

APRENDIZAJE MUSICAL RÍTMICO CON RHYTHME, TUS PRIMEROS PASOS  
MUSICALES

DIANA PAOLA RINCÓN MONTAÑA  
WILMER RODRÍGUEZ CAMARGO

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN  
BOGOTÁ  
2020-2

APRENDIZAJE MUSICAL RÍTMICO CON RHYTHME, TUS PRIMEROS PASOS  
MUSICALES

DIANA PAOLA RINCÓN MONTAÑA  
WILMER RODRÍGUEZ CAMARGO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

DIRECTOR

MSc. WILSON JAVIER FORERO

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN  
BOGOTÁ, D.C.

2020-2

APRENDIZAJE MUSICAL RÍTMICO CON RHYTHME, TUS PRIMEROS PASOS  
MUSICALES

## **Dedicatoria**

A nuestras familias quienes han sido apoyo incondicional en este camino, especialmente a mi padre y hermana, quienes me han acompañado en todo momento, siendo mi motivación, apoyo económico y emocional para continuar, por ser un ejemplo de perseverancia para ti hermana, quien sigue mis pasos.

A mi luz y mi motivación, por quien volví a nacer, a ti hija.

## **Agradecimientos**

De exaltar la gran labor de guiarnos durante este camino, de enseñarnos todo lo necesario para una vida profesional, mil gracias queridos docentes.

Por ser un director excepcional, por aportarnos su vasto conocimiento, por su dedicación y paciencia, especial agradecimiento a nuestro director, MSc. Wilson Javier Forero Romero.

Por su continua guía y preocupación, por un acompañamiento lleno de profesionalismo y cariño, mil gracias a nuestra coordinadora académica María Nury Escobar.

A mi querida compañera de tesis, una gran amiga y excepcional profesional, nada de esto sería posible sin ti, gracias Diana.

A mi querido compañero de tesis, quien se convirtió en un gran amigo, brindando consejos profesionales que me han permitido crecer y mantenerme en el área profesional, gracias por creer en mí y por permitir desarrollar juntos esta bonita labor, gracias Wilmer.

**Tabla de contenido**

	<b>Pág.</b>
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Tabla de contenido	VI
Listado de tablas	XI
Listado de figuras	XII
Resumen	XV
Introducción	1
1. Planteamiento Del Problema	4
1.1. Descripción del problema	4
1.2. Formulación del problema	5
1.3. Justificación	5
1.4. Objetivos	8
1.4.1. Objetivo general.	8
1.4.2. Objetivos específicos.	8
1.5. Alcance y limitaciones del proyecto	9
1.5.1. Alcance.	9
1.5.2 Limitaciones.	10

2. Metodología	12
2.1. Etapas	12
2.1.1. Análisis de necesidades.	12
2.1.2. Diseño del software y hardware.	12
2.1.3. Codificación del software.	13
2.1.4. Validación.	13
2.1.5. Despliegue de la solución.	13
2.2. Actividades	14
2.2.1. Análisis de necesidades.	14
2.2.2. Diseño de solución.	15
2.2.3. Codificación del software.	16
2.2.4. Pruebas funcionales y de integración entre los componentes de software y hardware.	17
2.2.5. Despliegue de la solución.	17
3. Marco De Referencia	18
3.1 Marco teórico	18
3.1.1. La música, la autonomía y la tecnología en el desarrollo intelectual.	19
3.1.2 Teoría básica musical.	22
3.1.3 Cálculo de la precisión.	24

3.1.3 Elementos para el diseño y desarrollo del sitio web y multipad Arduino.	25
3.2 Antecedentes o estado del arte	28
3.3 Marco legal	30
3.3.1. Ley estatutaria 1581 del 17 de octubre de 2012.	31
3.3.2 Ley 1915 de 12 de julio de 2018.	31
4. Desarrollo Del Proyecto	32
4.1 Análisis de necesidades	33
4.1.1 Entrevistas a docentes.	34
4.1.2 Entrevistas a estudiantes.	35
4.1.3 Resultados de entrevistas a docentes.	35
4.1.4. Historias de usuario.	39
4.1.5 Criterio de aceptación no funcionales	42
4.2 Diseño de la solución	43
4.2.1 Interfaz de usuario.	43
4.2.2 Recolección de información.	47
4.2.3 Diseño arquitectónico.	49
4.2.3.1. Tecnologías usadas.	49
4.2.3.2. Arquitectura y patrones.	50
4.2.3.1. Diagrama de componentes.	50

4.2.3.2 Diagrama vista de desarrollador.	52
4.2.3.3 Diagrama vista de despliegue.	53
4.2.3.4 Mapa de navegación.	54
4.3 Codificación del software	55
4.3.1 Código fuente.	55
4.3.2 Manual de usuario.	55
4.3.3 Manual técnico.	55
4.4 Pruebas de integración entre los componentes de software y hardware	56
4.4.1. Pruebas funcionales.	56
4.4.2 Pruebas del sistema.	58
4.4.2.1 Revisión de código codacy.	58
4.4.2.2 Auditoría de código con Google lighthouse.	60
4.5 Gestión de la configuración	62
4.5.1. Proceso de control de versiones del código fuente.	62
4.6 Despliegue de la solución	64
4.6.1 Proceso de despliegue del sitio web.	64
5. Resultados obtenidos	67
6. Conclusiones y recomendaciones	76
Bibliografía	78



**Listado de tablas**

	Pág.
Tabla 1. Determinación del patrón. ....	25
Tabla 2. Comparación de aplicaciones. ....	29
Tabla 3. Comparación de aplicaciones (continuación...).	30
Tabla 4. Resultado pregunta 14 retroalimentación para el aprendiz. ....	39
Tabla 5. Formato historias de usuario.....	39
Tabla 6. Caso de prueba 1.....	56
Tabla 7. Caso de prueba 2.....	57
Tabla 8. Caso de prueba 3.....	57
Tabla 9. Preguntas entrevistas a docentes.....	83
Tabla 10. Preguntas entrevistas a docentes (continuación...).	84

## Listado de figuras

	Pág.
Figura 1. Diagrama metodología de modelos iterativos. ....	14
Figura 2. Duración relativa de las figuras. ....	22
Figura 3. Silencios correspondientes a cada figura. ....	23
Figura 4. Indicaciones de los tiempos de cada compás. ....	24
Figura 5. Tablero de trello Rhythme (Inicio). ....	32
Figura 6. Tablero de trello Rhythme en proceso. ....	33
Figura 7. Tablero de trello Rhythme avanzado. ....	33
Figura 8. Gráfica de resultado de necesidad. ....	35
Figura 9. Gráfica de resultado de aporte. ....	37
Figura 10. Gráfica de resultados multipad. ....	38
Figura 11. Diseño de UI, prototipo borrador (página inicio). ....	44
Figura 12. Diseño de UI, prototipo borrador (página definiciones). ....	44
Figura 13. Diseño de UI, prototipo borrador (página práctica). ....	45
Figura 14. Diseño de UI, (página inicio en idioma español). ....	46
Figura 15. Diseño de UI, (página acerca de). ....	46
Figura 16. Diseño de UI, (página práctica). ....	47
Figura 17. Diagrama de componentes. ....	51
Figura 18. Diagrama vista de desarrollador. ....	52
Figura 19. Diagrama vista de despliegue. ....	53
Figura 20. Diagrama mapa de navegación. ....	54

Figura 21. Prueba Codacy.....	59
Figura 22. Resultado prueba Lighthouse performance.....	60
Figura 23. Resultado prueba Lighthouse en página about diagnóstico. ....	61
Figura 24. Resultado prueba Lighthouse accesibilidad. ....	62
Figura 25. Diagrama gestión de configuración. ....	63
Figura 26. Proceso ejecutar comando build. ....	65
Figura 27. Ejecución del comando firebase deploy.....	65
Figura 28. Página de inicio en idioma español. ....	68
Figura 29. Página de inicio en idioma inglés. ....	68
Figura 30. Página acerca de. ....	69
Figura 31. Página acerca de en inglés.....	70
Figura 32. Diagrama del multipad con Arduino. ....	71
Figura 33. Multipad con Arduino.....	71
Figura 34. Teclado multipad. ....	72
Figura 35. Página práctica Rhythme.....	73
Figura 36. Página de práctica en inglés. ....	74
Figura 37. Práctica o Player Rhythme. ....	74
Figura 38. Juego o player en curso.....	75
Figura 39. Bosquejo elaborado a mano página inicio. ....	86
Figura 40. Bosquejo elaborado a mano página acerca de.....	87
Figura 41. Bosquejo elaborado a mano página acerca de.....	88
Figura 42. Bosquejo elaborado a mano página práctica. ....	88

Figura 43. Bosquejo elaborado a mano página definiciones. ....	89
Figura 44. Bosquejo elaborado a mano sección definiciones ritmo.....	89
Figura 45. Bosquejo elaborado a mano página multipad.....	90
Figura 46. Bosquejo elaborado a mano sección multipad, manuales.....	90
Figura 47. Página de inicio. ....	91
Figura 48. Página de inicio en idioma español. ....	92
Figura 49. Página de inicio en idioma inglés. ....	92
Figura 50. Página acerca de. ....	93
Figura 51. Página acerca de, sección descripción Rhythme. ....	93
Figura 52. Página acerca de, sección equipo de trabajo. ....	94
Figura 53. Página de práctica. ....	95
Figura 54. Página de práctica. ....	95
Figura 55. Página práctica sección editar patrón.....	96
Figura 56. Página definiciones. ....	97
Figura 57. Página definiciones, sección ritmo. ....	97
Figura 58. Página multipad. ....	98
Figura 59. Página multipad, sección ver manual multipad con Arduino.....	98
Figura 60. Página multipad, sección ver manual multipad con teclado. ....	99

## Resumen

El presente proyecto de innovación propone la creación de un sitio web donde se apoye el aprendizaje rítmico musical en una población de niños de 4 a 12 años. El punto de partida de este trabajo es la música, considerada durante el paso del tiempo como una herramienta esencial para la comprensión y percepción del entorno mediante los sentidos, lo que permite su interpretación y expresión a través de diversos sonidos. Así se desarrolla el sitio web “Aprendizaje musical rítmico con Rhythme, tus primeros pasos musicales”. Este sitio, con una interfaz gráfica amigable y de fácil uso para la población objetivo, incluye conceptos como pulso, velocidad, compás y figuras, explica de una manera didáctica acompañada de un apoyo multimedia que permite al niño comprender estos conceptos. Para apoyar el aprendizaje rítmico, el sitio web cuenta con un módulo que brinda una experiencia interactiva de práctica de diferentes patrones, ritmos y velocidades controlados por un teclado o un *multipad*. A todo esto, se le suma la guía de construcción de un componente de hardware en Arduino con 4 *pads* que servirá para interactuar con el sitio, además de la presentación de los conceptos básicos de ritmo en formato multimedia. El desarrollo de este proyecto se basa en un modelo iterativo que permite la retroalimentación y constante mejora del sitio web y todas sus funciones.

## **Abstract**

This innovation project proposes the creation of a website that supports rhythmic musical learning in a population of children aged 4 to 12 years. The starting point of this work is music, considered during the passage of time as an essential tool for the understanding and perception of the environment by means of the senses, and that allows its interpretation and expression through diverse sounds. This is how the website "rhythmic musical learning with Rhythme, your first musical steps" is developed. This site, with a user-friendly graphical interface for the target population, includes concepts such as beat, speed, musical time and figures that are explained in a didactic way accompanied by multimedia support, this allows the child to understand these concepts. To support rhythmic learning, the website has a module that makes it possible to interact with different patterns, rhythms and speeds controlled by a keyboard or a multipad, giving the user a greater possibility to use these resources. To all this, the construction guide of a hardware component in Arduino with 4 pads is added that will serve to interact with the site, in addition to the presentation of the basic concepts of rhythm in multimedia format. The development of this project is based on an iterative model, which allows feedback and constant improvement of the website and all its functions.

## **Introducción**

La música en la vida de los seres humanos ha llevado a percibir el mundo de diferentes maneras, hace parte de su cotidianidad, y se ha constituido como una de sus expresiones creativas más íntimas (Ángel, Camus, & Mansilla, 2008). Para los niños en sus primeros años, la música puede ser el soporte del desarrollo de actitudes y relaciones creativas y colaborativas, por lo cual influye de manera positiva en sus habilidades sociales (Gruhn & Rauscher, 2007). La interacción de los niños con la música debe darse inicialmente con ritmos y danzas que se adecuen a su edad para desarrollar el oído y sus facultades musicales que requieren de una apreciación activa de la música. Es primordial fundamento el aprendizaje rítmico, ya que, no solo permite a los percusionistas el ejercicio de su labor, sino a todos los músicos en general (Bernal Vázquez, 2005).

El aprendizaje musical en las fases iniciales está supeditado a la guía y acompañamiento de un docente. Sin embargo, los entornos virtuales de aprendizaje han adquirido un papel sumamente importante en los ámbitos académicos en general. Estos espacios han incrementado el uso progresivo de las herramientas digitales que promueven el aprendizaje autónomo por parte del estudiante (da Silveira Borne, 2016) y flexibilizan el tiempo y la intensidad horaria para que los estudiantes tengan un progreso de acuerdo con sus necesidades, disponibilidad y habilidades.

Para fortalecer los entornos de aprendizaje virtuales y ampliar la posibilidad de acceso a la formación musical a niños y adolescentes, se crea un sitio web que permite adquirir conceptos y habilidades rítmicas de manera audiovisual en un ambiente didáctico pensado para niños entre 4 y 12 años. En el primer módulo del sitio web se presentan los conceptos de pulso, velocidad, compás y figuras de manera textual y multimedia.

En el segundo módulo se brinda una experiencia interactiva, en la cual, los estudiantes pueden practicar patrones rítmicos haciendo uso del teclado y/o el *multipad* Arduino. Este módulo hace las veces de evaluador de la precisión con la que se presionan las teclas respecto a lo esperado en la línea de tiempo que plantea cada ejercicio de práctica, lo que permite una retroalimentación más certera para el estudiante.

El tercer módulo ofrece la posibilidad de mejorar la experiencia de la práctica, para este módulo se propone la construcción de un *multipad* basado en Arduino o un teclado de computador, el cual está conformado por cuatro *pads*, agregando las ventajas que trae poder practicar ejercicios rítmicos con la palma de la mano o con baquetas.

Este proyecto pretende acompañar el aprendizaje y el desarrollo de las habilidades rítmicas para los niños de 4 a 12 años que quieran adquirir conceptos de ritmo y practicar patrones rítmicos. No se tiene como objetivo brindar acompañamiento personalizado como tutor, ni generar ningún tipo de certificación del aprendizaje adquirido o evaluado. Como es una herramienta de libre acceso sin ningún patrocinio ni monetización no se garantiza ningún tipo de soporte a la aplicación después de implementada.

Para la creación del sitio web, más los contenidos multimedia y el hardware Arduino, se aplica un modelo de desarrollo iterativo, basado en un proceso de 4 partes: análisis, diseño, código y prueba. Este modelo permite alcanzar resultados cada vez mejores a medida que se progresa en el desarrollo del proyecto.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: en el capítulo 1 se presenta el planteamiento del problema, objetivos del proyecto, justificación, alcances y limitaciones del mismo; en el capítulo 2 se describen los aspectos metodológicos; en el capítulo 3 se explica el marco de referencia; en el capítulo 4 se describe el diseño de la solución, con los detalles de cada proceso elaborado en el desarrollo del proyecto. Los resultados obtenidos se recopilan y explican en el capítulo 5. A partir de estos resultados se obtienen algunas conclusiones y recomendaciones que se presentan en el capítulo 6. Además, se encuentra un apartado de anexos con ejemplos de encuestas y demás actividades que hacen parte del proceso de desarrollo del proyecto.

## 1. Planteamiento Del Problema

### 1.1. Descripción del problema

El ser humano a lo largo de la historia ha intentado comprender su entorno y cómo lo percibe a través de sus sentidos. Como afirma el profesor Ronaldo Ángel en su tesis de grado en 2008, la música ha ayudado al hombre a entender su entorno y expresarlo a través de sonidos y se ha convertido en parte de su quehacer cotidiano. (Ángel, Camus, & Mansilla, 2008). Utilizar los recursos de software y hardware de manera creativa, original y con algún tipo de orden es también una forma de expresión, de cierto modo, artística y con un propósito de comunicación.

La importancia de la música en la vida humana se debe en parte a los beneficios que aporta en el desarrollo psicomotriz, las relaciones interpersonales, la inteligencia emocional, entre otros. No en vano Platón decía “¿Qué educación conviene darles? Es difícil a mi juicio darles otra mejor que la que está en práctica entre nosotros, y que consiste en formar el cuerpo mediante la gimnasia y el alma mediante la música” (Jowett, 1888). Por tal razón, desde tiempos de la antigua Grecia el aprendizaje musical ha tenido cabida en el pensum de nuestras academias, brindando beneficios y aportando a la evolución del pensamiento del ser humano, incluso Howard Gardner en su teoría de las inteligencias múltiples (Gardner, 1993) incluye la música como una de las ocho inteligencias, (Inteligencia lingüística, musical, lógica matemática, espacial, corporal — kinestésica, intrapersonal, interpersonal, naturalista). Es por esto, por lo que nace este proyecto con un interés particular en el aprendizaje rítmico y las herramientas tecnológicas actuales.

En la actualidad en Colombia, la formación musical informal presenta varias dificultades, principalmente porque el máximo acercamiento musical que los niños y jóvenes pueden tener en la escuela se da en la banda, donde el director, debe ser también el profesor de música, por lo cual, no todos los estudiantes logran tener una buena formación básica musical. Algunos maestros han puesto en práctica métodos de formación como el método *Yamaha Advantage*, a través del cual se espera que los estudiantes puedan desarrollar bases en teoría musical, ya sea, a partir de las cartillas o las aplicaciones web del método (López Toro, 2016). Sin embargo, los estudiantes presentan dificultades para comprender y leer compases diferentes a 4/4 y en general la lectura de las cartillas se dificulta al no estar en español y requerir traducción o interpretación por medio de imágenes, lo cual es solo un ejemplo de la necesidad de desarrollar herramientas tecnológicas e interactivas gratuitas para facilitar el desarrollo y el aprendizaje del arte de la música en los niños, especialmente de teoría de ritmo musical.

## **1.2. Formulación del problema**

La implementación de un sitio web que apoye el aprendizaje rítmico musical, estimulará y fortalecerá el desarrollo de habilidades musicales en niños de 4 a 12 años al incrementar las posibilidades de acceso a la teoría musical de forma interactiva con prácticas retroalimentadas a través de un *multipad* construido con un teclado o Arduino.

