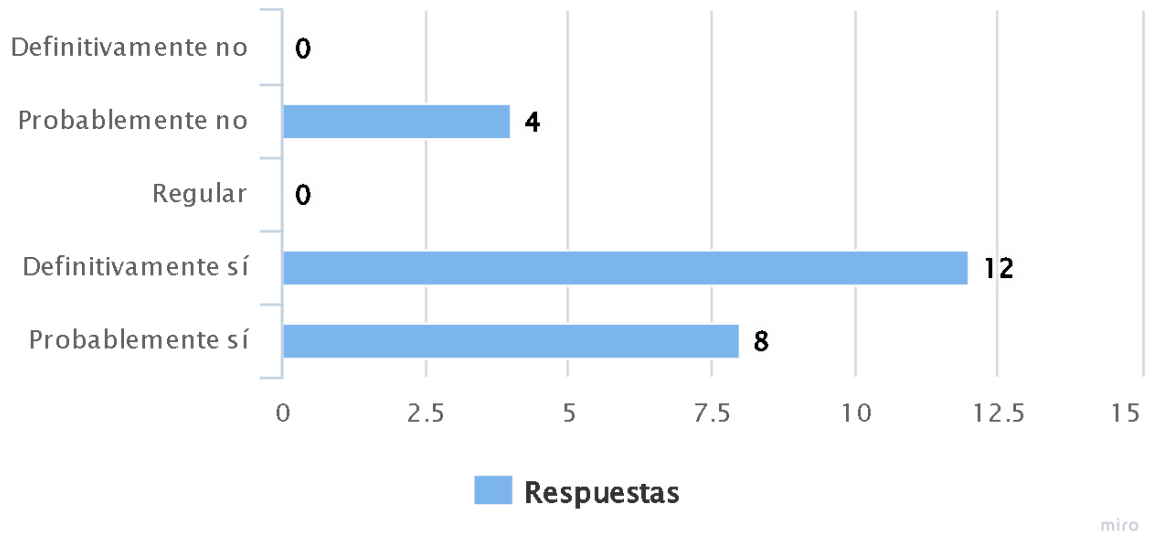
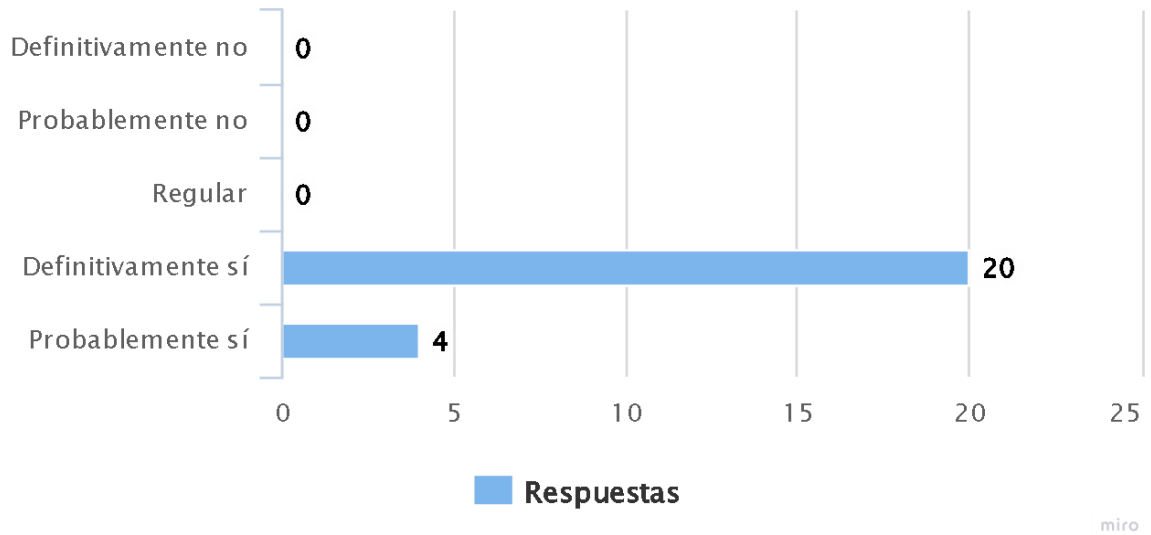


Figura 42. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 4.5

4.5 Existe coherencia entre el nombre del botón y el sitio al que lo dirige.



Los resultados de la encuesta para la evaluación de las 2 sub-heurísticas del quinto principio heurístico, advertir errores, se pueden observar en la Figura 43 y Figura 44.

Figura 43. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 5.1

5.1 Existen mensajes que prevengan posibles errores.

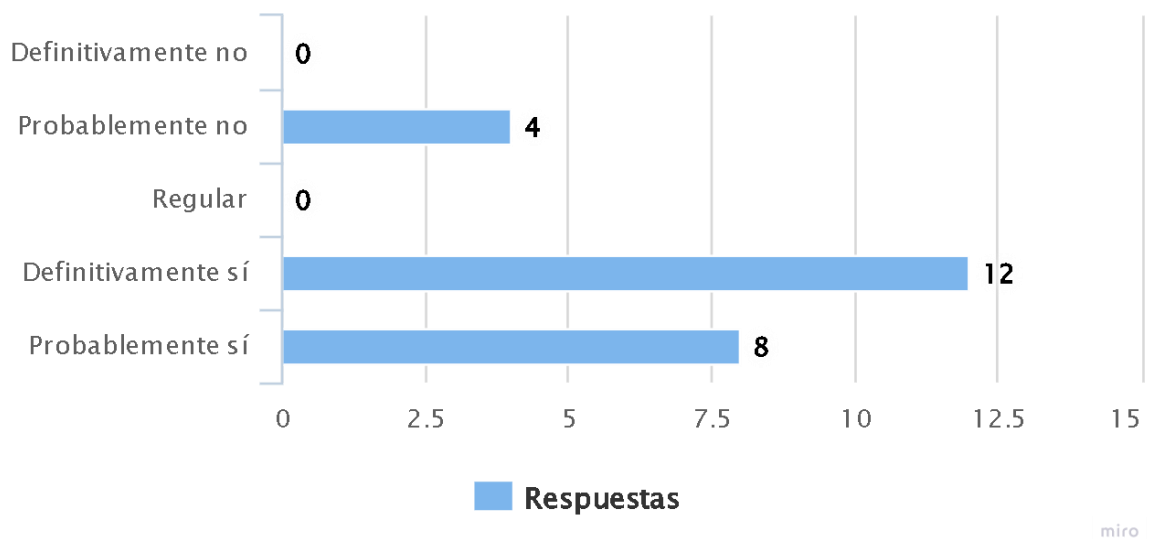
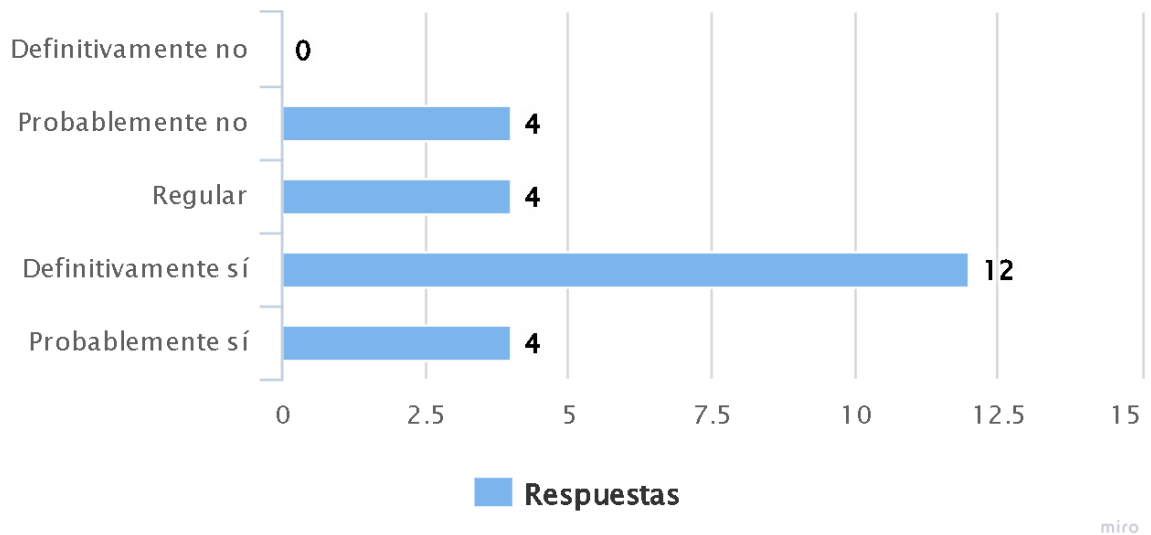


Figura 44. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 5.2

5.2 El diseño del sistema no induce a cometer errores.



Los resultados de la encuesta para la evaluación de las 3 sub-heurísticas del sexto principio heurístico, reconocer en lugar de recordar, se pueden observar en la Figura 45, Figura 46 y Figura 47.