## **1.3. Justificación**

Las dificultades de la formación musical en Colombia identificadas a lo largo de la descripción del problema además de lo expuesto por Julián Suárez en su tesis de grado de 2018, el cual plantea que el uso de métodos de enseñanza de teoría básica musical por parte de algunos docentes

escolares se ha presentado como una solución a la necesidad de brindar la posibilidad a cada estudiante de tener una formación musical inicial, sin la obligación de depender totalmente del acompañamiento de un maestro, debido a la cantidad de responsabilidades que deben cumplir los docentes de música en la mayoría de los colegios y escuelas colombianas (Suárez Sánchez, 2018). Sin embargo, la aplicación de estos métodos tradicionales a través de cartillas ilustrativas, no han resultado totalmente eficientes, dejando grandes dudas en los estudiantes y vacíos en su formación, identificando dificultades para comprender diferentes tipos de compases y otros aspectos de la teoría de ritmo musical en las clases colectivas que los docentes llevan a cabo, sin contar con la falta de práctica que es tan esencial en toda formación musical. Esto ha expuesto la necesidad de hacer uso de herramientas tecnológicas que ofrezcan fácil acceso a los estudiantes y que permita poner en práctica los conocimientos musicales adquiridos. Para esto, algunos docentes de música han intentado trabajar con el método Online de Yamaha Advantage, el cual, ha ofrecido mejores resultados, pero no es económicamente muy accesible para todos debido a su alto costo (López Toro, 2016).

Con base en estas experiencias de la educación musical para los niños en Colombia, se identifica la importancia de desarrollar una herramienta tecnológica, como un sitio web de aprendizaje rítmico gratuito, que presente los conocimientos básicos relacionados a este apartado de la música de manera didáctica y clara. Se identifica también la necesidad de tener una herramienta que permita a través de interacciones con dispositivos de entrada como el teclado o un *multipad*, poder practicar patrones rítmicos, evaluando la precisión de estas interacciones y se dé una retroalimentación por cada golpe realizado.

Este sitio web de aprendizaje rítmico beneficia a entusiastas y estudiantes de música que quieran obtener los conceptos básicos de ritmo, además de darles una herramienta para practicar sus ejercicios de patrones rítmicos, todo esto de manera gratuita y disponible en internet. Esta herramienta utiliza planes de hosting gratuitos en la nube, por lo que no se generan costos en su funcionamiento. El sitio web gratuito beneficia también a docentes que quieran apoyarse en él, utilizándolo como soporte en sus clases, requiriendo únicamente un computador con conexión a internet y un teclado, por lo que los estudiantes no incurrirán en costos adicionales para complementar su aprendizaje.

Como segunda parte del proyecto, se propone construir un módulo Arduino que permita interactuar con la aplicación a través de baquetas, el cual se entrega con los planos, el código y el tutorial de construcción. Al dar un paso adelante en herramientas de aprendizaje interactivo haciendo uso de tecnologías para juegos, desarrollo web, programación en Arduino y construcción de circuitos básicos, se logra entregar un sitio web que integre soluciones de tecnología enfocadas en el aprendizaje y su población objetivo.

Económicamente, el acceso a una aplicación web gratuita expone verdaderas ventajas sobre otros métodos tecnológicos que tienen un costo para su acceso, como el caso de *Yamaha Advantage* (Playing Time Productions, 2020), la aplicación *Oído Perfecto* (Moncada, 2020) o aplicaciones gratuitas cargadas de publicidad. Además, frente a la enseñanza por parte de un docente personalizado, los costos son igualmente menores, ya que, el acceso a la plataforma propuesta es gratuito y solo requiere costos de acceso a internet y un computador, que, si bien significan un costo, son herramientas que tienen múltiples usos en la actualidad y no implican pagos por cada

sesión de práctica como si lo requiere un docente personalizado haciendo acompañamiento en periodicidades diarias o cercanas a estas.

El desarrollo de este sitio web aporta a los profesionales y futuros pedagogos herramientas para facilitar los métodos de enseñanza aplicando tecnología. Como ingenieros de sistemas brinda la posibilidad de ejecutar un proyecto desde su planeación hasta su culminación pasando por todas las etapas de ingeniería de software, además de todo el conocimiento que se adquiere en las herramientas que se utilizan para desarrollo web y desarrollo de juegos.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general.**

Implementar un sitio web que apoye la práctica rítmica y apropiación de conceptos básicos de ritmo de manera autónoma para estimular y fortalecer el desarrollo de habilidades musicales en niños entre 4 y 12 años, retroalimentando al practicante en la ejecución de patrones rítmicos ejecutados en un teclado o *multipad* basado en Arduino.

### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- Desarrollar un sitio web con herramientas de juego para la práctica rítmica básica en Google Chrome que funcione en conjunto con un teclado o *multipad* sugerido, permitiendo ejecutar patrones rítmicos básicos y editables.
- Brindar retroalimentación inmediata de la precisión de cada golpe dado por el practicante, calculando la diferencia de tiempo entre el ejecutado y el esperado.

- Crear una guía multimedia disponible dentro del sitio web que muestre el paso a paso de la construcción de un *multipad* basado en un teclado o un Arduino.
- Presentar las definiciones multimedia de los conceptos básicos de ritmo (pulso, velocidad, compás, BPM, figuras musicales) de forma multimedia y adaptada para niños a no más de dos clics de la página de inicio.

### **1.5. Alcance y limitaciones del proyecto**

Se propuso crear un sitio web donde existe un módulo que presente los conceptos rítmicos básicos de manera audiovisual (pulso, velocidad, compás y figuras musicales); cada definición se muestra con una breve descripción, y un ejemplo, ya sea como imagen y/o video, clarificando cada concepto teniendo en cuenta la población objetivo.

Como segunda parte se propuso un módulo que permite ejecutar un determinado patrón rítmico en una línea de tiempo; este módulo evalúa la precisión de cada golpe y da una puntuación dependiendo de la precisión (perfecto, bueno, regular, malo).

Se planteó crear un *multipad* Arduino con 4 diferentes pads los cuales simulen un teclado con 4 teclas (A, F, J, L) para interactuar con la aplicación fácilmente desde la web y no hacer ninguna configuración extra, cada pad tiene un tamaño de 5cm x 5cm de forma cuadrada.

#### **1.5.1. Alcance.**

La aplicación cuenta con dos módulos y un componente de hardware en Arduino:

- Módulo 1. Términos y definiciones multimedia: en este módulo se presentan páginas informativas enseñando los conceptos de pulso, velocidad, compás y figuras.
- Módulo 2. Práctica de patrones rítmicos: en este módulo se entrega una herramienta de software que permite evaluar la precisión de los golpes del usuario en un patrón a un ritmo determinado basado en una velocidad dada, la cual puede variarse desde los parámetros del ejercicio.
- Módulo 3. Guía de construcción de un multipad Arduino: en este módulo se presenta la guía paso a paso con código fuente y diagramas para la construcción de un multipad basado en Arduino o un teclado con 4 pads que permite al usuario tocar los ritmos que se presentan en pantalla, su función será la de transmitir al aplicativo los golpes que se dan en cada uno de los pads.

Este sitio se implementa aplicando tecnologías de desarrollo web, desarrollo de videojuegos y desarrollo para circuitos Arduino, las cuales se encuentran descritas a detalle en el capítulo de desarrollo.

### **1.5.2 Limitaciones.**

- No se brinda soporte y mantenimiento a la aplicación y componente de hardware Arduino después de implementada.
- La aplicación no entrega certificaciones sobre el aprendizaje realizado.
- La aplicación no realiza gestión específica de cada uno de los usuarios.
- La aplicación entrega solo nueve patrones rítmicos para la práctica los cuales pueden ser editados a gusto del estudiante.

- Con respecto al componente de hardware (Arduino), no se entrega ningún dispositivo de hardware. Se entrega gratuitamente la guía visual de elaboración, junto con el código requerido y el diagrama.
- Los usuarios que ingresen a la aplicación aprendizaje musical rítmico con Rhythme, sólo pueden hacer uso de la opción práctica (Player) si cuentan con un teclado, un multipad basado en teclado o el multipad Arduino sugerido.

## **2. Metodología**

El presente proyecto se implementa en varias versiones aplicando una metodología iterativa cuyo proceso consta de 4 fases: análisis, diseño, codificación y prueba (Calvo-Valverde, 2015); este modelo es ejecutado por actividades de especificación, desarrollo y validación; haciendo que el sistema se desarrolle de manera continua en una serie de versiones agregando incrementos, llevando a que cada versión que se trabaje contenga una parte de funcionalidad nueva de la aplicación más la versión anterior (Sommerville, 2011). La metodología iterativa implica que cada iteración cumpla un número de etapas descritas a continuación.

### **2.1. Etapas**

Para el desarrollo de los componentes de software y hardware de este proyecto, se operacionalizan los objetivos planteados obteniendo como resultado la metodología conformada por 5 etapas:

#### **2.1.1. Análisis de necesidades.**

En esta etapa se procede a establecer los requerimientos obtenidos a través de la técnica de entrevistas, realizadas a tres músicos especializados en enseñanza rítmica, a niños entre 4 y 12 años, para ser documentados usando historias de usuario.

#### **2.1.2. Diseño del software y hardware.**

La etapa de diseño inicia con la evaluación de las historias de usuario, esto nos permite generar los correspondientes mockups que describen gráficamente la interfaz de usuario del sitio web. Se

construye la vista arquitectónica generando los diferentes diagramas y se diseña el circuito a crear para el multipad Arduino.

### **2.1.3. Codificación del software.**

La elaboración del sitio web se realiza en lenguaje JavaScript con la librería React y phaser.io como librerías directrices del desarrollo. Se realiza por módulos en un grupo de trabajo constituido por dos desarrolladores durante 16 semanas. Para el manejo de las versiones del código fuente se utiliza Git publicando el proyecto en el sitio GitHub.

### **2.1.4. Validación.**

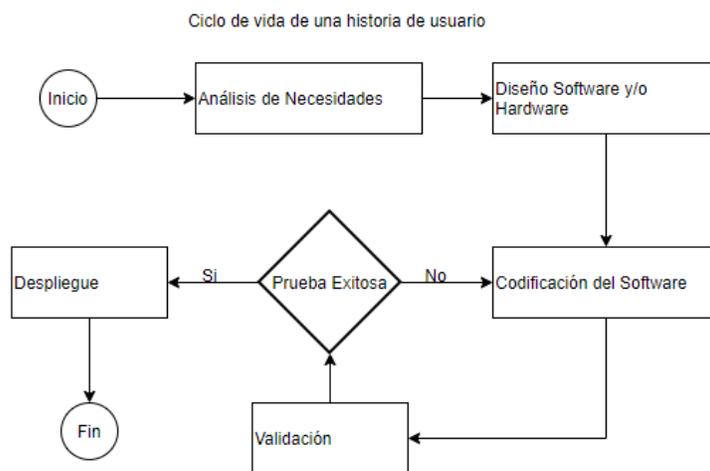
Se realizan pruebas funcionales y de integración entre los componentes de software y hardware para garantizar su correcto funcionamiento.

### **2.1.5. Despliegue de la solución.**

Se despliega la aplicación en la plataforma *Firebase*, la cual permite compartir el sitio web sin incurrir en costos de mantenimiento para un tráfico moderado (almacenamiento 10 GB - transferencia 360 MB/día).

La metodología aplicada se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Diagrama metodología de modelos iterativos.



Fuente: elaboración propia.

## 2.2. Actividades

Cada una de las etapas incluye diferentes actividades y productos que se describen a continuación.

### 2.2.1. Análisis de necesidades.

En la etapa de análisis de necesidades se realizan actividades como: entrevistas, selección de información y la creación de las historias de usuario.

- Entrevistas a docentes: se realizaron entrevistas con músicos seleccionados para recolección de información relacionada con los métodos de enseñanza, el uso de herramientas tecnológicas en sus clases, y las necesidades y falencias que han observado en sus estudiantes en cuanto a conocimientos de teoría de ritmo musical y las herramientas digitales disponibles.

- Selección de información: clasificación y priorización de la información recolectada.
- Historias de usuario: creación de las historias de usuario con base en la información recolectada de las entrevistas y las funcionalidades propuestas en el proyecto.

Derivado de estas tareas se obtuvieron los siguientes productos:

- Documentos de entrevistas a docentes.
- Listado de conceptos a implementar en el portal.
- Historias de usuario.

### **2.2.2. Diseño de solución.**

El diseño de solución es una etapa en la que se genera el diseño arquitectónico y el diseño de la interfaz de usuario usando mockups, además de la recolección de información sobre los conceptos básicos de teoría musical que se presentan en el sitio web.

- Mockups: se realizó el diseño de cada una de las interfaces.
- Recolección de información: se procedió a recolectar información sobre teoría básica musical, como las definiciones de los conceptos iniciales de ritmo
- Diseño arquitectónico: se diseñaron los componentes y la interacción entre ellos (software y hardware).

Como resultado de estas actividades se obtuvieron:

- Mockups.
- Refinación de historias de usuario a partir del diseño de la interfaz de usuario.

- Definiciones de los conceptos, libretos y textos a usar en el sitio web.
- Diagrama de componentes.

### **2.2.3. Codificación del software.**

La etapa de codificación del software consiste en implementarlo en el lenguaje de programación seleccionado y escribir la documentación de la solución.

- Codificación: se realizó la transformación de las historias de usuarios aplicando el lenguaje de programación seleccionado.
- Manual de usuario: se elaboró el manual de usuario con la información detallada del funcionamiento del software, la interacción del usuario, tanto para el componente de software como el hardware.
- Manual Técnico: se elaboró el manual técnico, es la guía que contiene los conocimientos técnicos para quienes realicen el soporte en la aplicación, dará a conocer los requerimientos mínimos y la estructura para la construcción del software y el multipad en Arduino. Adicionalmente muestra las herramientas necesarias que se requieren para la construcción y el funcionamiento del sistema.

Derivado de estas tareas se lograron los siguientes productos:

- Código fuente del software.
- Manual de usuario.
- Manual técnico.
- Diagrama de conexión para el multipad Arduino.

#### **2.2.4. Pruebas funcionales y de integración entre los componentes de software y hardware.**

En esta etapa de pruebas se realizaron las siguientes tareas:

- Pruebas Funcionales: se realizan las respectivas pruebas tanto manuales como automatizadas para comprobar la funcionalidad del sitio web según las definiciones y los criterios de aceptación de las historias de usuario.
- Pruebas de sistema: se realizan pruebas de sistema con un usuario.

Como derivado de estas actividades los productos obtenidos fueron:

- Documento con el plan de pruebas.
- Documento con los resultados de las pruebas funcionales.
- Documento con los resultados de la validación del sitio web desplegado en el hosting de *Firebase*.

#### **2.2.5. Despliegue de la solución.**

En la etapa de despliegue de la solución se realizaron las siguientes tareas:

- Gestión de la configuración: se realizó el proceso de control de versiones.
- Despliegue del sitio web: se realizó el despliegue del sitio web en servidor Firebase el cual es de acceso público.

### **3. Marco De Referencia**

#### **3.1 Marco teórico**

La música y el ingenio son aspectos fundamentales de este proyecto de innovación, debido a que complementan y contribuyen a la estimulación y desarrollo del aprendizaje de los niños (Gardner, 1993). Por este motivo, es importante contemplar el apoyo teórico, el cual permite tomar bases sólidas que apoyen al mejoramiento y desarrollo de las habilidades neurolingüísticas, teniendo en cuenta los principios fundamentales de la música, para brindarles a los niños destrezas imaginativas y motoras.

En términos de innovación, este proyecto propone generar un beneficio educativo para la población objetivo reuniendo y aplicando las teorías relacionadas con tres diferentes aspectos. En primer lugar, la propuesta se basa en la importancia de la música y de la estimulación de habilidades musicales en el desarrollo intelectual de los niños según lo propuesto por Gardner en 1993. Por otro lado, la implementación de métodos de aprendizaje autónomo consiste no solo en un aspecto básico del aprendizaje, sino también en el desarrollo de la autonomía intelectual, esencial en la preparación de cada persona para la toma de decisiones y el razonamiento propio (Piaget, 1991). Por último, como medio para enlazar, tanto la importancia de la música como del aprendizaje autónomo en la formación educativa de los niños, se consideran los aportes, ventajas y beneficios de la implementación de herramientas tecnológicas para fortalecer estos aspectos con base en autores como Edel-Navarro, 2010.

Los aspectos teóricos para tener en cuenta en este proyecto incluyen la importancia de la música en la sociedad y en el desarrollo intelectual de los niños, la autonomía intelectual y su valor

en el proceso de aprendizaje y la tecnología como herramienta de apoyo para el desarrollo de habilidades intelectuales. Además, se incluyen conceptos básicos de la teoría musical, las definiciones y características de las herramientas a utilizar en el diseño y programación del sitio web y el multipad Arduino.

### **3.1.1. La música, la autonomía y la tecnología en el desarrollo intelectual.**

La música es conocida como un lenguaje artístico al alcance de todos, esto debido a que es representable en un sistema de signos coherentes, los cuales en la música occidental son escritos en partituras con estructuras y reglas claras que permiten transmitir cómo se deben generar los sonidos para obtener una canción en particular (Kárloyi, 2003). La música actualmente se utiliza como una estrategia para la función de la pedagogía, los niños cuando se expresan muestran sensibilidad al demostrar dichas manifestaciones musicales, tal como lo expone Lucato en el método de Kodály "En la vida de un niño la experiencia musical decisiva aparece entre los seis y los dieciséis años. Durante esta época de crecimiento es cuando es más receptivo y cuando muestra mayor talento" (Lucato, 2001).

Por otro lado, según Gardner, la música, principalmente la de Mozart, contribuye a la estimulación del cerebro en la estructura de lo razonable, es decir en el neocórtex. Además, a lo largo de la historia en diferentes circunstancias se ha demostrado que se puede adoptar con facilidad en diferentes programas contemporáneos el uso de la música en procesos de aprendizaje, tal como se ha venido realizando en diferentes institutos en Filadelfia, donde se afirma que es posible enseñar diferentes habilidades escolares en los niños que apenas están en sus primeros

pasos o incluso los que han llegado a sufrir daños cerebrales utilizando la música como herramienta (Gardner, 1993).

La música como arte se viene revelando como contribución social, debido a que esta se ha creado a lo largo de la historia y ha acompañado cada una de las épocas de la humanidad. Este arte ha sido creado por grupos de personas de diferentes culturas, roles sociales alrededor del mundo, edades, idiomas e incluso estratos sociales; esto hace que se genere una interacción entre los participantes de los grupos y así mismo generan efectos y emociones en un determinado público, como lo expresan Hormigos et al (2004) en su artículo sobre la construcción de la identidad juvenil a través de la música. Este fenómeno musical no solo representa un valor importante por lo cultural, si no por los efectos de emociones transmitidas como: la alegría, tristeza, dolor, emancipación, libertad, sometimiento, pasión, amor y en general cada uno de los posibles sentimientos asociados al ser humano. Esto estimula la vida y la interacción social.

Finalmente, se ha considerado que la música presenta diversos engranajes de carácter social, se inserta profundamente en la colectividad humana, recibe múltiples estímulos ambientales y proporciona nuevas relaciones entre los hombres (Ángel, Camus, & Mansilla, 2008).

Según Piaget, 2001, la autonomía intelectual permite a una persona pensar en sentido crítico analizando diferentes puntos de vista para tomar decisiones o posiciones respecto a una situación. La autonomía se estimula a través de actividades que permitan la implementación de decisiones propias a la hora de actuar, como en el caso de decidir horarios e intensidad de estudio. Se desarrolla autonomía cuando se aplica gobernabilidad sobre sí mismo, cuando se adoptan puntos de vista propios con base en fundamentos, construcciones y razonamientos adquiridos ya sea por

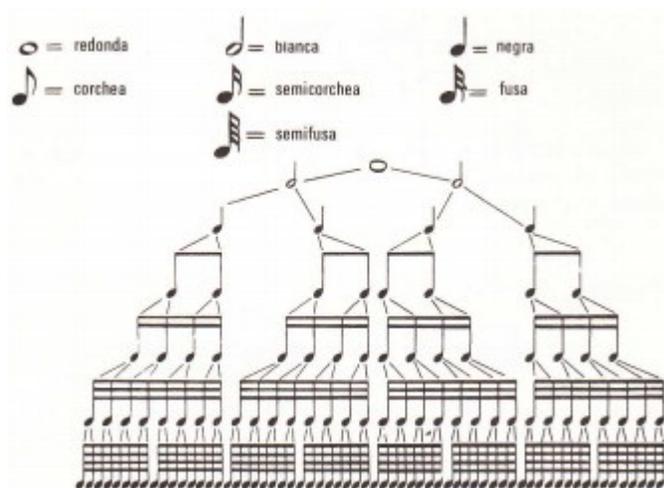
experiencia o a partir de un proceso educativo, para negociar, brindar soluciones o dar una solución, lo cual es esencial en la vida de cada persona y debe fortalecerse y estimularse desde etapas tempranas de formación. Una gran utilidad de la autonomía intelectual es la conciencia que se genera en cada uno sobre los propios procesos de aprendizaje y comprensión, aprendiendo la forma en que funcionan sus procesos mentales para mejorar los métodos de estudio de forma personal, que permitan mejorar los resultados de aprendizaje (Piaget, 2001).

La implementación de herramientas tecnológicas juega un papel fundamental, tanto en el desarrollo de la autonomía intelectual en las personas como en la facilitación de acceso a la educación para una amplia población. Los espacios virtuales de aprendizaje tienen un potencial transformador de los entornos académicos, con base en su capacidad para mediar las relaciones entre profesores, estudiantes y contenidos, facilitando las interacciones y el acceso a la información (Edel-Navarro, 2015). Por otra parte, al hacer uso de herramientas tecnológicas en un proceso de aprendizaje, se amplía la posibilidad de que cada persona aprenda conceptos y desarrolle destrezas de manera distinta, a su propio ritmo y bajo sus propias experiencias, teniendo en cuenta que el aprendizaje es más efectivo cuando es experimental. En el contexto del aprendizaje, la autonomía consiste en planificar actividades con metas trazadas, monitorear el desempeño en cada actividad, evaluarse constantemente y valorar el proceso y resultado de aprendizaje, lo cual es una de las ventajas ofrecidas por los espacios virtuales de aprendizaje (Rodríguez Ruíz, 2014).

### 3.1.2 Teoría básica musical.

Debido a que la música transcurre en el tiempo, esta debe tratarse en función de su duración. Para esto se implementan notas o figuras, (redonda, blanca, negra, corchea, semicorchea, fusa y semifusa), las cuales indican la longitud del sonido. La figura de mayor duración es la redonda y se considera la unidad básica de longitud. Esta figura a su vez se divide en 2 blancas, 4 negras, 8 corcheas, 16 semicorcheas, 32 fusas y 64 semifusas como se puede visualizar en la figura 2 (Kárloyi, 2003).

*Figura 2. Duración relativa de las figuras.*

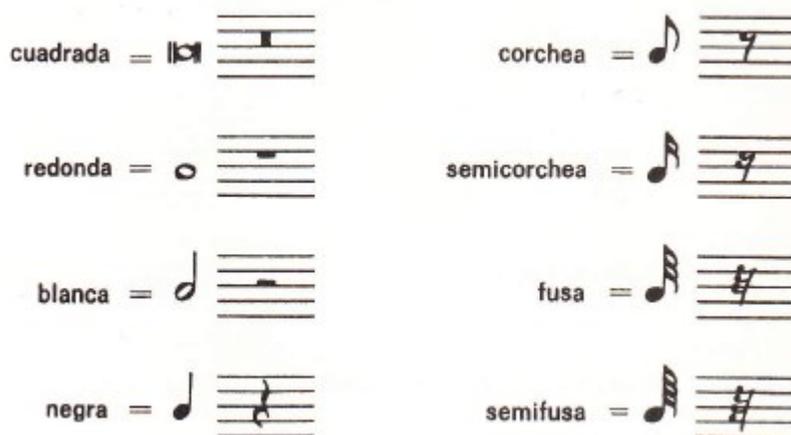


*Fuente: imagen tomada de: Károlyi, 2003*

Adicional a las figuras, existen otros símbolos que también dan indicaciones sobre la duración del sonido. Por ejemplo, los puntillos que añaden la mitad de la duración de la figura a la que se le indique, la ligadura que une dos figuras y que equivale a sumar la duración de las dos figuras unidas, y el calderón que permite al intérprete darle la duración deseada a la nota. Cada figura tiene

su correspondiente silencio, el cual tiene la misma duración que ella, e indica una pausa en el sonido como se observa en la figura 3 (Kárloyi, 2003).

*Figura 3. Silencios correspondientes a cada figura.*



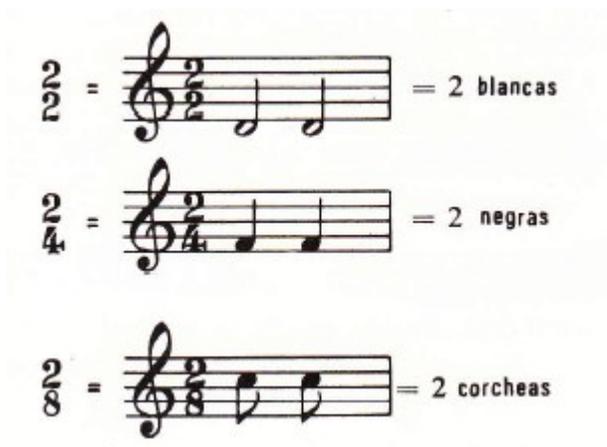
*Fuente: imagen tomada de: Kárloyi, 2003*

En la música, el concepto de tiempo es un sinónimo de medida y usualmente corresponde a las divisiones de un compás. El ritmo está íntimamente ligado a cualquier movimiento que se repita con regularidad en el tiempo y se describe como un pulso regular; un tiempo o la sucesión de figuras musicales, que suele aparecer en grupos de dos o tres y en diferentes combinaciones compuestas (Alba, 19--). El primer tiempo del grupo es el acento y para separar un acento del siguiente, se usa el compás, definido como una pequeña porción de tiempo dividida en partes iguales, indicado como una línea vertical que atraviesa el pentagrama. En un compás hay tiempos fuertes y tiempos débiles y esto depende de cuántos tiempos vale el compás (Kárloyi, 2003).

Para indicar los grupos en los que se conforman los compases o a cuántos tiempos equivale cada compás, se usan unas indicaciones al inicio del pentagrama, las cuales se componen de dos

números, uno sobre el otro, donde el número de abajo indica la figura de referencia y el número de arriba indica cuántas de estas figuras o su equivalente deben ir en cada compás. El número que indica la figura de referencia se establece con base en las veces que esta cabe en una redonda, como lo presenta la figura 4 (Alba, 19--).

*Figura 4. Indicaciones de los tiempos de cada compás.*



*Fuente: imagen tomada de Károlyi, 2003*

La velocidad a la que se debe interpretar una pieza musical se indica en la parte superior de la pantalla, la partitura, mostrando cuántas negras se deben tocar por minuto. Por ejemplo, si dice que una negra es igual a 76, indica que se deben tocar 76 negras en 1 minuto. Para marcar esta velocidad a la hora de interpretar una partitura suele usarse un metrónomo, que es una herramienta que a través de estímulos visuales o acústicos marca el pulso de la obra en ejecución según como se programe (Alba, 19--).

### **3.1.3 Cálculo de la precisión.**

Esta precisión se obtiene de medir la diferencia de tiempo entre el momento esperado del golpe y el momento real en el que se da (delta tiempo) como se observa en la Tabla 1. Luego esta

diferencia se compara contra los BPM y no debe superar el tiempo de un beat: por ejemplo, para un BPM de 60 se distribuye la escala uniformemente en un segundo, esta puntuación se informa al usuario inmediatamente de manera gráfica.

*Tabla 1. Determinación del patrón.*

<b>Calificación</b>	<b>Delta Tiempo desde</b>	<b>Delta tiempo hasta</b>
<b>Malo</b>	>-1 pulso	-0.75 pulso
<b>Regular</b>	-0.749 pulso	0.5 pulso
<b>Bueno</b>	-0.49 pulso	-0.25 pulso
<b>Excelente</b>	-0.249 pulso	0.249 pulso
<b>Bueno</b>	0.25 pulso	0.49 pulso
<b>Regular</b>	0.5 pulso	0.749 pulso

*Fuente: elaboración propia.*

### **3.1.3 Elementos para el diseño y desarrollo del sitio web y multipad Arduino.**

Este sitio web aplica tecnologías de videojuegos y desarrollo web dentro de los cuales se encuentran Node.js, React, Phaser.io y GitHub. Para la programación de software, una de las plataformas más ligeras y eficientes para la construcción rápida de aplicaciones es Node.js un runtime de JavaScript (Cántenlo et al, 2014), que además cuenta con diferentes librerías para crear interfaces de usuario interactivas de forma sencilla, la principal de ellas es React (Facebook Inc, 2020). Por otro lado, las versiones de código generadas en el proceso de desarrollo fueron almacenadas y controladas a través de GitHub, el sitio web que facilita el uso de Git (Dabbish et al 2012).

Para el desarrollo del software se usó como base Arduino, una plataforma de uso libre, en la que es posible crear programas con diferentes tipos de aplicaciones y conectar diversos sensores y actuadores de manera muy práctica y sencilla. Es por esto que con esta plataforma se puede crear el multipad, utilizando una placa base de Arduino en cualquiera de sus presentaciones, desde Arduino micro hasta Arduino mega. La codificación necesaria para el funcionamiento fue realizada utilizando la herramienta disponible en el sitio web oficial de Arduino [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc), el conocido Arduino IDE.

Recordemos que la placa de Arduino está compuesta por una PCB (“*Printed Circuit Board*”, “Placa de Circuito Impreso”), la cual consta de múltiples capas y componentes de montaje superficial, donde se encuentra un microcontrolador reprogramable, un puerto de alimentación y/o comunicación, unos puertos de entradas y salidas y en algunos casos, Leds como indicadores de estado (Arduino, 2020). Esto se ajusta perfectamente a lo requerido para el desarrollo del multipad propuesto en el presente proyecto.

- **JavaScript:** lenguaje de programación basado en prototipos orientado a objetos débilmente tipado y dinámico (EcuRed, 2020).
- **React:** biblioteca de desarrollo JavaScript diseñada para facilitar el desarrollo de aplicaciones de una sola página manejando solamente la interfaz de usuario basada en componentes (React, 2020).
- **Redux:** biblioteca de desarrollo JavaScript para el manejo del estado de la aplicación como una única fuente de verdad con un estado global e inmutable. Con esta librería se controla el flujo de la información de una manera sencilla y controlada (Redux, 2020).

- **Reactstrap:** librería de desarrollo que permite usar Bootstrap dentro de componentes React como componentes reutilizables (ReactStrap, 2020).
- **React-fontawesome:** librería de componentes utilizables dentro de componentes *react* para la presentación de íconos SVG fontawesome (Fontawesome, 2020).
- **Phaser.io:** framework 2D usado para crear juegos en HTML5, usando Canvas y WebGL para el renderizado y JavaScript/TypeScript como lenguaje de programación (Phaser, 2020).
- **Firebase:** plataforma para el desarrollo de aplicaciones web y móviles desarrollada por Google. Esta plataforma permite almacenar las aplicaciones web, las bases de datos y las funciones en la nube, por lo que no se requiere un servidor local para el desarrollo y soporte de la aplicación (Google, 2020)
- **Selenium-Katalon:** es una biblioteca de pruebas de software que provee las características de grabar y reproducir sin la necesidad de utilizar lenguajes de scripting para pruebas. Esta biblioteca usando el IDE *Katalon*, facilita el manejo la creación y ejecución de pruebas funcionales automatizadas puesto que cuenta con una interfaz amigable y de fácil uso, permitiendo así obtener validaciones del correcto funcionamiento del sistema. De igual manera, se logra identificar las oportunidades de mejora y fallas que presente el software. (Selenium, 2020).

### 3.2 Antecedentes o estado del arte

En cuanto a proyectos de innovación tecnológica orientados a la educación musical en Colombia, existen algunas propuestas del Ministerio de Cultura de Colombia, como el portal Viajeros del Pentagrama o la aplicación Tética y Anacrúsica a la carrera (MINCULTURA, 2019).

El portal *Viajeros del Pentagrama* es una estrategia de apoyo a formación musical puesta en una aplicación web, implementada por el Ministerio de Cultura de Colombia en el año 2019. Esta brinda herramientas de enseñanza musical enfocados a su aplicación en el aula, donde los estudiantes encuentran ejemplos de una clase y los recursos con los que se puede apoyar un docente para enseñar música, pero principalmente para que los niños adquieran un refuerzo en esta área de manera autónoma. Una de las características de esta plataforma es que está diseñada para ser usada en las escuelas de básica primaria del país de forma gratuita. Se encuentran herramientas didácticas como: recursos de piano, flauta, juegos interactivos de música y ritmo, tutoriales para aprender a crear sus propios instrumentos, entre otros. Esta plataforma está más enfocada como un apoyo pedagógico para los docentes, la cual permite enseñar esta asignatura de música a niños de cinco a once años, con contenidos y una metodología de fácil uso y divertida (MINCULTURA, 2019).

Por otro lado, también se encuentra la aplicación Tética y Anacrúsica a la carrera, al igual que la aplicación web Viajeros del Pentagrama creada por el Ministerio de Cultura de Colombia. Este videojuego está enfocado a enseñar a los niños la diferencia entre las melodías téticas (que inician en el primer tiempo del compás) y anacrúsicas (que inician en un tiempo débil del compás), destinado a la diversión y el aprendizaje. Es una aplicación diseñada para dispositivos móviles con sistema operativo Android; actualmente disponible en su última versión para Android TV y Tablet.

Su metodología es acompañar a sus personajes en un viaje espacial para comprender todo lo relacionado con estas melodías. A medida que el niño (usuario) va jugando, puede ir observando qué melodía suena, generando así una relación entre el sonido y la visualización de las notas musicales. El principal objetivo de este videojuego es estimular el desarrollo del aprendizaje a través de la relación entre el audio y la escritura (Ministerio Cultura de Colombia, 2019).

Actualmente no se conoce la existencia de plataformas que cuenten con la implementación de un dispositivo físico en hardware, o solo se encuentran plataformas similares dirigidas al apoyo de las clases y acompañamiento de un docente. Esto hace que surja la idea de la aplicación “Aprendizaje Musical Rítmico Con Rhythme, Tus Primeros Pasos Musicales” para brindar un acompañamiento directamente al usuario (aprendiz), sin la necesidad de un tutor, mostrando patrones musicales precisos y garantizando un aprendizaje directo y de calidad. En la tabla 2 se puede observar un comparativo de las diferentes aplicaciones, con relación al objetivo, tema, población, método y costo.

*Tabla 2. Comparación de aplicaciones.*

	<b>Viajeros del Pentagrama</b>	<b>Tética y Anacrúsica</b>	<b>Rhythme</b>
<b>Objetivo</b>	Apoyo pedagógico para docentes en enseñanza musical con enfoque de aplicación en el aula.	Estimular el desarrollo del aprendizaje a través de la relación entre el audio y la escritura en un videojuego.	Apoyo en la práctica de conceptos de ritmo y en el desarrollo de habilidades musicales.
<b>Tema</b>	Piano, flauta, juegos de música y ritmo y creación de instrumentos.	Teoría de melodías téticas y Anacrúsica	Teoría básica musical: Ritmo

Tabla 3. Comparación de aplicaciones (continuación...).

	<b>Viajeros del Pentagrama</b>	<b>Tética y Anacrúsica</b>	<b>Rhythme</b>
<b>Población</b>	Niños de 5 a 11 años	Niños	Niños de 4 a 12 años
<b>Método</b>	Herramientas didácticas y divertidas para explorar conceptos y métodos sobre diferentes instrumentos.	Videojuego en aplicación para Android en donde hacen un recorrido con un personaje mientras aprende el tema de interés.	Sitio web con herramientas de juego para practicar patrones rítmicos con un teclado o multipad que mejora la experiencia de práctica y retroalimentación.
<b>Costo</b>	Gratuito	Gratuito	Gratuito

*Fuente: elaboración propia.*

### 3.3 Marco legal

En la actualidad, referirse al ámbito de la música, no se trata solo de los términos que la componen; en la política cultural se ha venido fortaleciendo a las artes, en especial a la música, reconociendo su valor simbólico, expresiones y su representatividad en la población. A continuación, se contemplan las diferentes normas legales en el entorno cultural y académico musical y los parámetros legales que rigen el arte musical. Además, se contemplan las principales leyes que van ligadas al presente proyecto de innovación, con el fin de preservar el tratamiento de los datos personales, derechos de autor o Copyright. En las modalidades de desarrollo se hará uso de software libre, freeware y shareware. El componente hardware será en Arduino y no se contempla ninguna ley ni licenciamiento para su uso.