Figura 45. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 6.1

6.1 Los iconos son fácilmente reconocibles.

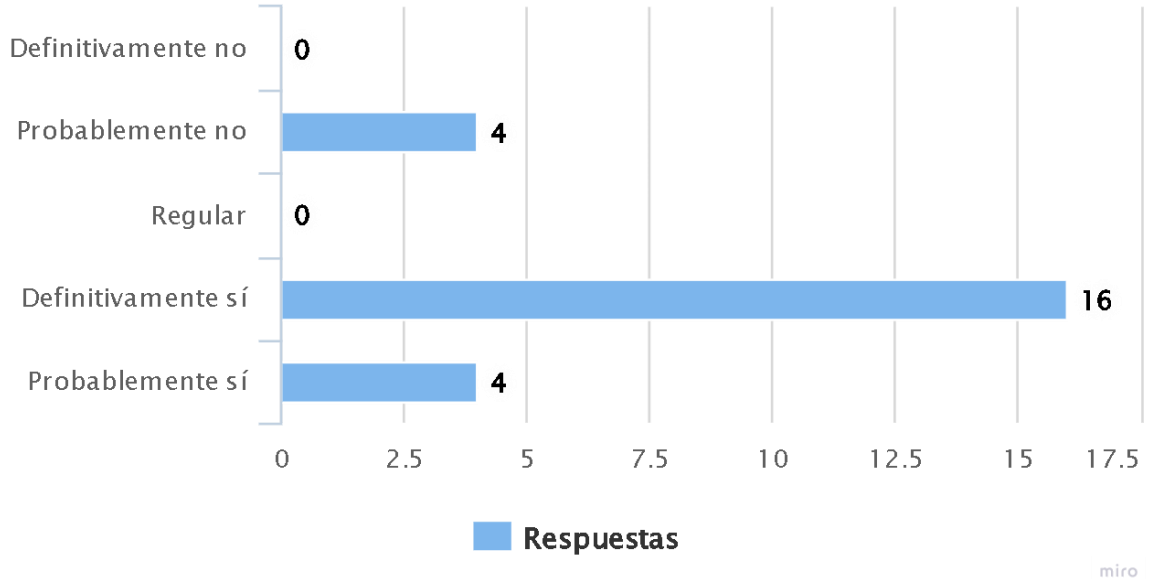


Figura 46. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 6.2

6.2 Los botones pueden identificarse claramente, es decir que cuando el ratón esta encima del botón

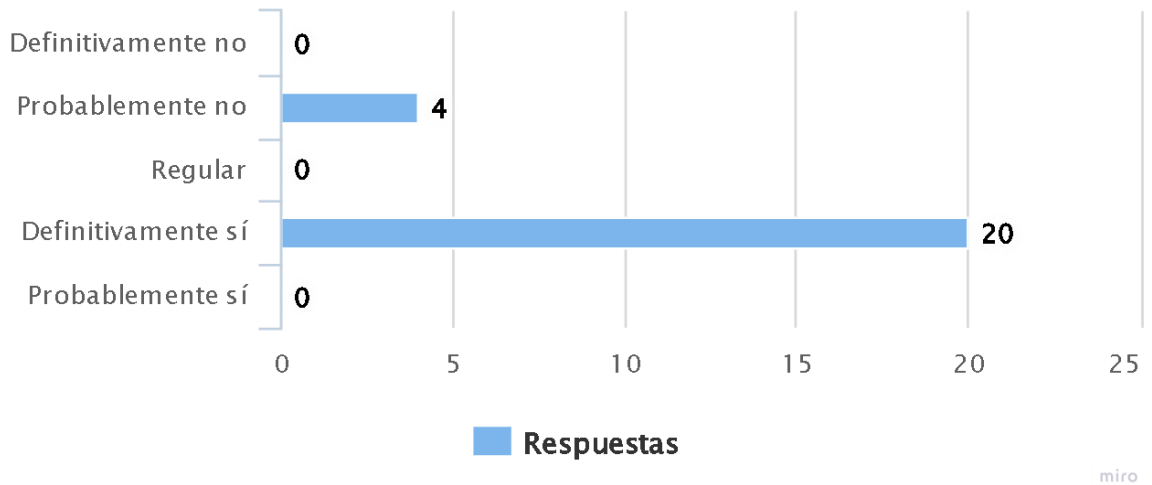
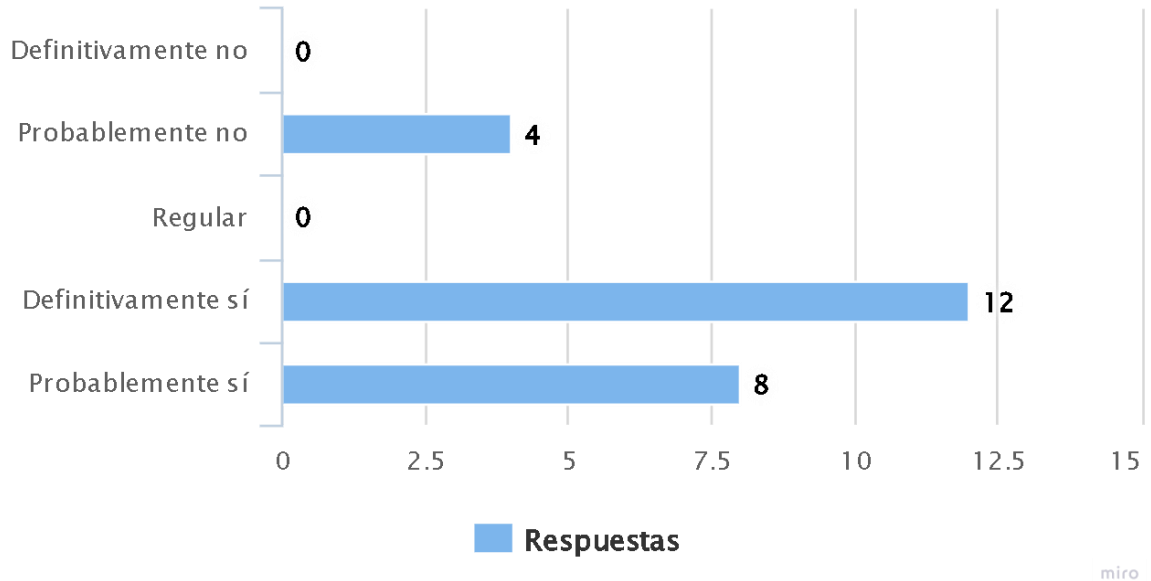


Figura 47. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 6.3

6.3 Los botones inactivos son oscurecidos.



Los resultados de la encuesta para la evaluación de las 2 sub-heurísticas del séptimo principio heurístico, facilidad y eficiencia en el uso, se pueden observar en la Figura 48 y Figura 49.