### **3.3.1. Ley estatutaria 1581 del 17 de octubre de 2012.**

“Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales.” El artículo 1° indica que su principal objeto es fomentar el derecho constitucional que tienen todas las personas a conocer, actualizar y rectificar las informaciones que hayan recolectado sobre ellas, esto hace referencia al ser almacenada en bases de datos o archivos, adicional a esto, explica los demás derechos, libertades y garantías constitucionales a la que hace referencia en el artículo 15 en la Constitución Política (Ley estatutaria 1581, 2012); por consiguiente el presente proyecto de innovación se debe regir bajo la ley mencionada, debido a que se contempla el ingreso de usuarios en la plataforma web, pero no un registro.

### **3.3.2 Ley 1915 de 12 de julio de 2018.**

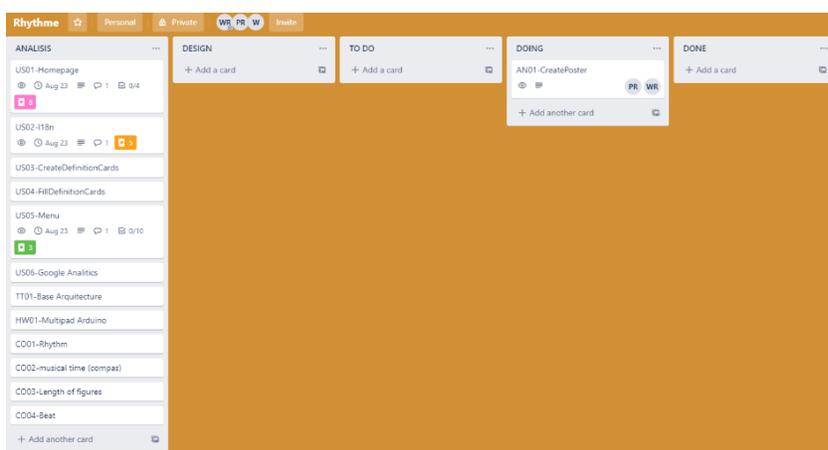
“Por la cual se modifica la ley 23 de 1982 y se establecen otras disposiciones en materia de derecho de autor y derechos conexos.” (Ley No 1915, 2018), la presente ley recibe la denominación de propiedad intelectual debido a que es la encargada de la protección de los derechos de autor, preservar todo ingenio humano dentro de los ámbitos literarios, científicos, industrial, comercial y artístico. Esta es de tipo jurídico, pero sobre las leyes que existen no se dictan bajo este concepto, por el contrario, se trabaja en el derecho de autor y la propiedad industrial. La presente ley aplica al proyecto debido a que se pretende hacer uso de software y bajo la legislación colombiana está asimilada como la escritura de una obra literaria, debido a que se permite que un código fuente bajo un lenguaje de programación debe ser considerado para ser cubierto por los derechos de autor.

#### 4. Desarrollo Del Proyecto

En esta sección se muestra el proceso de desarrollo del presente proyecto de innovación, el cual está basado en una metodología iterativa e incremental, desde el levantamiento de la información necesaria para la creación de las historias de usuario, pasando por el análisis de la información, definición de la arquitectura necesaria, el diseño de la interfaz de usuario (UI), y el desarrollo y despliegue de la aplicación Rhythme.

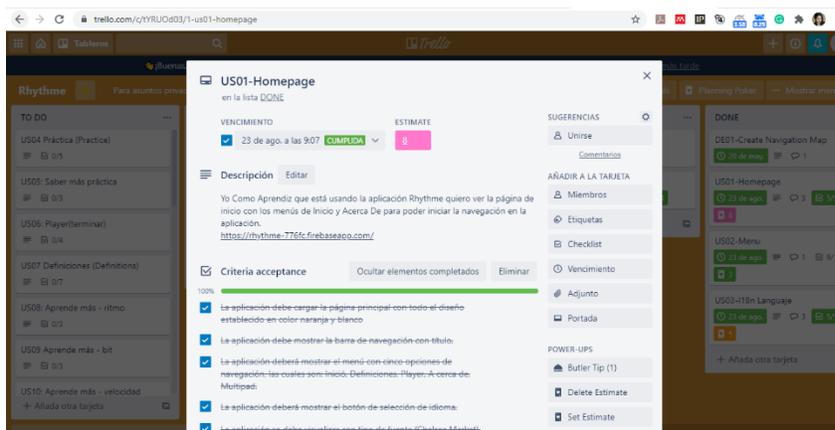
Durante el proceso de desarrollo se utilizó el apoyo de herramientas que son complemento de la metodología iterativa aplicada, con la ayuda del sitio web de gestión de proyectos Trello se llevó un seguimiento de las actividades y tareas realizadas, permitiendo que la colaboración fuera más sencilla. En las figuras 5, 6 y 7 se presenta el proceso que se realizó con el tablero de Trello, donde se manejaron cinco listas: por hacer, analizar, diseñar, en proceso y terminado, además de la descripción de las siglas usadas en las tareas programadas para cada tarea principal y así brindarle una trazabilidad al proyecto.

Figura 5. Tablero de Trello Rhythme (Inicio).



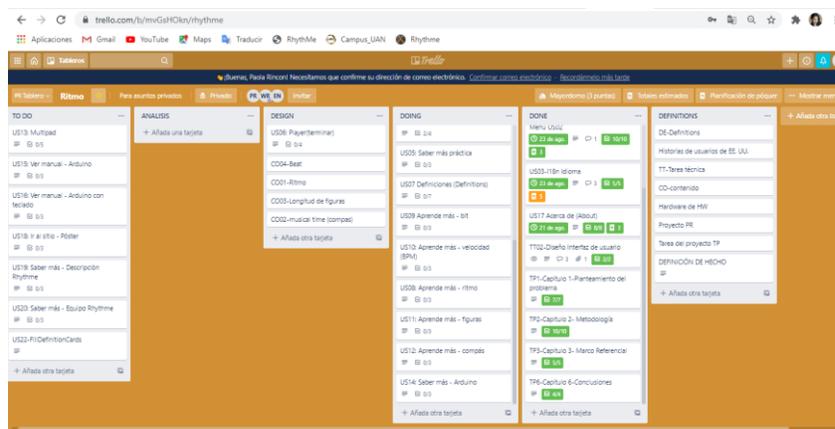
Fuente: tomado de <https://trello.com/b/mvGsHOkn/rhythme>

Figura 6. Tablero de Trello Rhythme en proceso.



Fuente: tomado de <https://trello.com/b/mvGsHOkn/rhythme>

Figura 7. Tablero de Trello Rhythme avanzado.



Fuente: tomado de <https://trello.com/b/mvGsHOkn/rhythme>

#### 4.1 Análisis de necesidades

Para esta etapa, como estaba estipulado en la metodología planteada, se procedió a realizar las actividades consistentes en entrevistar tanto docentes especializados en el área de ritmo y percusión, como niños estudiantes entre 4 y 12 años, que fueron la población objetivo, para así elaborar las historias de usuarios.

#### 4.1.1 Entrevistas a docentes.

El proceso de entrevistas inició con la intención de obtener información para completar la idea de proyecto desde la vista de varios docentes especializados en percusión y ritmo. La entrevista está conformada por 14 preguntas, de las cuales 11 son de selección única, con opciones de respuesta: (siempre, casi siempre, algunas veces, casi nunca, nunca), para identificar si el enfoque del proyecto tiene validez; 2 de selección múltiple, donde seleccionaban una o varias opciones de la lista de respuesta, para establecer y limitar ciertas funcionalidades del sitio y una pregunta abierta, que permite determinar los conceptos claves de ritmo para presentarse en el sitio web. (*Ver Anexo A*).

Las entrevistas fueron realizadas por Wilmer Rodríguez. Debido a las limitaciones de movilidad por las condiciones particulares que generó la pandemia del COVID-19, estas entrevistas fueron realizadas virtualmente utilizando video llamadas y la herramienta *Google Forms* durante los primeros días del mes de julio de 2020, con la siguiente dinámica:

1. Presentación del proyecto: como primera parte se realizó una breve explicación del proyecto, las razones de la realización de la entrevista y porqué fue escogido como entrevistado.
2. Explicación tipos de preguntas: como segunda fase se realizó una breve explicación de los tres tipos de preguntas que se encontraron en el formulario.
3. Respuesta de la entrevista: a través de *Google Forms* el entrevistado realizó el diligenciamiento de las preguntas con sus respuestas.

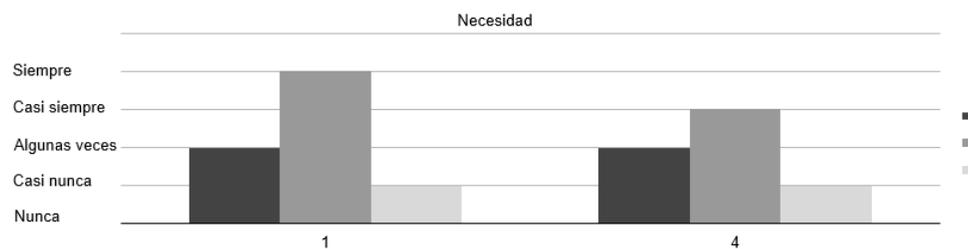
#### 4.1.2 Entrevistas a estudiantes.

Para diseñar la dinámica del sitio web se consideró realizar entrevistas a niños estudiantes de música de entre 4 y 12 años, sin embargo, el difícil acceso a los niños, diferentes dudas de los padres acerca del aporte de sus hijos y la interacción virtual con un extraño, sobre todo en situación de pandemia, nos llevaron a desechar el aplicar entrevistas a los menores de edad.

#### 4.1.3 Resultados de entrevistas a docentes.

La entrevista se aplicó a 3 profesionales en música. Con relación a la primera pregunta, relacionada con el acompañamiento de los docentes en las prácticas de los estudiantes, se obtuvieron resultados mixtos, uno de ellos responde que sus estudiantes siempre presentan progreso sin acompañamiento y otro de ellos dice que casi nunca presenta avance sin acompañamiento. Con respecto a la pregunta 4, se obtuvo un resultado similar siendo un poco más pesimista. Al respecto se puede inferir que para que un niño practique los patrones rítmicos requiere de acompañamiento del docente, En la figura 8, se presenta la visualización gráfica de estas dos preguntas enfocadas a la necesidad de la herramienta, en cuanto la barra sea más baja, mayor la necesidad.

Figura 8. Gráfica de resultado de necesidad.



Fuente: elaboración propia.

Con relación a la pregunta 2, donde se indaga si los aprendices tienen acceso a un computador con internet, el 100% reportó por encima de casi siempre. En la pregunta 3, los resultados obtenidos fueron 100% casi siempre. Analizando las preguntas 2 y 3 se puede concluir que la realización de la propuesta es viable, porque se cuenta con los recursos mínimos de trabajo.

En la pregunta 5, ¿En la pregunta 5 se indaga si al tener una herramienta con retroalimentación inmediata aportaría a sus clases?, al respecto un 66% respondió que siempre y un 34% algunas veces, lo que muestra que la herramienta será útil no sólo en ausencia del docente sino también como método de acompañamiento del proceso pedagógico.

En la pregunta 6, se indaga si el aprendiz usaría una herramienta web interactiva para practicar sus ejercicios, enfocada a la utilización del sitio en horarios diferentes a la clase, los resultados fueron 66% casi siempre, y 33% siempre. La pregunta 7, indaga si una posible herramienta web interactiva les aportaría a sus aprendices en la práctica de patrones rítmicos, Al respecto, un 66% casi siempre, y 33% siempre, por lo que se puede inferir que la herramienta será de gran utilidad y aporte para la práctica de los patrones rítmicos por los estudiantes.

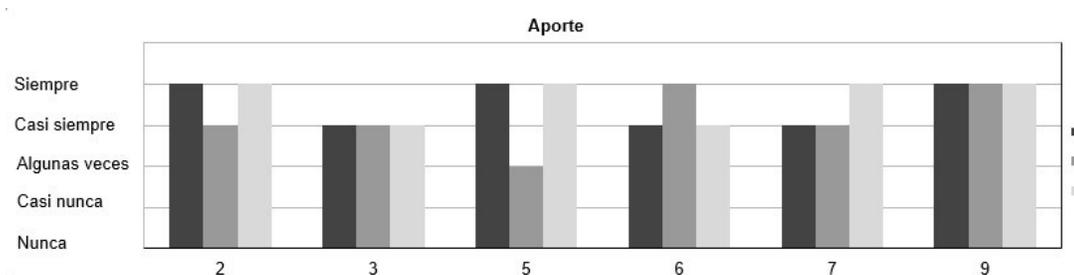
La pregunta 8, indaga sobre qué conceptos musicales cree usted que debería tener un sitio de aprendizaje rítmico, fue una pregunta abierta, con ella se buscaba identificar cuáles son los conceptos más necesarios para el aprendizaje rítmico, los más nombrados fueron: Velocidad-BPM en un 100%, figuras musicales en un 100%, Pulso con el 66%, tiempo-compás un 100%, esto ayudó a definir cuáles serían los conceptos para presentar en el sitio web.

La pregunta 9, referente a si los conceptos de la respuesta a la pregunta anterior son presentados de manera multimedia aportarán al proceso de aprendizaje de sus alumnos, enfocada a validar que

tanto aporte daría presentar estos conceptos en el sitio, muestra que el 100% cree que siempre generaría un aporte, por lo que se concluye que es totalmente válido presentar estos conceptos en el sitio web.

A continuación, en la figura 9 muestra la representación gráfica de las preguntas referentes al aporte del sitio web a los estudiantes, entre más alta la barra, mayor el aporte.

Figura 9. Gráfica de resultado de aporte.



Fuente: elaboración propia.

Acerca de la pregunta 10, ¿tener un multipad basado en un teclado de computador permitirá que sus alumnos practiquen los patrones fácilmente?, enfocada al aporte de un multipad en la práctica de patrones rítmicos, se obtiene un 66% casi siempre y un 33% siempre, siendo las respuestas muy positivas en una pregunta que se esperaban resultados bajos por la naturaleza física y analógica de la práctica rítmica, esto muestra la gran validez del multipad en este proyecto.

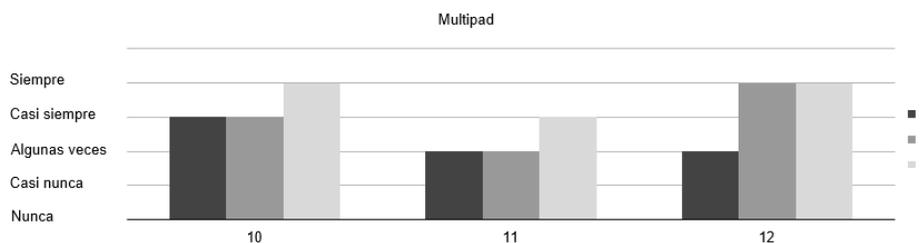
En la pregunta 11, ¿Teniendo los materiales (teclado, balsa 1cm x 1cm x 1cm, tablitas 5 cm x5 cm, pegante) cree que los aprendices harían el multipad?, acerca de la posibilidad de la creación del multipad por parte de los alumnos, los resultados fueron: 66% algunas veces, 33% casi siempre, por lo que se puede inferir que la construcción del multipad genera incertidumbre en los docentes,

creyendo que sus estudiantes para la práctica de los patrones rítmicos tendrán dificultad en la construcción del multipad.

La pregunta 12 indaga sobre, si como docente motivaría a los aprendices para hacer el multipad, el 66% responde siempre y un 33% algunas veces. Lo anterior muestra el interés por parte de los docentes para que sus estudiantes tengan este tipo de herramientas en sus prácticas.

En la figura 10, se muestra el resultado de las preguntas referentes al multipad Arduino, los resultados obtenidos revelan una aceptación alta acerca del proyecto, aunque hay cierta incertidumbre por la construcción de este, entre más alta la barra, mejor.

*Figura 10. Gráfica de resultados multipad.*



*Fuente: elaboración propia.*

La tabla 4 muestra la pregunta 14, “La retroalimentación para el aprendiz en una herramienta de Software que permita la práctica de patrones rítmicos debe generar una retroalimentación acerca de la precisión de cada golpe de tipo:”, que fue de selección múltiple, ayudó a diseñar la interfaz de usuario del módulo de práctica de patrones rítmicos. Con 100%, las respuestas “auditiva, sonidos de instrumentos” y “Visual, con colores representando la precisión en una escala de verde a rojo”, llevó a decantarnos por este método de interacción con los usuarios del sitio web. La tabla 4, muestra los resultados de esta pregunta.

Tabla 4. Resultado pregunta 14 retroalimentación para el aprendiz.

<b>14 - La retroalimentación para el aprendiz en una herramienta de Software que permita la práctica de patrones rítmicos debe generar una retroalimentación acerca de la precisión de cada golpe de tipo:</b>			
	<b>Docente 1</b>	<b>Docente 2</b>	<b>Docente 3</b>
Visual, Palabras			X
Auditiva, sonido de instrumentos	X	X	X
Auditiva, sonidos relacionados a falla o éxito de cada golpe	X		
Visual, colores representando la precisión en una escala de verde a rojo	X	X	X

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.4. Historias de usuario.

Una vez recolectada la información necesaria a partir de las entrevistas y el conocimiento previo, se procedió a redactar las historias de usuario, las cuales fueron definidas con el apoyo del diseño de la interfaz de usuario e implementadas como una serie de tareas. Así, todo lo que incluye funcionalidad, se convirtió en una historia de usuario aplicando el siguiente formato:

Tabla 5. Formato historias de usuario.

Yo como	“persona”
Dado que	“contexto o situación en la que se encuentra”
Quiero	“acción que se quiere ejecutar como usuario”
Para qué	“resultado útil de la acción”

Fuente. elaboración propia

A continuación, se presentan las historias de usuario US02 Menú, US03 Idioma, US04 Práctica, US05 Saber más práctica, que fueron creadas para la aplicación Rhythme. En total se crearon 27 historias de usuario que se pueden consultar en el anexo B. (*Ver Anexo B*)

**US02 Menú:** yo como Aprendiz que estoy usando la aplicación de Rhythme quiero poder navegar en la aplicación utilizando un menú que me muestre todas las opciones de las secciones a navegar.

**Criterios de aceptación:**

- La aplicación deberá mostrar el menú en la parte superior de la página.
- La aplicación deberá mostrar el link de inicio (*home*).
- La aplicación deberá mostrar el link de definiciones (*definitions*).
- La aplicación deberá mostrar el link de práctica (*practice*).
- La aplicación deberá mostrar el link de acerca de (*about*).
- La aplicación deberá mostrar el link de multipad.
- La aplicación deberá mostrar el link de definiciones de ritmo, bit, velocidad, figuras y compás.

**US03 Idioma (*Language*):** yo como aprendiz que está usando la aplicación Rhythme quiero poder escoger entre los idiomas de inglés y español en una lista desplegable para poder ver la página traducida en los dos idiomas.

**Criterios de aceptación:**

- La aplicación deberá mostrar un botón con una bandera y un ícono desplegable, el cual representa el idioma de la página en la que se encuentra.
- La aplicación deberá mostrarse en el idioma predeterminado, que será en español.
- La aplicación debe generar una lista desplegable con dos íconos, uno para idioma inglés y otro para idioma español.
- Al presionar clic en el ícono de español (bandera de Colombia) deberá mostrar la página en el idioma español.
- Al presionar clic en el ícono de inglés (bandera de USA) deberá mostrar la página en el idioma inglés.

**US04 Práctica (*Practice*):** yo como aprendiz que está usando la aplicación de Rhythme quiero poder ingresar al menú de práctica para poder iniciar el proceso de aprendizaje.

**Criterios de aceptación:**

- Al ingresar a la página de práctica se debe cargar los siguientes botones: reproducir, pausa, detener, ritmos, BPM- pulsaciones.
- Al presionar clic en el botón reproducir, se debe generar un audio de lo que se grabó.
- Al presionar clic en el botón pausa, la grabación se debe detener.
- Al presionar clic en el botón detener, la grabación se debe finalizar.
- La aplicación debe cargar un botón con el nombre “Saber más” en la página práctica.

**US05 Saber más práctica:** yo como aprendiz que está usando la aplicación de Rhythme quiero ingresar a la opción “Saber más” para consultar las descripciones de los botones de la página de práctica.

**Criterios de aceptación:**

- La aplicación debe cargar un botón con el nombre “Saber más” en la página práctica.
- Al presionar clic en “Saber más”, debe mostrar la página de información donde explique cada botón (reproducir, pausa, detener, ritmos, BPM- pulsaciones).
- La aplicación debe permitir regresar al menú inicial, presionando clic en el menú superior de la página (práctica).

**4.1.5 Criterio de aceptación no funcionales**

Anexo a las historias de usuario y los criterios de aceptación, se presentan los criterios de aceptación no funcionales que describen las características o limitaciones que se deben tener en consideración para el desarrollo del sitio web, estas se enfocan en el rendimiento y compatibilidad. A continuación, se listan los criterios de aceptación no funcionales establecidos para este proyecto.

- El sitio web debe funcionar en el navegador *Google Chrome* en la versión 79.0.3945.79 o superiores.
- El sitio web debe funcionar en equipos con al menos un procesador *dual Core*, con 2GB de RAM.
- Las imágenes del manual Arduino presentadas en la sección de multipad deben tener una resolución mínima de 600 por 400 pixeles.

- El sitio web en la sección de práctica debe mostrar los patrones a la velocidad establecida en los pulsos por minuto (BPM) del patrón.

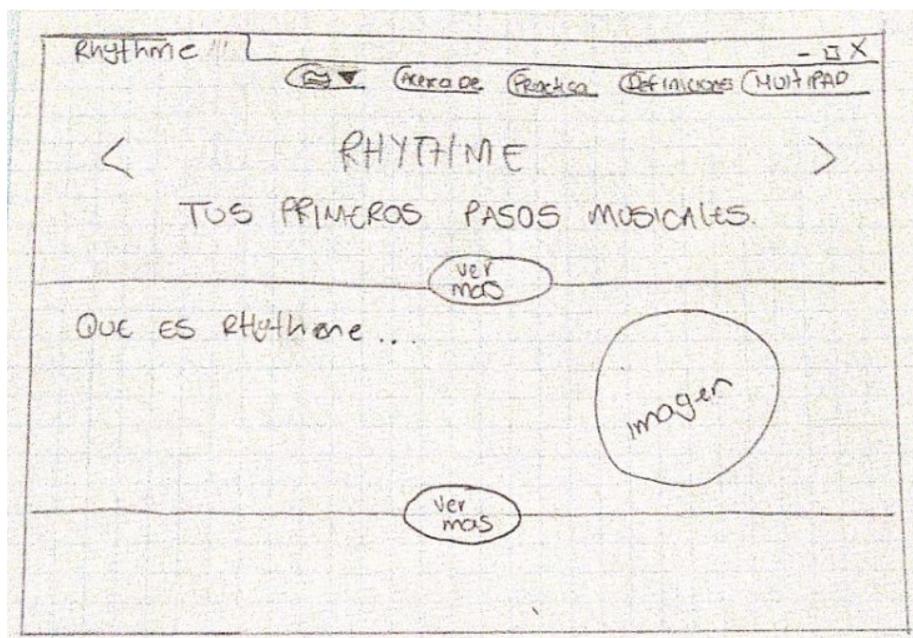
## **4.2 Diseño de la solución**

### **4.2.1 Interfaz de usuario.**

Con base en las historias de usuario y con el fin de brindar una mejor comprensión de las mismas, se crearon los prototipos de diseño de la interfaz de usuario dibujados a mano, conocidos como mockups para posteriormente proceder a digitalizarlos en la aplicación Adobe XD, obteniendo como resultado el diseño final.

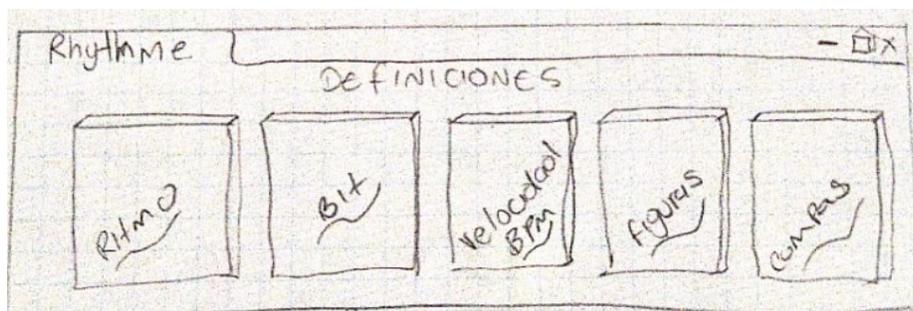
A continuación, en las figuras de la 11 a la 13 se presentan cuatro bosquejos elaborados a mano de la interfaz de usuario, donde se muestran los diseños de cada una de las secciones del sitio web: página de inicio, definiciones, práctica y multipad. El total de los diseños se encuentran en el anexo C. (*Ver Anexo C*)

Figura 11. Diseño de UI, prototipo borrador (página inicio).



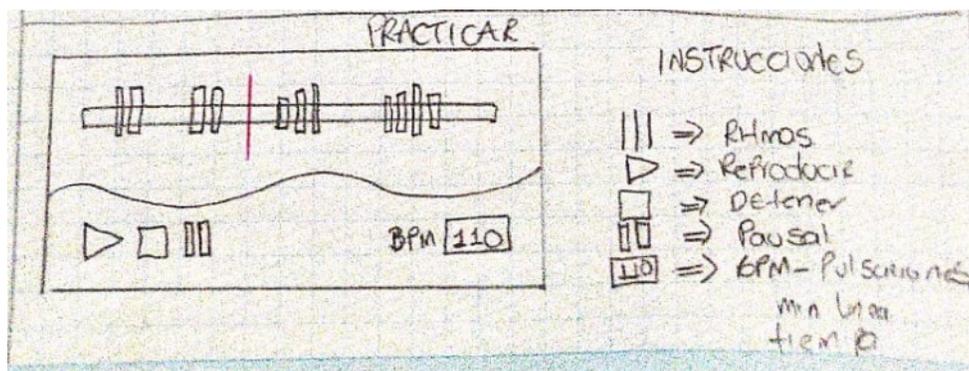
Fuente: desarrollo propio.

Figura 12. Diseño de UI, prototipo borrador (página definiciones).



Fuente: desarrollo propio.

Figura 13. Diseño de UI, prototipo borrador (página práctica).



Fuente: desarrollo propio.

A continuación, a través de las figuras 14, 15 y 16 se presentan tres de las interfaces de usuario (UI) diseñadas con la aplicación Adobe XD.

La figura 14 corresponde a la página de inicio del sitio web Rhythme donde se puede visualizar: el nombre de la aplicación, el menú (en la parte superior derecha), el botón desplegable que cuenta con la opción del cambio de idioma entre español e inglés, y por último se observa el resto del contenido de la página, el cual explica que es Rhythme.

Figura 14. Diseño de UI, (página inicio en idioma español).



Fuente: desarrollo propio.

La figura 15 corresponde a la sección “Acerca de” donde se visualiza la descripción del sitio web Rhythme, compuesto por: poster, descripción de la aplicación y el equipo de trabajo del proyecto Rhythme.

Figura 15. Diseño de UI, (página acerca de).



Fuente: desarrollo propio.

La figura 16 corresponde a la página de “Práctica” del sitio web Rhythme la cual consta de la interfaz gráfica de reproducción del juego, el botón “Saber más” y las instrucciones que va a encontrar el usuario al interactuar con Rhythme.

Figura 16. Diseño de UI, (página práctica).



Fuente: desarrollo propio.

#### 4.2.2 Recolección de información.

Para poder brindar un sitio web adecuado a la población objetivo, niños de 4 a 12 años de edad, se procedió a seleccionar la información de los términos y definiciones que encontrarán los usuarios al ingresar a Rhythme, los cuales se presentan a continuación:

**Pulso:** “el pulso en música es una unidad básica que se emplea para medir el tiempo. Se trata de una sucesión constante de pulsaciones que se repiten dividiendo el tiempo en partes iguales. Cada una de las pulsaciones, así como la sucesión de las mismas reciben el nombre de pulso”. (Wikipedia, 2020)

**Velocidad (Tempo):** “la velocidad a la que se reproducen los patrones se llama tempo. El tempo se mide en golpes por minuto o BPM. Así que, si decimos que una pieza musical está "a 120 BPM", queremos decir que hay 120 beats (pulsos) por minuto.” (Ableton, 2020)

**Compás:** es la entidad métrica musical compuesta por varias unidades de tiempo (figuras musicales) que se organizan en grupos, en los que se da una contraposición entre partes acentuadas y átonas. Los compases se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios. En función del número de tiempos que los forman, surgen los compases binarios, ternarios y cuaternarios. Por otra parte, en función de la subdivisión binaria o ternaria de cada pulso, aparecen los compases simples (o compases de subdivisión binaria) en contraposición a los compases compuestos (o compases de subdivisión ternaria) (Wikipedia, 2020).

**Figuras:** “en música, una figura musical es un signo que representa gráficamente la duración musical de un determinado sonido, en una pieza musical.

La manera gráfica de indicar la duración relativa de una nota es mediante la utilización del color o la forma de la cabeza de la nota, la presencia o ausencia de la plica, así como la presencia o ausencia de corchetes con forma de ganchos. Según donde esté ubicada la clave sobre un pentagrama, determina la altura del sonido. Las figuras más utilizadas, denominadas elementos gráficos de la música, son siete: redonda, blanca, negra, corchea, semicorchea, fusa y semifusa.” (Wikipedia, 2020).

### 4.2.3 Diseño arquitectónico.

Para el diseño arquitectónico del presente proyecto se realizó una lluvia de ideas, permitiendo la creación y ejecución de los diferentes componentes de la aplicación contemplados dentro de la arquitectura de software, aplicando las tecnologías, patrones de diseño y estilos arquitectónicos necesarios para el desarrollo de este.

#### 4.2.3.1. Tecnologías usadas.

El sitio web se desarrolla en su totalidad en lenguaje JavaScript, HTML y CSS. Tanto la mecánica de práctica como la presentación de todo el contenido se construyen en estos lenguajes:

- **JavaScript:** este lenguaje se utilizó como el lenguaje principal del desarrollo.
- **React:** la interfaz de usuario de todo el sitio web se realizó en este lenguaje y es la principal librería del desarrollo.
- **Redux:** el estado del sitio web, la intercomunicación entre los controles y el módulo realizado con phaser.io fue realizado utilizando esta librería.
- **Reactstrap:** varios componentes de la interfaz gráfica se tomaron de esta librería para reutilizar elementos gráficos ya construidos con Bootstrap, por anotar algunos: Card, Row, Col e Input.
- **React-fontawesome:** esta librería se utilizó para los íconos de los botones del controlador de la práctica, los cuales son reproducir, detener, mostrar patrones y reiniciar.
- **Phaser.io:** esta librería es el núcleo de la herramienta interactiva, debido a la necesidad de interactuar con el estudiante de manera fluida, usando físicas, elementos de audio,

imágenes y una interfaz cambiante se optó por realizar el desarrollo de este módulo como un videojuego y utilizar phaser.io como librería.

- **Firestore:** se eligió esta plataforma como nuestro hosting debido a la facilidad de implementación, características y conocimiento previo.
- **Selenium-Katalon:** esta biblioteca ampliamente usada en el mercado fue la utilizada para realizar las pruebas funcionales del sitio web.

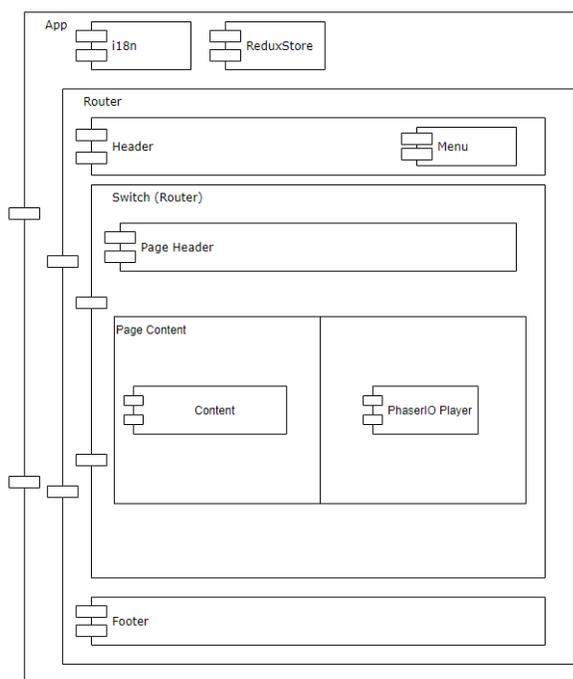
#### 4.2.3.2. *Arquitectura y patrones.*

- **SPA: (Single Page Application):** la arquitectura de aplicación de página única es un estilo arquitectónico que permite desarrollar aplicaciones web que se cargan una sola vez en el cliente y obtener dinámicamente los componentes necesarios, cuando se requieran, lo cual da una experiencia más fluida en la interfaz gráfica.
- **Composite:** React trabaja con componentes que a su vez pueden ser composiciones de otros componentes, esto nos permite dividir y aislar la funcionalidad y presentación de la interfaz gráfica.

#### 4.2.3.1. *Diagrama de componentes.*

En la Figura 17, se presenta el diagrama de componentes que representa la división en componentes y sus dependencias.

Figura 17. Diagrama de componentes.



Fuente. desarrollo propio

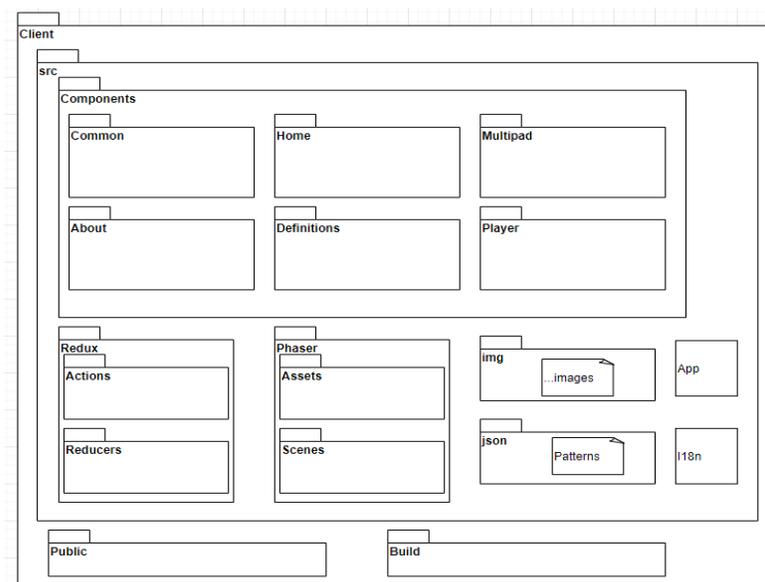
En este diagrama se puede observar la jerarquía de los componentes utilizados en el sitio web, el componente principal App es el contenedor de todo el desarrollo de React. Así mismo, a nivel de toda la aplicación se tienen dos componentes que sirven para tareas globales en la aplicación; uno encargado de toda la presentación de los textos en los dos idiomas disponibles (i18n) y el otro, es el encargado del estado de la aplicación (ReduxStore).

Siguiendo en la jerarquía, el componente Router se encarga de la navegación del sitio; desde este elemento se selecciona el componente con el contenido a mostrar, además del encabezado y el pie de página del sitio.

#### 4.2.3.2 Diagrama vista de desarrollador.

A continuación, en la Figura 18, se presenta el diagrama de vista de desarrollo, el cual describe el sistema desde el punto de vista del desarrollador. Se relaciona los paquetes y el resultado de la compilación del sitio web de Rhythme.

Figura 18. Diagrama vista de desarrollador.



Fuente: desarrollo propio.

Este diagrama muestra claramente cómo está estructurado el código fuente, dentro de este encontramos 3 carpetas: la carpeta public con los archivos html necesarios para contener los componentes de React, la carpeta build que contiene el resultado de la compilación necesaria para la publicación en cualquier despliegue que se realice; por último, se tiene la carpeta src donde se encuentra todo el código fuente de la aplicación.