Figura 48. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 7.1

7.1 No se requiere volver a escribir la información ya solicitada.

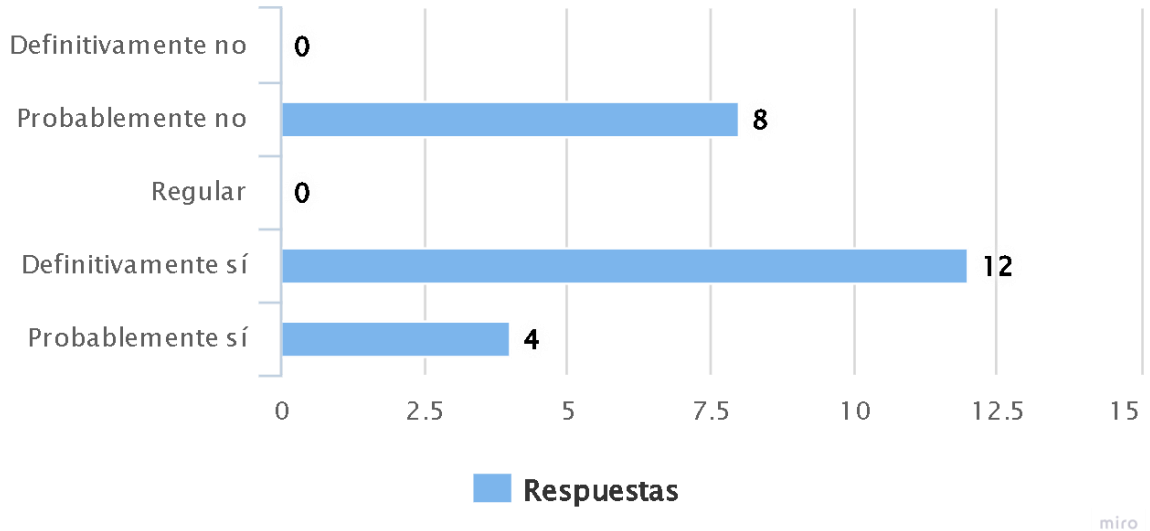
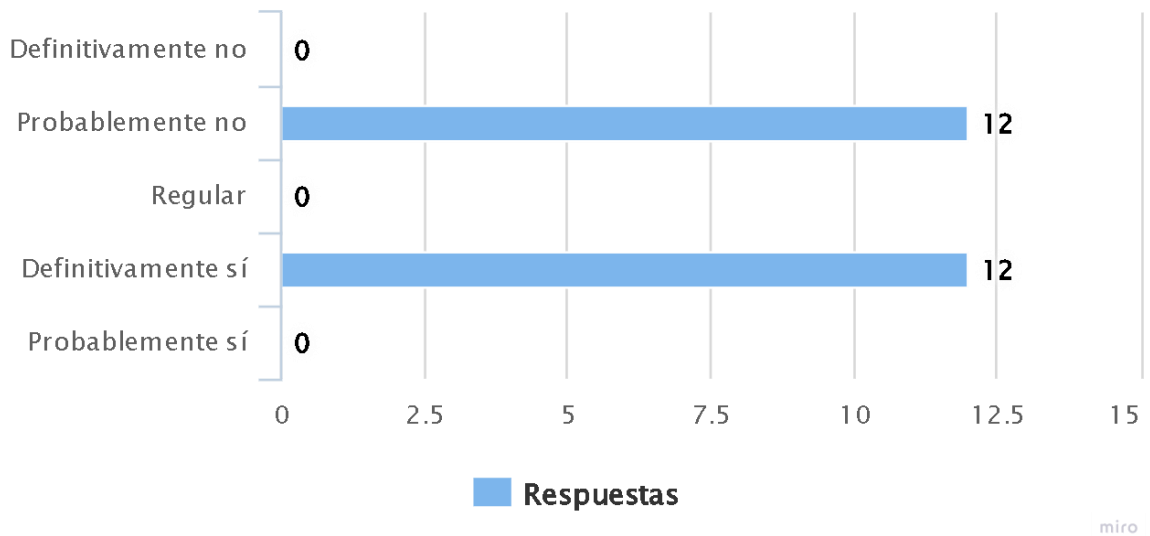


Figura 49. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 7.2

7.2 Existe la opción de utilizar combinaciones de teclas o atajos.



Los resultados de la encuesta para la evaluación de las 5 sub-heurísticas del octavo principio heurístico, estética y diseño minimalista, se pueden observar en la Figura 50, Figura 51, Figura 52, Figura 53 y Figura 54.