La carpeta src está dividida en la carpeta components que contiene todo el código relacionado a los componentes react, la carpeta redux con los archivos que competen a esta librería y el manejo

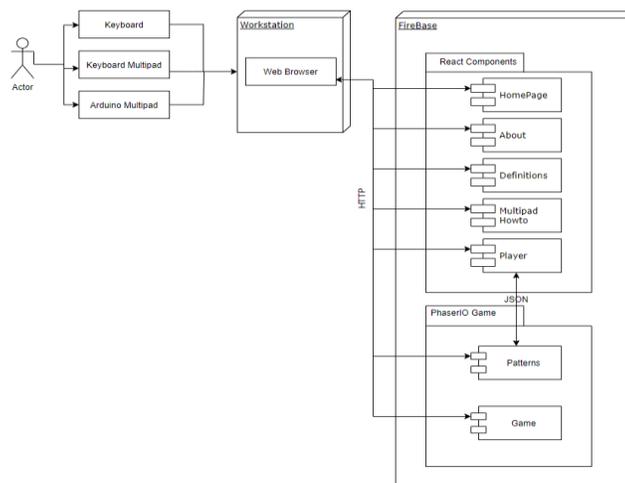
del estado, la carpeta phaser que, como la anterior carpeta, contiene lo relacionado a la librería Phaser.io, incluyendo la escena del juego y los archivos necesarios como audios e imágenes (assets).

#### 4.2.3.3 Diagrama vista de despliegue.

A continuación, en la Figura 19, se presenta el diagrama de vista de despliegue, donde se describe la relación entre los componentes de hardware que se manejan frente al sitio web de Rhythme.

En este diagrama se puede observar que la app está desplegada en Firebase, tanto los componentes react como los componentes de phaser.io interactúan con el navegador y los 3 posibles tipos de entrada para la práctica.

Figura 19. Diagrama vista de despliegue.

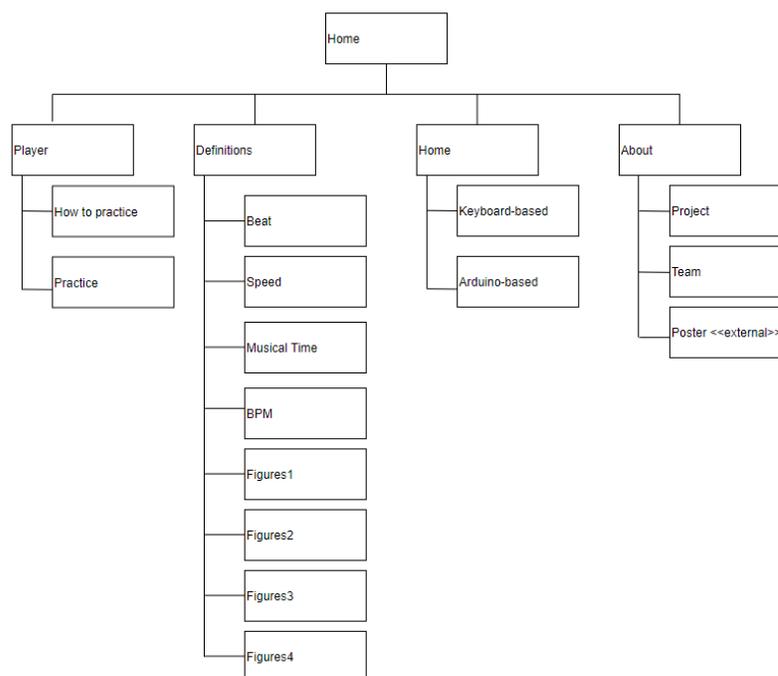


Fuente: desarrollo propio.

#### 4.2.3.4 Mapa de navegación.

A continuación, en la Figura 20, se procede a describir el mapa de navegación del sitio. Cada una de las rutas con las que cuenta el sitio web de Rhythme hace referencia a la navegación entre los componentes.

Figura 20. Diagrama mapa de navegación.



Fuente: desarrollo propio.

Este diagrama muestra la navegación del sitio, se inicia por la página Home que es la página de inicio de la navegación, usando el menú se puede ver las otras páginas y sus respectivos contenidos, como se describe en el árbol. El menú está disponible siempre en el encabezado del sitio web, por lo que se puede reiniciar la navegación en cualquier momento.

## **4.3 Codificación del software**

### **4.3.1 Código fuente.**

La codificación del software se llevó a cabo en la herramienta Visual Studio usando los lenguajes de programación JavaScript, CSS y HTML. Esta herramienta es multiplataforma y de código abierto. Adicional a esto, se usó como framework la biblioteca React y Phaser.io como las librerías más importantes del desarrollo.

Para la gestión de la configuración se utiliza el control de versiones Git y la herramienta GitKraken para registrar, administrar y visualizar los cambios realizados en el código fuente a lo largo del tiempo empleado en el desarrollo. Como repositorio remoto se escoge GitHub, una plataforma de desarrollo colaborativo que hace parte de los controladores de versiones de uso gratuito.

### **4.3.2 Manual de usuario.**

Se elabora el documento con la finalidad de brindar la información necesaria para el usuario, permitiendo tener claridad de uso, interactividad y la información detallada del sitio web, como son: enlace para ingresar a la página, información destacada y cómo interactuar con la sección de práctica de los patrones de ritmo. Con este manual de usuario se busca brindar instrucciones necesarias para el adecuado manejo de la página por parte del usuario, tanto para el componente de software como para el hardware.

### **4.3.3 Manual técnico.**

Se elabora el documento con la finalidad necesaria para el despliegue e integración del sitio web y el componente de hardware en Arduino. De esta manera, permite guiar al encargado de

realizar actualizaciones del sitio, dando a conocer los requerimientos mínimos y la estructura para la construcción del software y el multipad en Arduino. Adicionalmente, muestra las herramientas necesarias que se requieren para el desarrollo y el funcionamiento del sistema.

#### 4.4 Pruebas de integración entre los componentes de software y hardware

##### 4.4.1. Pruebas funcionales.

Se realizaron las pruebas funcionales del sitio web Rhythme, aplicando casos de pruebas sobre las historias de usuario planteadas, con el propósito de verificar que cada una de ellas cumpla con los criterios de aceptación y las validaciones requeridas.

En las tablas 6, 7 y 8 se presentan los casos de pruebas que fueron aplicados a cada historia de usuario, con su proceso y resultados obtenidos. El resto de los casos de pruebas aplicados a cada una de las historias de usuario puede ser consultado en el anexo D. (*Ver Anexo D*).

Tabla 6. Caso de prueba 1.

<b>ID Caso de Prueba:</b>	CP01-Página de inicio	<b>ID US:</b>	US01
<b>Nombre US:</b>	Home Page (Página de Inicio)	<b>Porcentaje éxito</b>	100%
<b>Nombre tester:</b>	Diana Paola Rincón		
<b>Descripción:</b>	este caso de prueba busca comprobar la ejecución de la funcionalidad que tienen los usuarios al ingresar al sitio web.		
<b>Pasos de la prueba</b>			
<b>#</b>	<b>Acciones</b>	<b>Salida esperada</b>	
1	Ingresar una url incorrecta y presionar enter	Desde el navegador, se debe informar al usuario de que la url es incorrecta.	
2	Ingresar la url correcta del sitio en Google Chrome.	Cargar la página de inicio del sitio Rhythme	
3	Ingresar al sitio	La aplicación mostrará las opciones de navegación (Práctica, Definición, Multipad, Acerca de, Botón de idioma).	
Resultado: exitoso.			

Fuente: desarrollo propio.

Tabla 7. Caso de prueba 2.

<b>ID Caso de</b>	CP02-Menú	<b>ID US:</b>	US02
<b>Nombre US:</b>	Menú	<b>Porcentaje éxito</b>	100%
<b>Nombre tester:</b>	Diana Paola Rincón		
<b>Descripción:</b> este caso de prueba busca comprobar la ejecución de la funcionalidad que tienen los usuarios al interactuar con cada botón del menú.			
<b>Pasos de la prueba</b>			
<b>#</b>	<b>Acciones</b>	<b>Salida esperada</b>	
1	Al presionar clic sobre el botón definiciones.	La aplicación cargue la sección de definiciones completa.	
2	Al presionar sobre el botón de práctica.	La aplicación cargue la sección de práctica como lo indica el enlace.	
3	Al presionar clic sobre el botón Multipad.	La aplicación cargará la página de Multipad.	
Resultado: exitoso.			

*Fuente: desarrollo propio.*

Tabla 8. Caso de prueba 3.

<b>ID Caso de Prueba:</b>	CP03- Idioma	<b>ID US:</b>	US03
<b>Nombre US:</b>	Home Page (Página de Inicio)	<b>Porcentaje éxito</b>	100%
<b>Nombre tester:</b>	Diana Paola Rincón		
<b>Descripción:</b> este caso de prueba busca comprobar la ejecución de la funcionalidad que el botón de idioma, el cual traduce la página del idioma español a inglés.			
<b>Pasos de la prueba</b>			
<b>#</b>	<b>Acciones</b>	<b>Salida esperada</b>	
1	Ingresar presionar sobre el botón de idioma.	La aplicación debe mostrar una lista con los dos idiomas definidos (español, inglés).	
2	Al presionar sobre el botón de idioma en el icono con la bandera de Estados Unidos.	La aplicación debe cargar todo el sitio web en el idioma de inglés.	
3	Al presionar sobre el botón de idioma en el icono con la bandera de Colombia.	La aplicación debe cargar todo el sitio web en el idioma de español.	
Resultado: exitoso.			

*Fuente: desarrollo propio.*

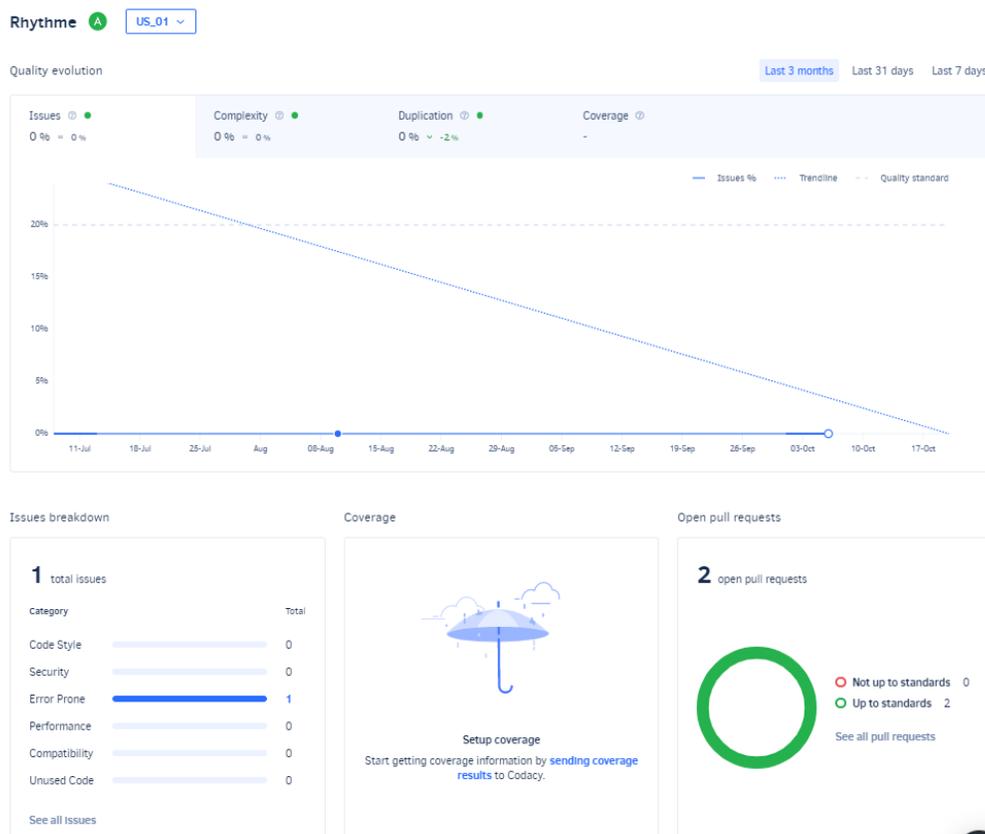
#### **4.4.2 Pruebas del sistema.**

Las pruebas automatizadas fueron realizadas con la ayuda de las herramientas de pruebas Katalon y Selenium. Selenium permite una automatización completa de pruebas para sitios web; además, al implementarlo con Katalon, permite eliminar la complejidad para configurar, crear, ejecutar y administrar las pruebas de automatización del sistema (Katalon LLC, 2020).

##### ***4.4.2.1 Revisión de código codacy.***

Se realizó el análisis automatizado del código utilizando la herramienta de Codacy, esta herramienta se encarga de revisar todas las líneas del código, identificando automáticamente los problemas con los que cuenta actualmente el desarrollo a través del análisis de revisión de código estático. Codacy se integra fácilmente con los servicios y repositorios como GitHub, de forma que permite visualizar la calidad del proyecto, gestionarlo y así minimizar y solucionar las incidencias con las que cuenta el código del proyecto (Codacy, 2020). En la figura 21, se muestra un análisis general del código en los últimos tres meses, apreciando la evolución en la calidad a lo largo del tiempo.

Figura 21. Prueba Codacy.



Fuente: tomada de (Codacy Rhythme, 2020)

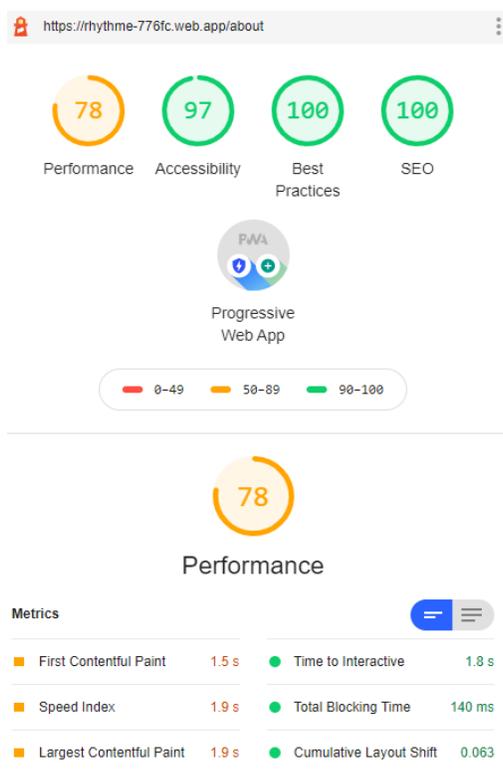
Esta Herramienta ayudó a corregir muchos errores de estilo que se presentaron a lo largo del desarrollo, como también las mejores prácticas en la codificación con JavaScript. Se inició con una cantidad alta de reportes en la herramienta (más de 200) los cuales fueron mitigados *commit* tras *commit*, esto mejoró en gran medida el estilo, la presentación y ayudó a eliminar partes del código innecesarias. Con cada entrega la cantidad de errores variaba por lo que se hacía necesario una revisión de estilo antes de realizar *merge* en la rama DEV para no llevar estos errores a las ramas principales de desarrollo.

#### 4.4.2.2 Auditoría de código con Google lighthouse.

Se realizaron las auditorías automatizadas de código utilizando la extensión de Google Chrome Lighthouse, el cual entregó una auditoría del sitio web en términos de rendimiento, calidad y optimización para motores de búsqueda. (Google, 2020)

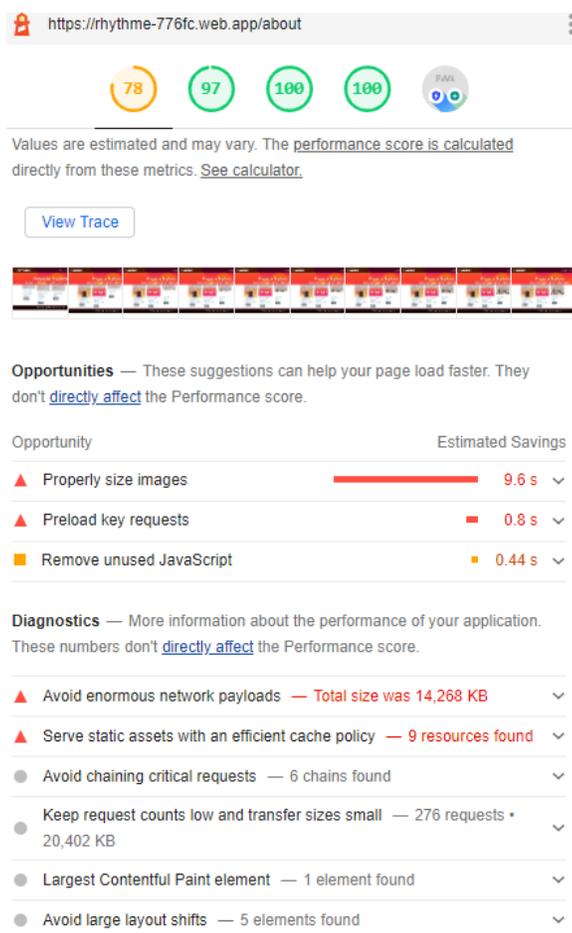
En la figura 22, 23 y 24 se presenta el resultado obtenido después de ejecutar Lighthouse en Chrome Devtools, el cual corrió una serie de auditorías al sitio web Rhythme. Posteriormente generó un reporte de performance, diagnóstico y accesibilidad que indica que tan bueno es el sitio web en estos indicadores.

Figura 22. Resultado prueba Lighthouse performance.



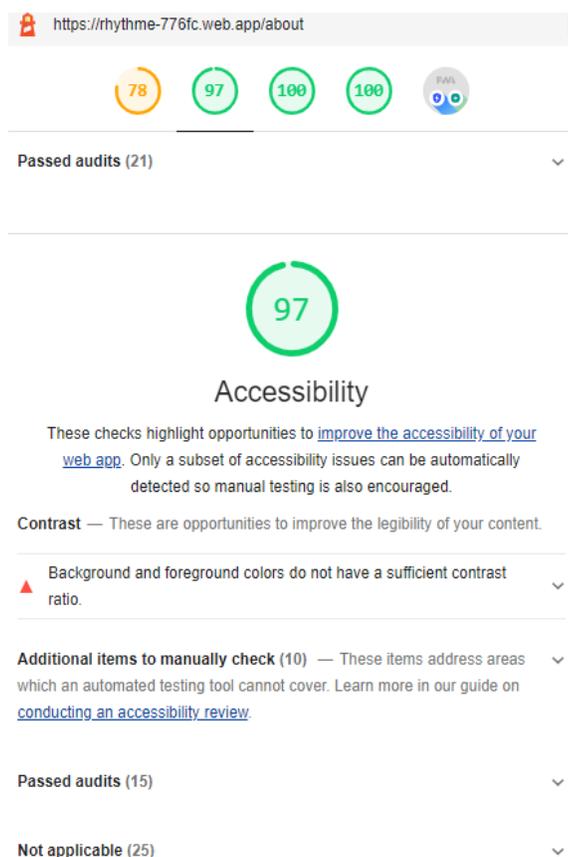
Fuente: tomado del navegador Google Chrome Lighthouse Devtools

Figura 23. Resultado prueba Lighthouse en página about diagnóstico.