Figura 50. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 8.1

8.1 La información es relevante.

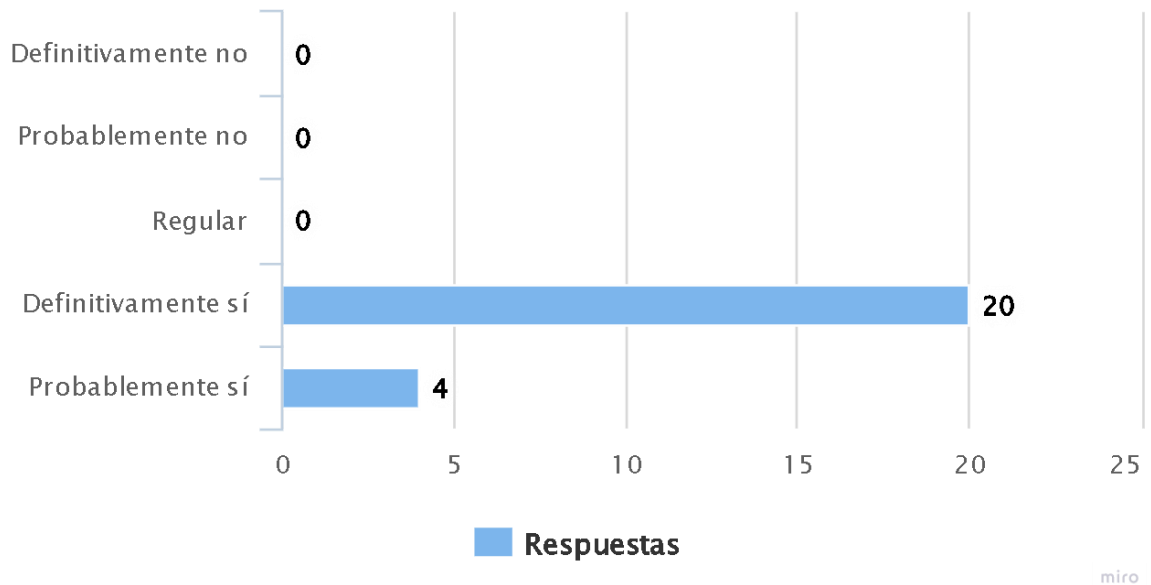


Figura 51. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 8.2

8.2 El contenido está correctamente organizado.

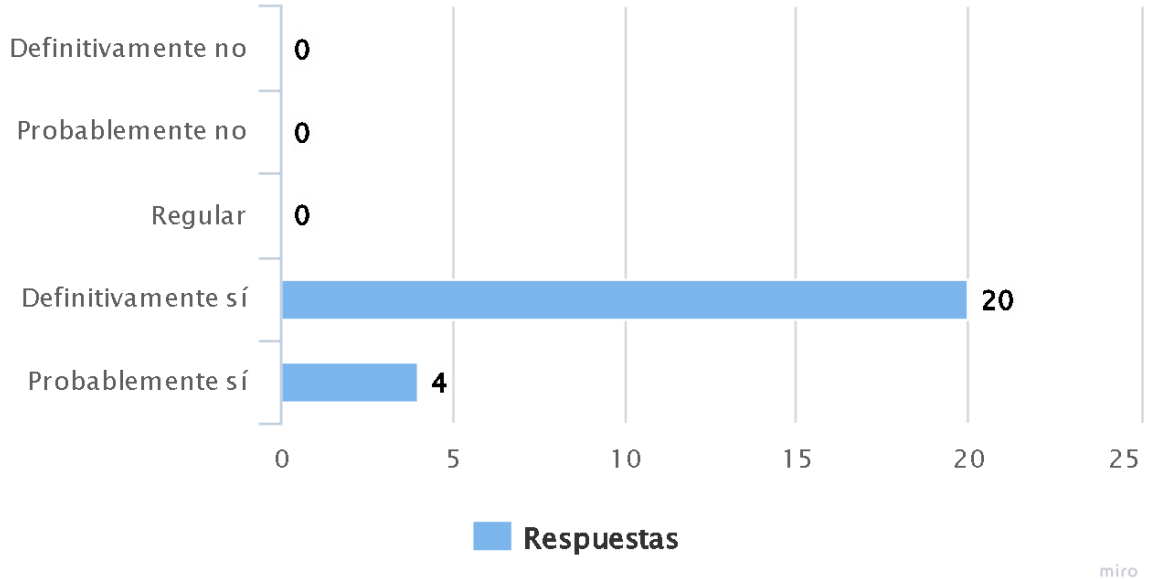


Figura 52. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 8.3

8.3 El contenido está bien distribuido en el diseño.

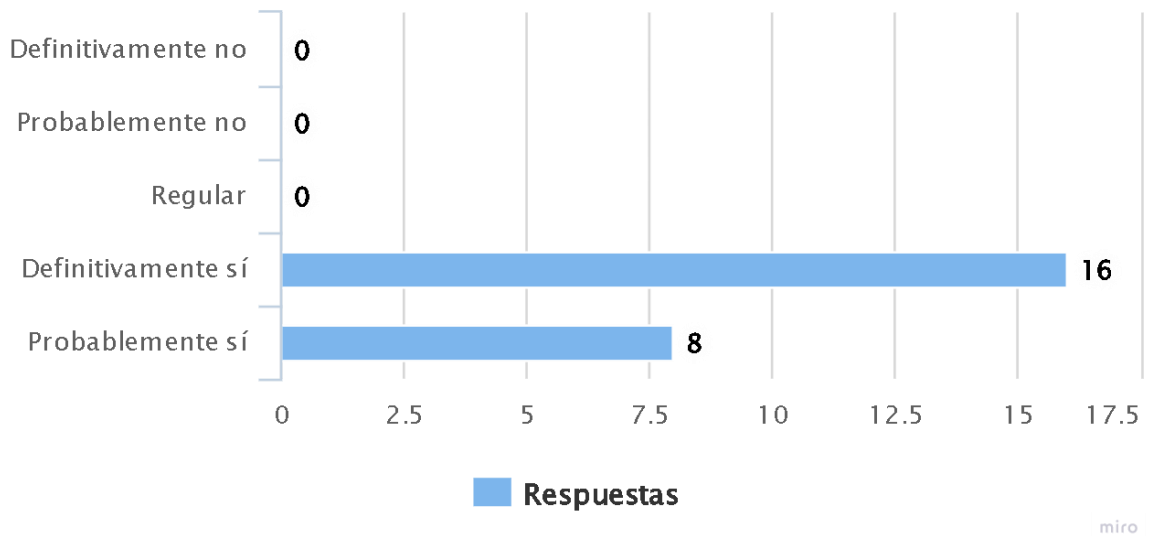


Figura 53. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 8.4

8.4 Los iconos no se pierden con el color de fondo.

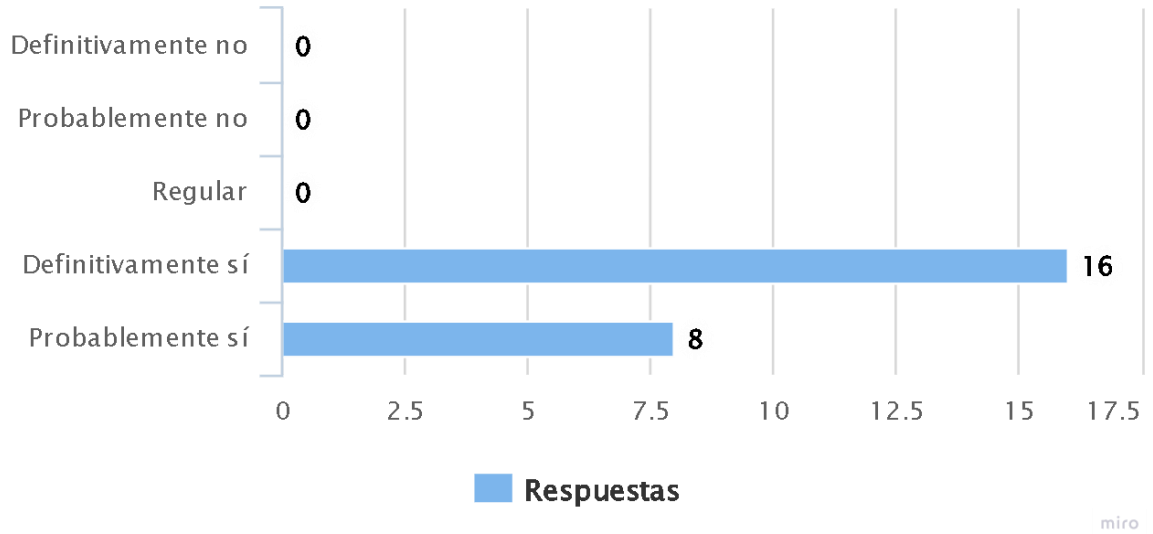
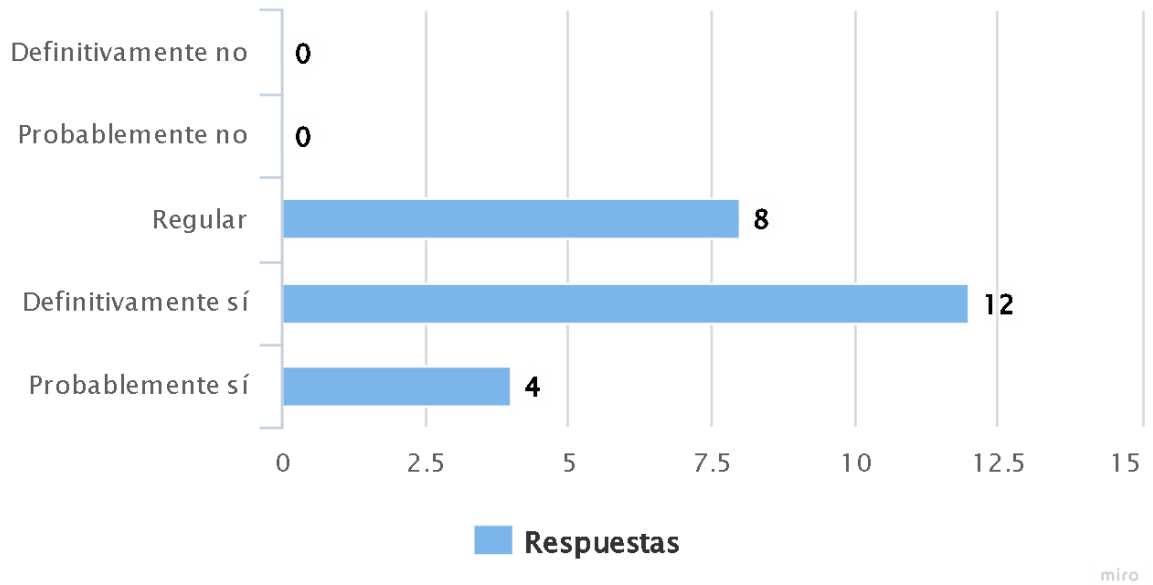


Figura 54. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 8.5

8.5 Los colores son agradables.



Los resultados de la encuesta para la evaluación de las 3 sub-heurísticas del noveno principio heurístico, reconocimiento y diagnóstico de errores, se pueden observar en la Figura 55, Figura 56 y Figura 57.