Fuente: tomado del navegador Google Chrome Lighthouse Devtools

Figura 24. Resultado prueba Lighthouse accesibilidad.



Fuente: tomado del navegador Google Chrome Lighthouse Devtools

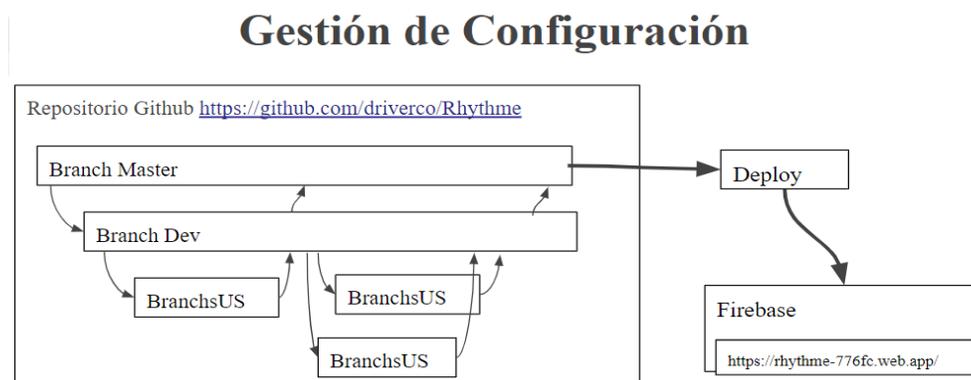
## 4.5 Gestión de la configuración

El proceso de control de versiones usado en el curso del desarrollo de este proyecto con cada uno de los pasos se describe a continuación.

### 4.5.1. Proceso de control de versiones del código fuente.

En la figura 25, se presenta el proceso que se realiza en la gestión de la configuración utilizando GitHub para posteriormente publicarse en *Firebase*.

Figura 25. Diagrama gestión de configuración.



*Fuente: elaboración propia.*

Como primera medida se debe tomar el código fuente del origen, realizando una copia del proyecto desde el sitio origen con el comando *git clone* y actualizando nuestro repositorio.

El segundo paso para trabajar en el proyecto es dirigirse al *branch* Dev el cual es el *branch* desde el que se toman las fuentes para realizar el desarrollo; esto debido a que por cada historia de usuario que se trabajó se creó una rama.

El desarrollo fue almacenado día tras día en el repositorio remoto para evitar pérdidas de código por alguna catástrofe, con esto se asegura que las ramas de las historias de usuario reflejan el avance del desarrollo y permiten incluso trabajar desde diferentes equipos teniendo la continuidad necesaria en el desarrollo.

Una vez los desarrollos se encontraban listos, se realiza el *merge* y el *pull request* correspondiente para ver los cambios reflejados en la rama DEV y en la rama *master* según el caso. La documentación acerca de los *pull request* en GitHub se encuentra en su sitio web; se sugiere visitar

el sitio de GitHub si se quiere ampliar la información respecto a los *pull request*. (GitHub Docs, 2020)

## 4.6 Despliegue de la solución

El despliegue del sitio web Rhythme se realiza en el servicio de la nube de Firebase. Esta nube de fácil uso entrega el sitio web Rhythme con una buena rapidez, es decir, la demora en mostrar todo el contenido al usuario fue muy baja. Esta rapidez la puede brindar debido a la alta capacidad y escalabilidad con las que cuenta. (Firebase hosting, 2020)

### 4.6.1 Proceso de despliegue del sitio web.

Firebase permite desplegar el sitio empleando su propia herramienta CLI (*Command line interface*). Desde la terminal, usando el comando `npm` se instala de forma global y así poder hacer uso de las herramientas de Firebase. Con el comando *firebase login* se realiza el inicio de sesión para lograr la integración con la cuenta que actualmente tiene el proyecto. Adicionalmente, se utiliza el comando `firebase init`, para proceder a iniciar el proyecto desde la carpeta local de ubicación. Por último, se utiliza el comando `firebase deploy`, el cual permite realizar el despliegue de la aplicación y así generar la url con la que se podrá acceder a la consola del proyecto (Google, 2020).

Los comandos necesarios para realizar el despliegue una vez la configuración se encuentra completa son:

- En la figura 26, se muestra el proceso de ejecutar el build de *react* con el comando “`npm run build`”

Figura 26. Proceso ejecutar comando build.

```

drive@NRCDrivercoDesk MINGW64 /C:/Dev/nodejs/Rhythme/client (US_06)
$ npm run build
> client@0.2.0 build C:\Dev\nodejs\Rhythme\client
> react-scripts build

Creating an optimized production build...
Compiled with warnings.

./src/phaser/scenes/MainScene.js
  Line 287:32:  Function declared in a loop contains unsafe references to variable(s) 'beats', 'posX', 'timeNum', 'bars', 'posX', 'posX'  no-loop-func

Search for the keywords to learn more about each warning.
To ignore, add // eslint-disable-next-line to the line before.

File sizes after gzip:

 345.77 KB  build/static/js/2.66511fea.chunk.js
   9.08 KB (+1 B)  build/static/js/main.3845f46d.chunk.js
   4.68 KB  build/static/css/main.41ed8705.chunk.css
    773 B  build/static/js/runtime-main.09b85ec0.js
    722 B  build/static/css/2.cb772db5.chunk.css

The project was built assuming it is hosted at /.
You can control this with the homepage field in your package.json.

The build folder is ready to be deployed.
You may serve it with a static server:

  npm install -g serve
  serve -s build

Find out more about deployment here:

  bit.ly/CRA-deploy

```

Fuente: tomada de consola del proyecto usando el bash de git

Este comando dejará en la carpeta “/client/build” los objetos listos para un despliegue en el servicio de hosting de nuestra elección, para nuestro caso, Firebase,

- En la figura 27, se muestra el proceso de ejecutar el despliegue en *Firebase* con el comando “firebase deploy”.

Figura 27. Ejecución del comando firebase deploy.

```

drive@NRCDrivercoDesk MINGW64 /C:/Dev/nodejs/Rhythme/client (US_06)
$ firebase deploy

=== Deploying to 'rhythme-776fc'...

i  deploying hosting
i  hosting[rhythme-776fc]: beginning deploy...
i  hosting[rhythme-776fc]: found 282 files in client/build
+  hosting[rhythme-776fc]: file upload complete
i  hosting[rhythme-776fc]: finalizing version...
+  hosting[rhythme-776fc]: version finalized
i  hosting[rhythme-776fc]: releasing new version...
+  hosting[rhythme-776fc]: release complete

+  Deploy complete!

Project Console: https://console.firebase.google.com/project/rhythme-776fc/overview
Hosting URL: https://rhythme-776fc.web.app

```

Fuente: tomada de consola del proyecto utilizando el bash de git

Una vez estos comandos han tenido efecto, el sitio web Rhythme se encontrará desplegado y publicado en el hosting de *Firebase* y puede ser consultado gratuitamente y sin registro en la siguiente dirección: <https://rhythme-776fc.web.app/>

## 5. Resultados obtenidos

El sitio web Rhythme pasó con éxito las pruebas realizadas, se logró implementar un sitio web que permitiera la práctica de patrones rítmicos para niños entre 4 y 12 años utilizando el teclado o un multipad creado con un teclado o una placa Arduino. al finalizar el proceso de implementación se obtuvieron los siguientes resultados.

- Se obtuvo el conocimiento necesario para realizar desarrollos web utilizando el estilo arquitectónico SPA, pasando no solo por un ejercicio de desarrollo, sino como un proyecto completo de ingeniería de software utilizando un marco de desarrollo ágil presente en cada una de sus etapas.
- Se obtuvo el conocimiento requerido para realizar desarrollo de juegos en JavaScript usando la librería phaser.io.
- Como resultado de la fase de análisis en cada una de las iteraciones, una vez recolectada la información necesaria para el diseño del sitio web se obtuvo las diferentes historias de usuario, junto con los diseños de la interfaz de usuario, para poder determinar toda la funcionalidad.
- El sitio web Rhythme se logró implementar completamente, se entrega su código fuente disponible en GitHub. En las figuras 28, 29, 30 y 31 se presentan algunos resultados del sitio web Rhythme.

En la figura 28, se presenta la página de inicio que encuentra el usuario cuando ingrese la url del sitio, la podrá visualizar en el idioma español.

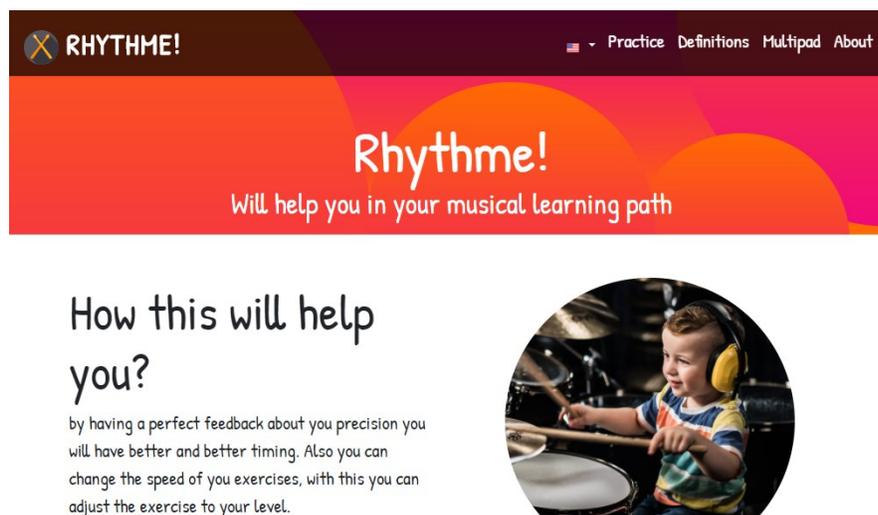
Figura 28. Página de inicio en idioma español.



Fuente: tomada del sitio web Rhythme

En la figura 29, se presenta la página de inicio que encuentra el usuario cuando ingrese la url del sitio, la podrá visualizar en el idioma inglés presionando sobre el ícono de la bandera de Estados Unidos.

Figura 29. Página de inicio en idioma inglés.



Fuente: tomada del sitio web Rhythme

En la figura 30, se presenta la página correspondiente a la sección acerca de, el usuario puede acceder a ella presionando en la sección “acerca de” en la parte superior derecha de la pantalla, donde visualiza tres secciones como póster, datos del proyecto y equipo de trabajo.

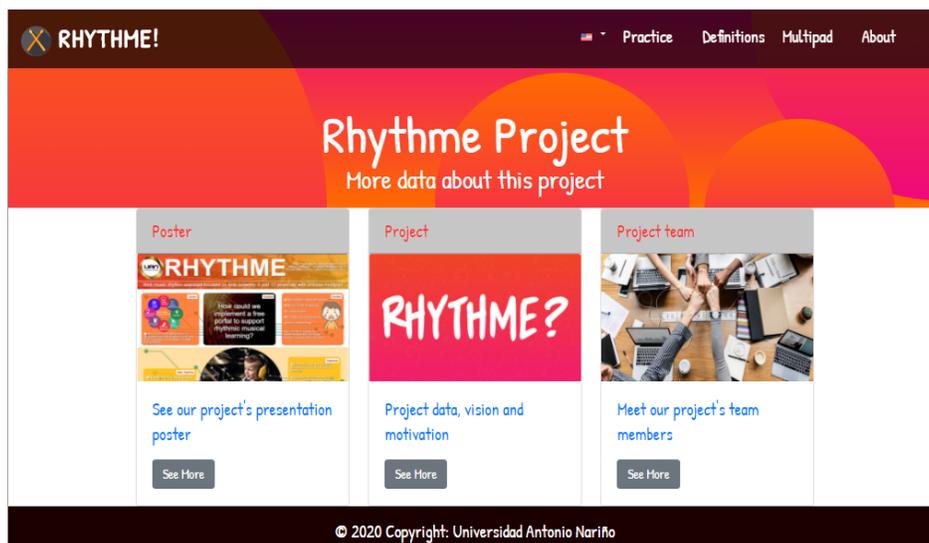
Figura 30. Página acerca de.



Fuente: tomada del sitio web Rhythme

En la figura 31, se presenta la página correspondiente a la sección *about*, que se encuentra en el idioma inglés, el usuario puede acceder a ella presionando sobre la sección “*about*” en la parte superior derecha de la pantalla, donde visualiza tres secciones como poster, *project* y *Project team*.

Figura 31. Página acerca de en inglés.

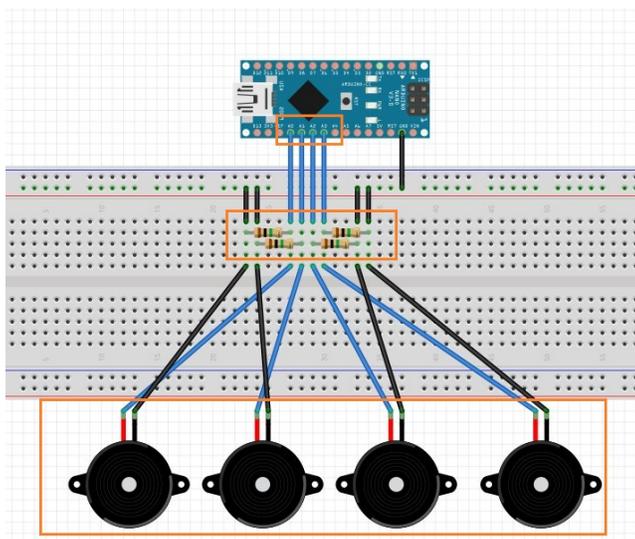


Fuente: tomada del sitio web Rhythme

- Para el multipad propuesto, se diseñó el diagrama físico de conexión de componentes, se desarrolló el código fuente de Arduino y se creó la guía de elaboración, usando piezoeléctricos y una placa base Arduino micro. Todo esto se encuentra disponible en el sitio web en la sección multipad. En las figuras 32, 33, y 34 se presentan algunos resultados del Arduino con multipad.

En la figura 32, se presenta el diagrama correspondiente al multipad hecho en la aplicación *fritzing*, se resalta con color la placa base de Arduino micro, resistencias, los pads y como están conectados.

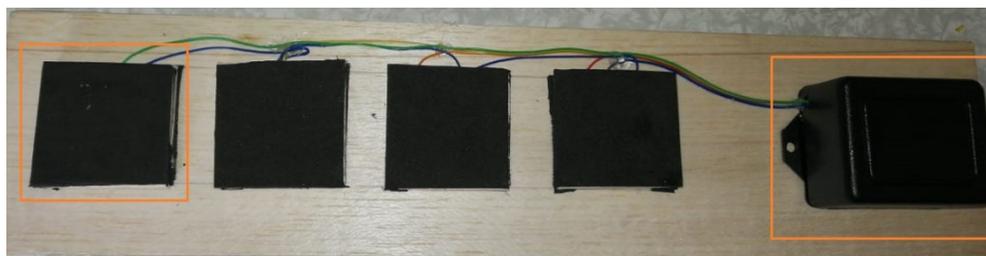
Figura 32. Diagrama del multipad con Arduino.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 33, se presenta el multipad construido con la placa micro de Arduino, que consta de cuatro pads, en la parte izquierda de la imagen se resalta uno de los pads con el que interactúa el usuario y en la parte derecha de la imagen se observa el multipad, dentro de la caja de color negro se encuentra la placa micro de Arduino.

Figura 33. Multipad con Arduino.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 34, se presenta la alternativa al multipad con Arduino, corresponde al teclado multipad, el usuario puede tomar un teclado y realizar su propio multipad con la ayuda de un teclado de escritorio; en el recuadro se resalta los cuatro pads de interacción con la aplicación.

*Figura 34. Teclado multipad.*



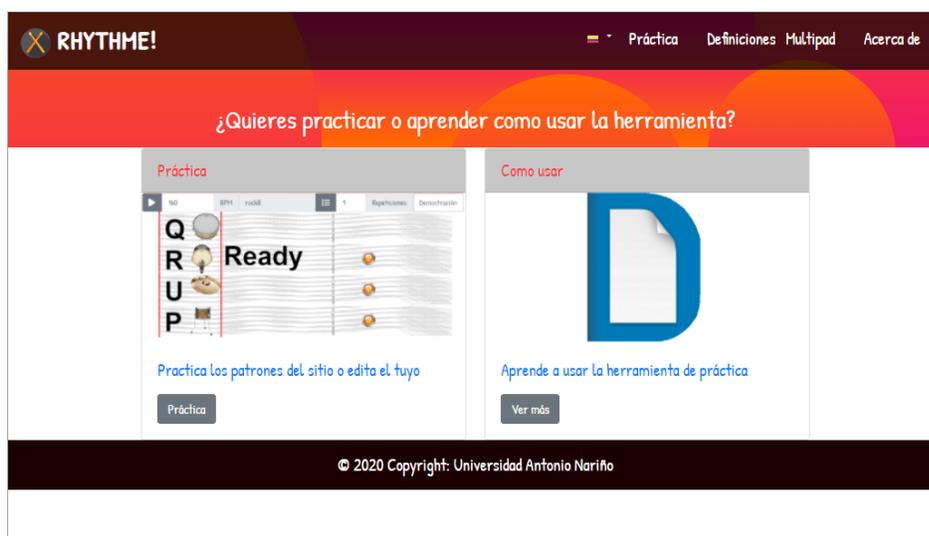
*Fuente: elaboración propia.*

- El manual de usuario que muestra el paso a paso, materiales y precauciones al realizar la construcción del multipad con Arduino y teclado, este se implementa directamente en el sitio web.
- Se documentó todo el proceso de desarrollo de este proyecto, esta documentación hace parte de los anexos del presente documento.
- Se construyó un sitio web que permite recibir de manera multimedia conceptos básicos de ritmo.
- Se implementó una herramienta de práctica de patrones rítmicos básicos que entrega una retroalimentación al practicante de manera auditiva y visual acerca de la precisión

de los golpes realizados comparados con el patrón rítmico a ejecutar. En las figuras 35, 36, 37 y 38 se presenta la sección de práctica del sitio web.

En la figura 35, se presenta la página de práctica, se puede acceder a ella presionando en la sección del menú llamado “práctica”, cuando se ingresa, el usuario encontrará dos secciones del juego: una llamada práctica y la otra como usar el juego.