Figura 55. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 9.1

9.1 Es fácil reconocer cuando ocurre un error.

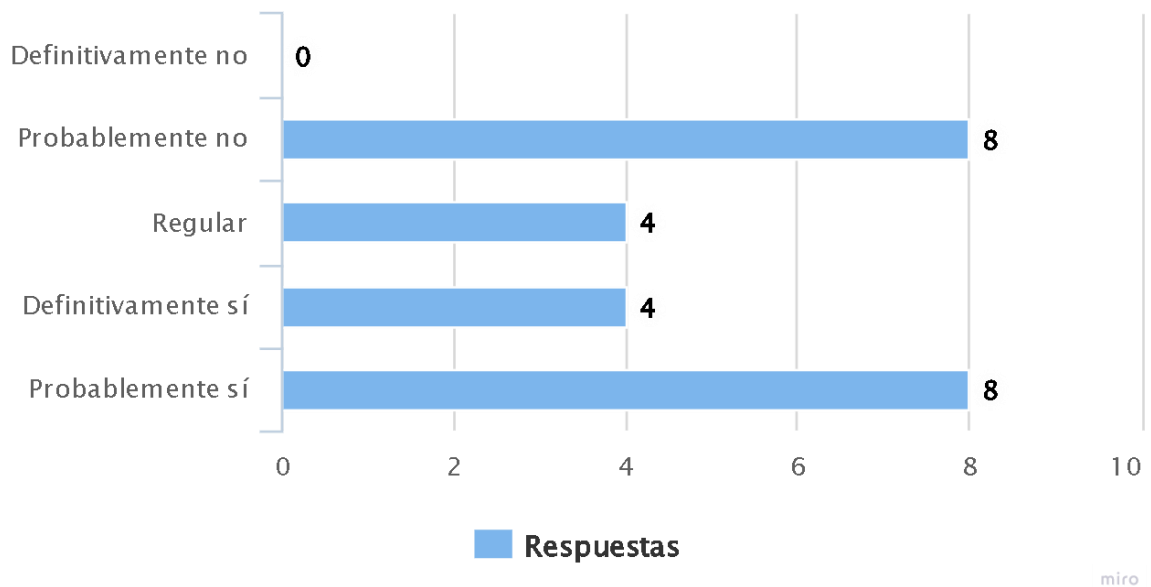


Figura 56. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 9.2

9.2 Después que ocurre un error es fácil volver al sitio de origen.

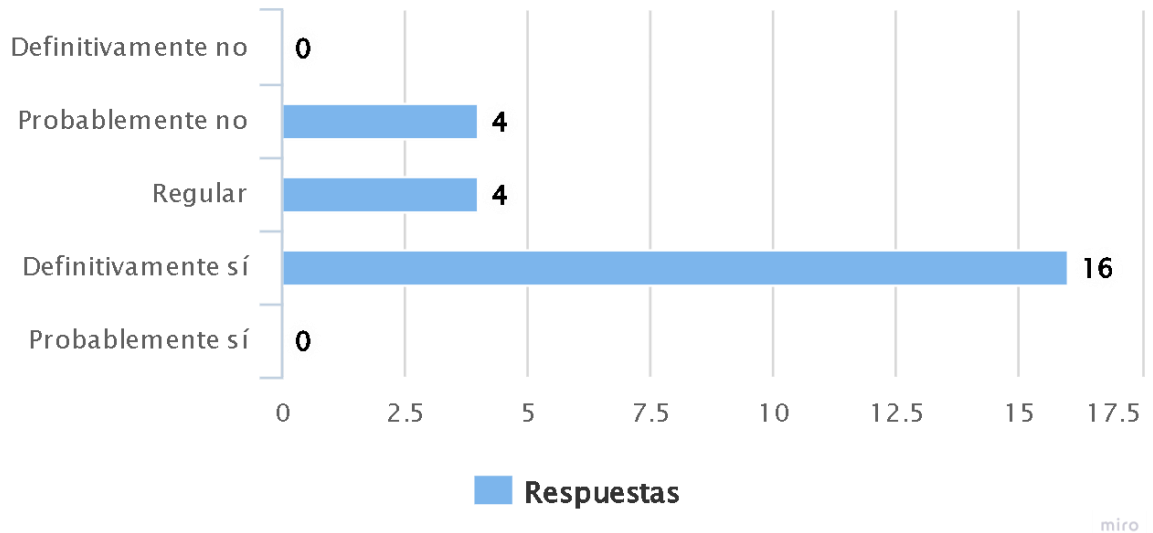
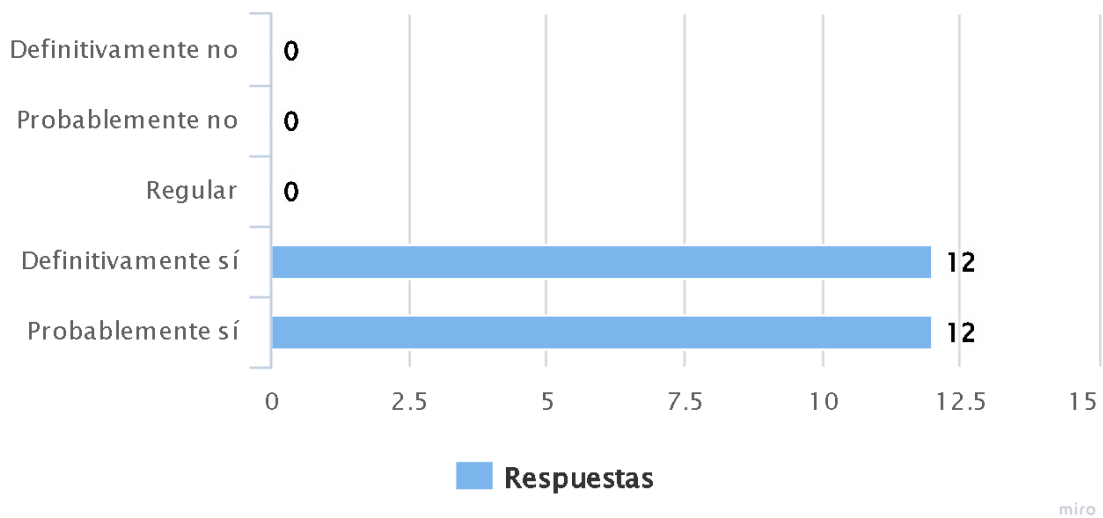


Figura 57. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 9.3

9.3 Cuando ocurre un error, existe la información apropiada para solucionarlo.



Los resultados de la encuesta para la evaluación de las 3 sub-heurísticas del décimo principio heurístico, ayuda, se pueden observar en la Figura 58, Figura 59 y Figura 60.

Figura 58. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 10.1

10.1 La ayuda es visible y fácil de encontrar.

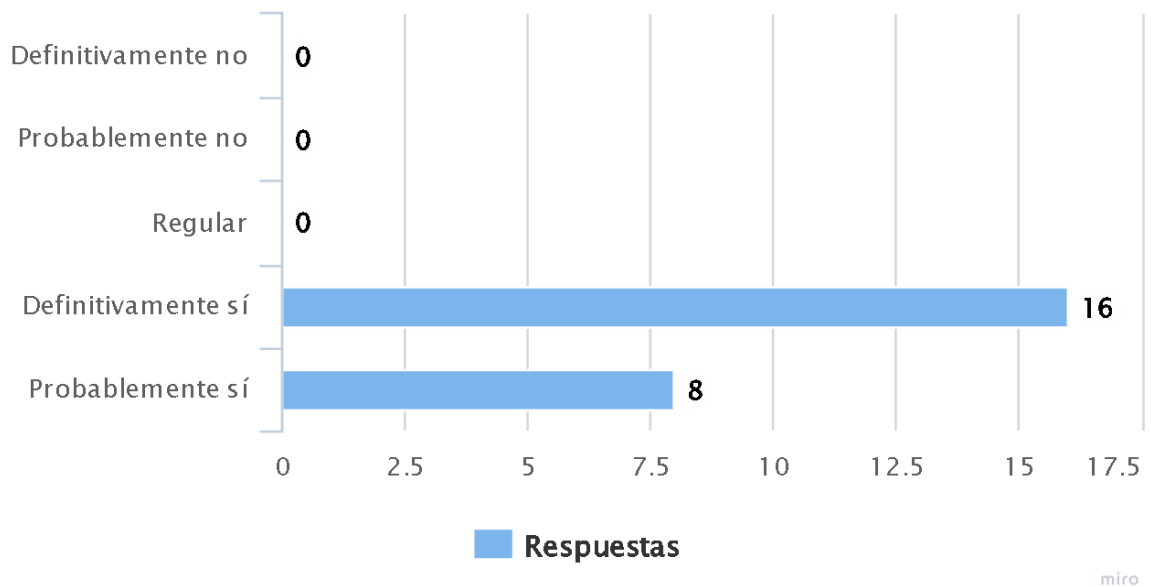


Figura 59. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 10.2

10.2 Se dispone de un apartado de preguntas frecuentes.

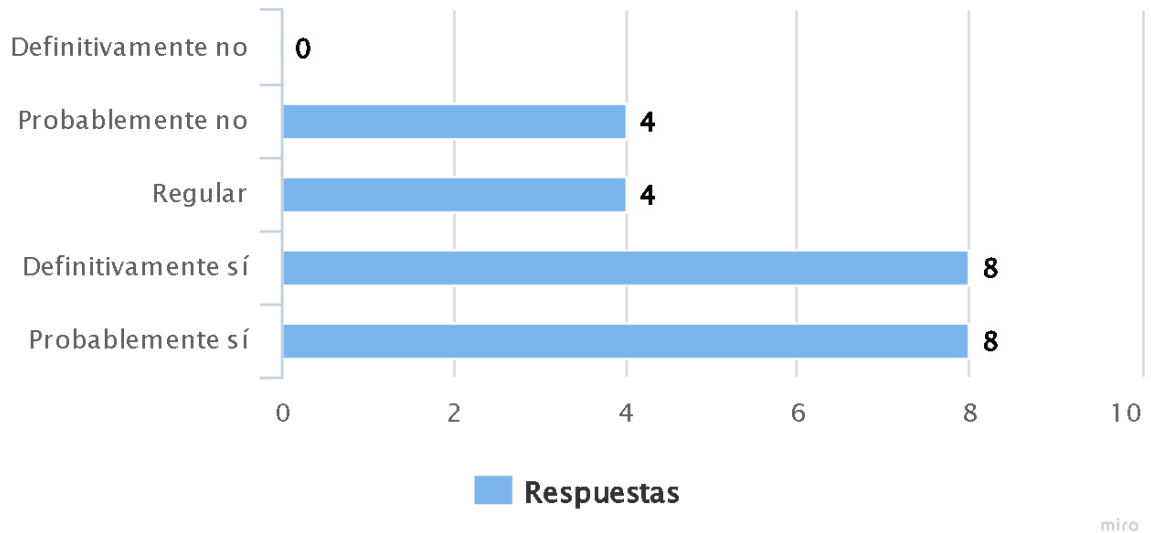
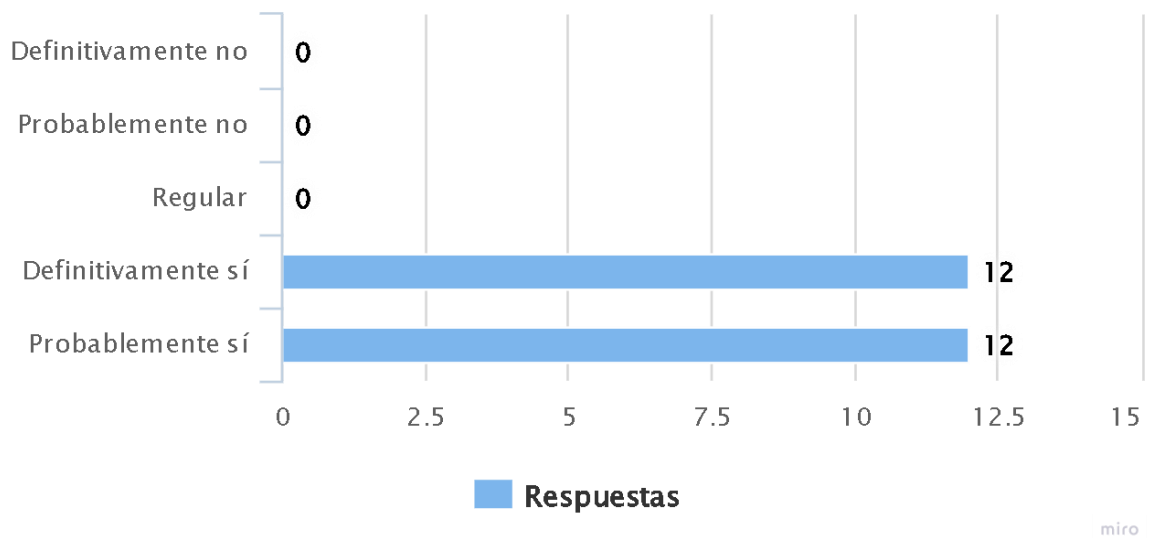


Figura 60. Gráfica de los resultados de la encuesta para la sub-heurística 10.3

10.3 La documentación de ayuda utiliza ejemplos.



Para realizar el análisis de los resultados de la encuesta presentados anterior mente resulta necesario convertir dichos resultados a valores numéricos, para de esta manera conocer la nota media de cada principio.

Una vez conocida la nota media de cada principio es necesario dividir los principios en dos grupos, el primer grupo son las heurísticas fuertes las cuales son los principios con mayor puntaje según la encuesta y el segundo grupo son las heurísticas débiles que son las heurísticas con menor puntaje de media. En la Tabla 13 se pueden observar las heurísticas fuertes junto a su media.

Tabla 13. Heurísticas fuertes

Heurísticas fuertes	
Principio Heurístico	Media
II. Relación entre el sistema y el mundo real	4.8
IV. Consistencia y estándares	4.6
VIII. Estética y diseño minimalista	4.6
I. Visibilidad del estado del sistema	4.5
III. Libertad de navegación al usuario	4.4
V. Advertir errores	4.3

VI. Reconocer en lugar de recordar	4.3
X. Ayuda	4.3

Debido a que en general las medias de cada principio son altas se tomó como heurísticas débiles a los dos principios con media mas baja. En la Tabla 14 se pueden observar las heurísticas débiles junto a su media.

Tabla 14. Heurísticas débiles

Heurísticas débiles	
Principio Heurístico	Media
VII. Facilidad y eficiencia en el uso	3.7
IX. Reconocimiento y diagnóstico de errores	4.0

Según la Tabla 14, el séptimo principio, facilidad y eficiencia en el uso, resulto con un puntaje medio de 3.7, esto se debe a que la interfaz no permite la personalización de acciones por parte del usuario, una posible solución a futuro es la implementación de atajos de teclado para la interfaz de esta manera el usuario podrá personalizar las acciones por medio de combinaciones de teclas.

Por otro lado, el noveno principio, reconocimiento y diagnóstico de errores, resulto con un puntaje medio de 4.0, esto se debe a que cuando existe problema con los sensores la interfaz no informa de este inconveniente al usuario, una posible solución a futuro es la personalización de errores, es decir, saber el tipo de errores que pueden existir al usar sensores y mostrar al usuario que tipo de error es y cómo solucionarlo.

CONCLUSIONES

Se desarrolló una interfaz gráfica de usuario que junto con la capa de comunicación desarrollada por el semillero MeFai permite a los estudiantes de ingeniería realizar captura, análisis y graficación de los datos dentro de los laboratorios de física y química de la UNICATÓLICA.

En la implementación de las ventanas en la Raspberry Pi se notó que algunas funciones que tiene la librería PyQt solo funcionan en Windows o que tienen una variante para sistemas operativos derivados de Linux, tales como los window flags. Por otro lado, el método showfullscreen tiene errores en Raspbian. Por tal motivo algunas funciones desarrolladas no funcionaban al momento de implementarlas en la Raspberry y era necesario modificarlas para su uso en Raspbian.

La metodología de desarrollo empleada en el proyecto y las estimaciones de esfuerzo realizadas por el equipo fueron las correctas y permitieron que a medida que avanzaba el desarrollo, la interfaz fuera mejorada mediante retroalimentaciones realizadas por el product owner. Por tal motivo se puede decir que, aunque durante todo el ciclo de vida hubo modificaciones en los requerimientos la interfaz cumplió con lo prometido y lo esperado por el product owner.

La herramienta didáctica de laboratorios con su capa de comunicación y su interfaz gráfica fueron utilizadas durante algunas prácticas de laboratorio. Se concluyó, por medio de pruebas, encuestas y observaciones, que la interfaz es amigable para los estudiantes. También, fue estéticamente agradable y en conjunto la herramienta cumplió con su objetivo, el cual es apoyar los procesos de las prácticas de física y química dentro de los laboratorios.

|RECOMENDACIONES

Una vez concluido el desarrollo de la interfaz gráfica, se considera tener en cuenta las siguientes recomendaciones para mejorar la interfaz a futuro o ayudar a otros desarrollos parecidos:

- La metodología empleada para la evaluación de la usabilidad solo es una de muchas y para asegurar un resultado más preciso es recomendable aplicar más de un método.
- Se recomienda que al principio del desarrollo de una interfaz gráfica su implementación sea desarrollada y probada desde un inicio en el sistema operativo en el cual será implementada, esto para evitar futuros problemas con la compatibilidad entre sistemas operativos.
- Evaluar el uso de las tecnologías emergentes, como la computación en la nube a la herramienta para así lograr una conexión e intercambio de información entre las herramientas.

BIBLIOGRAFÍA

Bdm Publication. (2020). The Complete Raspberry Manual. Black Dog Media.

Blancas Hernández, J. L., & Rodríguez Pineda, D. patricia. (2013). Uso de tecnologías en la enseñanza de las ciencias. El caso de una maestra de biología. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9(1), 162–186.

Carvajal, Laura & Moreno, Ana & Sanchez-Segura, Maria-Isabel & Seffah, Ahmed. (2013). Usability through Software Design. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 39. 10.1109/TSE.2013.29.

Cervantes Villagómez, O. D., Báez López, D., Arizaga Silva, A., & Castillo Juárez, E. (2017). Python Con Aplicaciones a Las Matemáticas, Ingeniería Y Finanzas. In *Alfaomega* (Primera ed).

Chaparro-Mesa, J. E., Lombana, N. B., & León-Socha, F. A. (2019). FísicaTIC, plataforma hardware-software para aplicaciones en física e ingeniería. *Scientia et technica*, 24(3), 354-365.

Delgado Fernández, S. (2019). Diseño e implementación de hardware y software para el apoyo a la investigación en laboratorios (Tesis de pregrado). Universidad de Málaga, Málaga, España.

Elmasri, R., & Navathe, S. (2007). Fundamentos de sistemas de bases de datos (M. M. Romo (ed.); 5th ed.). Pearson; Addison Wesley.

Florián, Beatriz E, Solarte, Oswaldo y Reyes, Javier M. (2010). Propuesta para

Incorporar Evaluación Y Pruebas De Usabilidad Dentro de un Proceso De Desarrollo De Software. Revista EIA, (13), 123-141.

Frechina, A. (2018) Procesos Scrum [Figura]. Recuperado de <https://winred.es/management/metodologia-scrum-que-es/gmx-niv116-con24594.htm>

Garzón Sánchez, A. F., & Ochoa Salamanca, I. M. (2016). Diseño e implementación de software con interfaz gráfica para la medición de los parámetros de antenas en el laboratorio (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.

González, M. P., Pascual, A., & Lorés, J. (2001). Evaluación heurística. 2001). Introducción a la Interacción Persona-Ordenador. AIPO: Asociación Interacción Persona-Ordenador.

Harwani, B. M. (2018). Qt5 Python GUI Programming (Primera ed). Packt. <https://www.packtpub.com/application-development/python-gui-programming-cookbook>

Hassan, Y., & Martín, F. J. (2005). La Experiencia del Usuario. No Solo Usabilidad, 2005(4), 1–6. http://www.nosolousabilidad.com/articulos/experiencia_del_usuario.htm

Huerta Paucar, F. D., & Narvárez Álvarez, D. X. (2022). Diseño, construcción y programación de una plataforma didáctica de hardware-software para el manejo remoto de los módulos de sistemas de encendido y sensores automotrices en el laboratorio de autotrónica I y II de la sede Cuenca (Bachelor 's tesis).

IEC. (2010). ISO/IEC 25010. IEC. [ISO 25010 \(iso25000.com\)](http://iso25000.com)

IEEE Std, IEEE Software Engineering Standard: Glossary of Software Engineering Terminology. IEEE Computer Society Press, 1993.

Johansen Bertoglio, O. (1993). Introducción a la teoría general de sistemas (G. Noriega (ed.); Primera ed). Limusa.

Krug, S. (2006). No me hagas pensar (2nd ed, Vol. 28). Pearson, Prentice Hall.

Kurniawan, A. (2019). Raspbian OS Programming with the Raspberry Pi: IoT Projects with Wolfram, Mathematica, and Scratch. Apress.

López Rua, AM, & Tamayo Alzate, Ó. E. (2012). Las Prácticas de Laboratorio en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 8 (1), 145-166. [fecha de Consulta 18 de Noviembre de 2022]. ISSN: 1900-9895.

Madruga Hernández, D., & Viltres Salas, H. (2018). Una evaluación de usabilidad a productos de software: caso de estudio práctico. *Publicando*, 14(3), 525–541.

Malewicz, M., & Malewicz, D. (2020). *Designing User Interfaces* (2nd ed.). <http://www.designingui.com/>

Moreno, P. M., Camacho, J. A. V., Herrera, J. P., & Castillo, I. A. I. (2022). Evaluación Heurística de Usabilidad en Plataforma Educativa: Heuristic Evaluation of Usability in Educational Platform. *Tecnología Educativa Revista CONAIC*, 9(1), 27-35.

Nielsen, J. (1994, April). Usability inspection methods. In Conference companion on Human factors in computing systems (pp. 413-414).

Sánchez, W. (2011). La usabilidad en Ingeniería de Software: definición y características. Ing-Novación. Reporte de Investigación, 2, 7–21.

Sanpote, D., & Sanpote, W. (2020). The Usability Heuristic factors for Sensors monitoring system A case study of laboratory Animal Research Center. NU. International Journal of Science, 17(2), 130-141.

Sarmiento, Y. C. (2019). Proponer un esquema para la integración de la ingeniería de la usabilidad en los procesos iniciales de construcción de software.

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2013). La Guía de Scrum.

ANEXOS

Anexos A. Mockup final

La última versión del mockup diseñado para este trabajo de grado se encuentra alojado en el siguiente link:

https://drive.google.com/file/d/14B13Ay51Klc9oMx6wNYA13qwp7CGhYKg/view?usp=share_link

Anexos B. Product backlog

Tabla 15. Product Backlog

Historia	Prioridad	Descripción	Estimación del esfuerzo inicial (días)
No. 01	Baja	Ventana Splash	4
No. 02	Alta	Ventana de inicio de sesión	7
No. 03	Media	Ventana de módulos (Física, Química)	7
No. 04	Alta	Ventana de prácticas de química	4
No. 05	Alta	Ventana de prácticas de física	3
No. 06	Baja	Ventana de espera para toma de datos	3
No. 07	Media	Ventana de historial de practicas	7
No. 08	Baja	Ventana de aplicaciones	7
No. 09	Media	Ventana de ajustes	7
No. 10	Media	Ventana de gestión de usuarios	14
No. 11	Alta	Integración con la capa de comunicación	7

Anexos C. Historias de usuario

Tabla 16. Historia de usuario #01

Historia de usuario	
ID	HU01
Nombre	Ventana Splash
Prioridad	Baja
Descripción	Como usuario quiero ver una ventana de bienvenida para saber que la aplicación se ha iniciado.
Validación	<ul style="list-style-type: none">- Quiero que al encender la Raspberry la ventana splash se inicie automáticamente.- Quiero que la ventana splash contenga el logo del software.- Quiero que la ventana splash contenga una barra de carga.- Quiero que una vez termine de cargar la barra de carga se abra la aplicación.

Tabla 17. Historia de usuario #02

Historia de usuario	
ID	HU02
Nombre	Ventana de inicio de sesión.
Prioridad	Alta
Descripción	Como usuario quiero ver una ventana de inicio de sesión para poder loguearme y acceder a la aplicación.
Validación	<ul style="list-style-type: none"> - Quiero que la ventana contenga el nombre del software. - Quiero que contenga un botón de salir, el cual al ser presionado cierre el software y apague la Raspberry Pi. - Quiero que la ventana siempre este maximizada. - Quiero que la ventana no tenga el botón de minimizar.

Tabla 18. Historia de usuario #03

Historia de usuario	
ID	HU03
Nombre	Ventana de módulos
Prioridad	Media
Descripción	Como usuario quiero ver una ventana de módulos para poder acceder a las practicas que tienen los diferentes módulos.
Validación	<ul style="list-style-type: none"> - Quiero que la ventana contenga los botones de los módulos (Física y Química). - Quiero que contenga un botón de salir y regrese a la ventana de inicio de sesión. - Quiero que la ventana siempre este maximizada. - Quiero que la ventana no tenga el botón de minimizar.

Tabla 19. Historia de usuario #04

Historia de usuario	
ID	HU04
Nombre	Ventana de prácticas de química
Prioridad	Alta
Descripción	Como usuario quiero ver una ventana de prácticas de química para poder iniciar la práctica de química y empezar la toma de datos.
Validación	<ul style="list-style-type: none"> - Quiero que la ventana contenga los botones de las diferentes prácticas para el módulo de química. - Quiero que la ventana contenga un botón para devolverme a la ventana de módulos. - Quiero que contenga un botón de salir y regrese a la ventana de inicio de sesión. - Quiero que la ventana siempre este maximizada. - Quiero que la ventana no tenga el botón de minimizar.

Tabla 20. Historia de usuario #05

Historia de usuario	
ID	HU05
Nombre	Ventana de prácticas de física
Prioridad	Alta
Descripción	Como usuario quiero ver una ventana de prácticas de física para poder iniciar la práctica de física y empezar la toma de datos.
Validación	<ul style="list-style-type: none"> - Quiero que la ventana contenga los botones de las diferentes prácticas para el módulo de física. - Quiero que la ventana contenga un botón para devolverme a la ventana de módulos. - Quiero que contenga un botón de salir y regrese a la ventana de inicio de sesión. - Quiero que la ventana siempre este maximizada. - Quiero que la ventana no tenga el botón de minimizar.

Tabla 21. Historia de usuario #06

Historia de usuario	
ID	HU06
Nombre	Ventana de espera para toma de datos.
Prioridad	Baja
Descripción	Como usuario quiero ver una ventana de espera para poder saber si inicio la toma de datos y saber cuánto falta para que termine.
Validación	<ul style="list-style-type: none"> - Quiero que la ventana contenga una barra de carga. - Quiero que al finalizar la carga de la opción de graficar los datos o ver los datos en OpenOffice Calc.

Tabla 22. Historia de usuario #07

Historia de usuario	
ID	HU07
Nombre	Ventana de historial
Prioridad	Media
Descripción	Como usuario quiero ver una ventana de historial para poder ver la práctica realizadas anteriormente y poder abrirlas.
Validación	<ul style="list-style-type: none"> - Quiero que contenga una tabla con las practicas realizadas anteriormente. - Quiero que me permita abrir las practicas. - Quiero que contenga un botón de salir y regrese a la ventana de inicio de sesión. - Quiero que la ventana siempre este maximizada. - Quiero que la ventana no tenga el botón de minimizar.

Tabla 23. Historia de usuario #08

Historia de usuario	
ID	HU08
Nombre	Ventana de aplicaciones
Prioridad	Baja
Descripción	Como usuario quiero ver una ventana de aplicaciones para poder acceder a otros softwares con el fin de usarlos durante la práctica.
Validación	<ul style="list-style-type: none"> - Quiero que sea una ventana emergente. - Quiero que contenga un botón para abrir un navegador. - Quiero que contenga un botón para abrir un editor de texto. - Quiero que contenga un botón para abrir LibreOffice Calc.

Tabla 24. Historia de usuario #09

Historia de usuario	
ID	HU09
Nombre	Ventana de ajustes
Prioridad	Media
Descripción	Como usuario quiero ver una ventana de ajustes para poder configurar la cantidad de datos que se desea tomar.
Validación	<ul style="list-style-type: none"> - Quiero que contenga un botón para salir del software, el cual solo será visible para los administradores. - Quiero que contenga un botón de salir y regrese a la ventana de inicio de sesión. - Quiero que la ventana siempre este maximizada. - Quiero que la ventana no tenga el botón de minimizar.

Tabla 25. Historia de usuario #10

Historia de usuario	
ID	HU10
Nombre	Ventana de gestión de usuarios
Prioridad	Media
Descripción	Como usuario quiero ver una ventana de gestión de usuarios para poder crear, eliminar y modificar a los usuarios
Validación	<ul style="list-style-type: none"> - Quiero que la venta me permita crear nuevos usuarios e informe si se hizo la acción. - Quiero que la venta me permita ver todos los usuarios existentes. - Quiero que la venta me permita eliminar usuarios e informe si se hizo la acción. - Quiero que la venta me permita actualizar usuarios e informe si se hizo la acción. - Quiero que los usuarios con rol estudiante no sean capaces de acceder a la ventana.

Anexos D. Encuesta de usabilidad

La encuesta de usabilidad para la interfaz desarrollada realizada en Google Forms se encuentra en el siguiente link:

<https://forms.gle/Pmmw6ASXNczczpLK7>

Anexos E. Documento de ayuda

El documento de ayuda se encuentra en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/file/d/1GOUA9obg8obRGd7H_rScaBpMaX4xQH5w/view?usp=share_link

Anexos F. Certificados de participación en encuentros de semilleros

Figura 61. Certificado evento RedColSi Mateo González



Figura 62. Certificado evento RedColSi Juan Esteban García



Figura 63. Certificado encuentro de semilleros de la UNAB Mateo González



Figura 64. Certificado encuentro de semilleros de la UNAB Juan Esteban García



Figura 65. Certificado encuentro de semilleros RREDSI Mateo González



Figura 66. Certificado encuentro de semilleros RREDSI Juan Esteban García



Figura 67. Certificado encuentro de semilleros ACIET Mateo González



Figura 68. Certificado encuentro de semilleros ACIET Juan Esteban García



Figura 69. Certificado encuentro Regional de semilleros RREDSI Mateo González



Figura 70. Certificado encuentro Regional de semilleros RREDSI Juan Esteban García