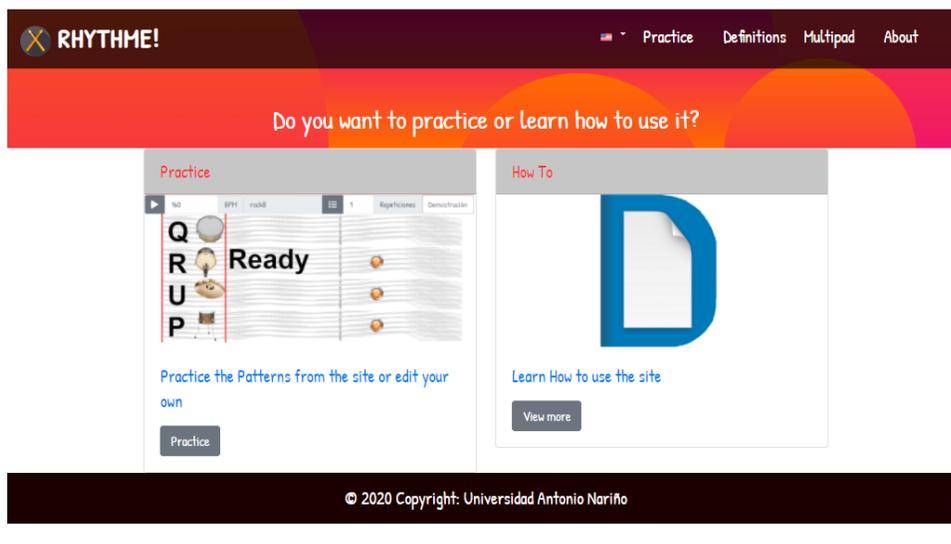
*Figura 35. Página práctica Rhythme.*



*Fuente: tomada del sitio web Rhythme*

En la figura 36, se presenta la misma sección de práctica en el idioma inglés.

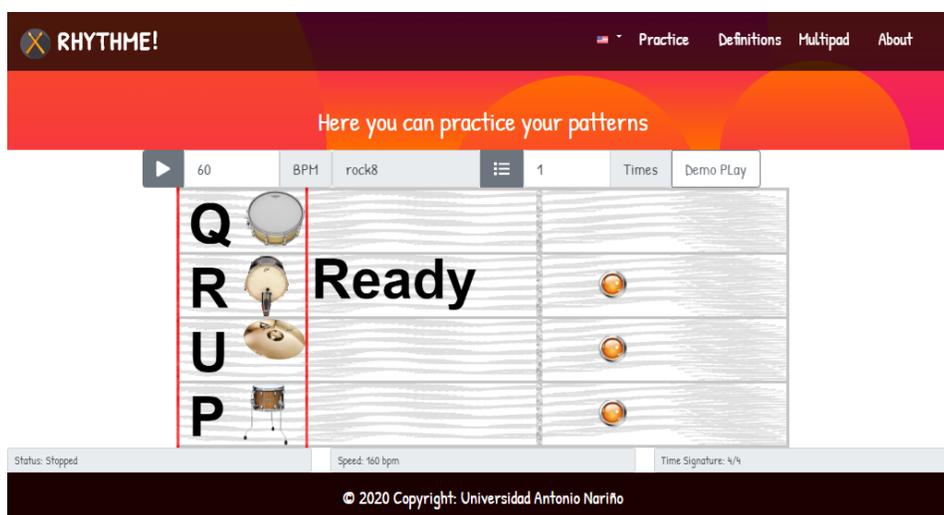
Figura 36. Página de práctica en inglés.



Fuente: tomada del sitio web Rhythme

En la figura 37, se muestra la sección de práctica, con la que el usuario interactúa directamente usando el teclado multipad o el multipad con Arduino, en él se puede observar: el juego/player, las teclas con las que puede practicar el patrón rítmico, los instrumentos y el menú.

Figura 37. Práctica o Player Rhythme.



Fuente: tomada del sitio web Rhythme

En la figura 38, se muestra la misma sección de práctica, en esta se observa una prueba de un usuario jugando en tiempo real; los colores representan el resultado que va obteniendo el aprendiz durante el juego, el color verde indica que lo está realizando correctamente, amarillo regular y el rojo indica que está mal.

*Figura 38. Juego o player en curso.*



*Fuente: tomada del sitio web Rhythme*

- Se implementaron 9 patrones básicos editables y con diferentes dificultades de ejecución.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

La programación para ambiente web utilizando *react* como principal librería de desarrollo, nos permitió adquirir una experiencia lo suficientemente amplia para llevar a cabo el desarrollo del sitio web propuesto, por lo tanto, se puede concluir que se logró cumplir con el objetivo principal de implementar un sitio web que apoye la práctica rítmica y apropiación de conceptos básicos de ritmo de manera autónoma.

Para el desarrollo de una herramienta que tenga el nivel de interacción planteado, fue necesario apropiarse conocimientos en desarrollo de videojuegos, específicamente usando la librería *phaser.io*. Esta herramienta nos dio la posibilidad de entregar una retroalimentación inmediata en la práctica de patrones rítmicos, por lo anterior podemos concluir que la herramienta de práctica cumple con la retroalimentación propuesta en la ejecución de patrones rítmicos.

A lo largo de nuestra carrera hemos adquirido conocimientos básicos de electrónica, para la implementación de este proyecto vimos la posibilidad de combinar estos conocimientos junto con el desarrollo de software, siendo Arduino nuestro engranaje clave, con este se pudo diseñar un *multipad* para la práctica de patrones rítmicos en el sitio web, por esta razón podemos inferir que se logró crear una guía paso a paso para la construcción de un *multipad* basado en Arduino que permite la interacción con la herramienta de práctica.

Lograr el trabajo en equipo aplicando una metodología iterativa e incremental fue un reto enriquecedor tanto para llevar a cabo las tareas, como en el aprendizaje y uso de esta. Descubrimos que el uso de modelos iterativos en el proceso de desarrollo de software es flexible, concreto y

colaborativo, con esto se puede afirmar que esta metodología fue eficiente y se ajustó a este proyecto.

Al realizar este proyecto de innovación en todas sus fases, se puso en práctica el conocimiento adquirido para el manejo, seguimiento, análisis, diseño, documentación, desarrollo, pruebas e implementación de un proyecto de software. Por lo que se puede decir que esta experiencia dio un aporte fundamental para la vida laboral presente y futura.

Como recomendación para este proyecto es importante tener conocimiento de los conceptos necesarios de música, de Arduino, electrónica básica y de ingeniería de software acordes con el nivel y los desarrollos aquí entregados, que pueden ser consultados en la página web de Arduino en la sección de guía, para los conceptos de música en el libro introducción a la música (Kárloyi, 2003).

## Bibliografía

- Alba, A. (19--). *Teoría musical*. Valparaíso: C. Kirsinger Cia.
- Ableton. (2020). *Ableton*. Obtenido de Tiempo Tempo:  
<https://learningmusic.ableton.com/es/make-beats/beat-and-tempo.html> el 06 de octubre de 2020
- Angel, R., Camus, S., & Mansilla, C. (2008). *Plan de Apoyo técnico musical dirigido a los profesores de Educación General Básica, principalmente en NB1 y NB2. Tesis de Pregrado*. Valparaíso: Universidad de Playa Ancha.
- Arduino. (2020). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/> el 12 de agosto de 2020
- Bernal Vázquez, J. (2005). *Apuntes para una nueva educación*. Publicaciones: Facultad de Educación y Humanidades del Campus de Melilla, no 35, p. 61-74.
- Calvo-Valverde, L.-A. (2015). Metodología iterativa de desarrollo de software para microempresas. *Revista Tecnología en Marcha* 28 (3), 99-115.
- Cantelon, M., Harter, M., Holowaychuk, T. J., & Nathan, R. (2014). *Node.js In Action*. New York: Manning Publications.
- Codacy. (2020). *Codacy*. Obtenido de <https://www.codacy.com/> el 10 de octubre de 2020
- Codacy Rhythme*. (10 de octubre de 2020). Obtenido de <https://app.codacy.com/manual/driverco/Rhythme>
- Congreso de Colombia. (2012). *Ley estatutaria 1581*.
- Congreso de Colombia. (2018). *Ley 1915 de 12 de julio*.

- da Silveira Borne, L. (2016). Tecnologías en la educación musical a distancia en contextos universitarios brasileños. Una mirada hacia la práctica docente. *Cuadernos de Música, Artes Visuales y Artes Escénicas. Vol 11*, 1-19.
- Dabbish, L., Stuart, C., Tsay, J., & Herbsleb, J. (2012). *Social Coding in GitHub: Transparency and Collaboration*. Seattle: Proceedings of the ACM 2012 conference on computer supported cooperative work (pp. 1277-1286).
- EcuRed. (2020). *EcuRed*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/JavaScript> el 06 de octubre
- Edel-Navarro, R. (2010). Entornos virtuales de aprendizaje. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 7-15.
- Facebook Inc. (2020). *React*. Obtenido de <https://es.reactjs.org/> el 12 de agosto de 2020
- Fontawesome. (2020). *Fontawesome*. Obtenido de <https://fontawesome.com/how-to-use/on-the-web/using-with/react> el 06 de octubre de 2020
- Gardner, H. (1993). *Frames Of Mind: The Theory Of Multiple Intelligences*. New York: Basic books.
- GitHub Docs*. (02 de octubre de 2020). Obtenido de <https://docs.github.com/es/free-pro-team@latest/github/collaborating-with-issues-and-pull-requests/about-pull-requests>
- Google. (2020). *Firebase*. Obtenido de Firebase hosting: <https://firebase.google.com/products/hosting> el 10 de octubre de 2020
- Google. (2020). *Lighthouse*. Obtenido de <https://developers.google.com/web/tools/lighthouse?hl=es> el 10 de octubre de 2020

- Gruhn, W., & Rauscher, F. H. (2007). The Neurobiology of Learning: New approaches to music pedagogy conclusions and implications. En W. Gruhn, & F. H. Rauscher, *Neurosciences in Music Pedagogy* (págs. 263-278). New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Hormigos, J., & Martín Cabello, A. (2004). La construcción de la identidad juvenil a través de la música. *Revista Española de Sociología*, 259-270.
- Ibarra Ovando, R. (2009). Neuroanatomía y Neurofisiología del aprendizaje y memoria musical. *Boletín Electrónico de Investigación de la Asociación Oaxaqueña de Psicología. A.C.* Vol. 5, 39 - 51.
- Jowett, B. (1888). *The republic of Plato*. New York: Macmillan.
- Károlyi, O. (2003). *Introducción a la música*. Alianza Editorial.
- Katalon LLC. (2020). *Katalon*. Obtenido de <https://www.katalon.com/> el 10 de octubre de 2020
- López Toro, R. G. (2016). *Aprender un instrumento sin profesor. La Práctica Musical Colectiva como estrategia metodológica para la formación musical de niños y jóvenes en Colombia a través de la conformación de bandas sinfónicas*. Tesis de maestría. Universidad EAFIT.
- Lucato, M. (2001). El método Kodály y la formación del profesorado de música. *Revista de La Lista Electrónica Europea de Música En La Educación, LEEME*, 7, 1 - 7.
- Ministerio Cultura de Colombia. (2019). *Viajeros del pentagrama*. Obtenido de <http://www.viajerosdelpentagrama.gov.co/> el 10 de febrero de 2020
- Moncada, A. (2020). *Compartir Palabra Maestra*. Obtenido de <https://www.compartirpalabramaestra.org/recursos/herramientas/oido-perfecto-una-app-para-entrenamiento-auditivo-musical-dentro-y-fuera-del->



Wikipedia. (2020). *Wikipedia*. Obtenido de Comás (música):

[https://es.wikipedia.org/wiki/Compás\\_\(música\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Compás_(música)) el 06 de octubre de 2020

Wikipedia. (2020). *Wikipedia*. Obtenido de Figura musical:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Figura\\_musical](https://es.wikipedia.org/wiki/Figura_musical) el 06 de octubre de 2020 el 10 de octubre de 2020

## Anexos

- **Anexo A. Formato de entrevista a docentes.**

Este formato de entrevista se utilizó para estandarizar la recolección de la información de las entrevistas que se realizaron a los docentes especializados en el área de percusión y ritmo, el objetivo fue obtener datos relevantes que aportarían al diseño y desarrollo del sitio web.

*Tabla 9. Preguntas entrevistas a docentes.*

<b>Pregunta</b>	<b>Tipo Respuesta</b>
1 - ¿Sus aprendices pueden practicar los patrones rítmicos sin necesidad del acompañamiento del docente?	Selección única (Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Casi Nunca, Nunca)
2 - ¿Cree que sus aprendices tengan acceso a un computador con internet?	Selección única (Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Casi Nunca, Nunca)
3 - ¿Cree que los aprendices tengan acceso a un computador con Google Chrome?	Selección única (Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Casi Nunca, Nunca)
4 - ¿Los estudiantes sin acompañamiento en la práctica autónoma tienen un correcto desempeño de los ejercicios dejados en clase?	Selección única (Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Casi Nunca, Nunca)
5 - ¿Considera que tener una herramienta con retroalimentación inmediata aportaría a sus clases?	Selección única (Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Casi Nunca, Nunca)
6 - ¿Cree que el aprendiz usaría una herramienta web interactiva para practicar sus ejercicios?	Selección única (Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Casi Nunca, Nunca)
7 - ¿una posible herramienta web interactiva aportaría a sus aprendices en la práctica de patrones rítmicos?	Selección única (Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Casi Nunca, Nunca)

Tabla 10. Preguntas entrevistas a docentes (continuación...).

<b>Pregunta</b>	<b>Tipo Respuesta</b>
8 - ¿Qué conceptos musicales cree usted que debería tener un sitio de aprendizaje rítmico?	Respuesta Abierta
9 - ¿Si los conceptos de la respuesta a la pregunta anterior son presentados de manera multimedia aportarán al proceso de aprendizaje de sus alumnos?	Selección única (Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Casi Nunca, Nunca)
10 - ¿Tener un multipad basado en un teclado de computador permitirá que sus alumnos practiquen los patrones fácilmente?	Selección única (Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Casi Nunca, Nunca)
11 - ¿Teniendo los materiales (teclado, balsa 1cm x 1cm x 1cm, tablitas 6cmx6cm, pegante) cree que los aprendices harían el multipad?	Selección única (Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Casi Nunca, Nunca)
12 - ¿Usted como docente motivaría a los aprendices para hacer el multipad?	Selección única (Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Casi Nunca, Nunca)
13 - ¿Qué controles debe tener una herramienta de software para la práctica de patrones rítmicos?	Respuesta Abierta
14 - La retroalimentación para el aprendiz en una herramienta de Software que permita la práctica de patrones rítmicos debe generar una retroalimentación acerca de la precisión de cada golpe de tipo:	Selección múltiple

Fuente: elaboración propia.

- **Anexo B. Historias de usuario.**

Las 27 historias de usuario creadas para este anexo se pueden consultar en la siguiente dirección:

<https://drive.google.com/file/d/1qaY6ZWKNWHgsztNa2vS8i8gY5YsTnte1/view?usp=sharing>

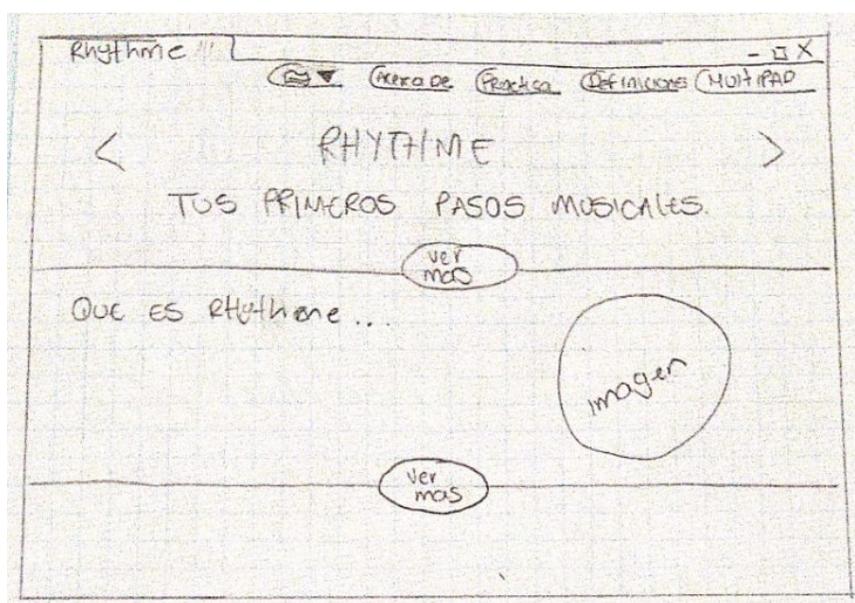
- **Anexo C. Mockups.**

### Mockups diseños hechos a mano

Se crearon los diseños de interfaz de usuario manualmente, que fueron usados como apoyo en el desarrollo del sitio web, posterior a su aprobación se realizó el diseño final en la aplicación Adobe XD.

A continuación, en la figura 39 se presenta el bosquejo elaborado a mano de la interfaz de usuario, donde se muestra el diseño de cada una de las secciones del sitio web: página de inicio, el menú de interacción, y el contenido de la página principal.

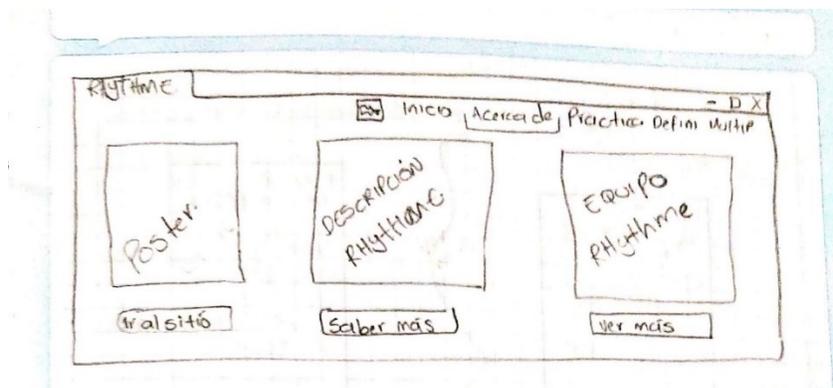
Figura 39. Bosquejo elaborado a mano página inicio.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 40, se presenta el bosquejo elaborado a mano de la interfaz de usuario, donde se muestra el diseño de la sección de acerca de del sitio web que muestra el contenido con el que quedo desarrollado, cuenta con tres secciones: Póster, Descripción del proyecto y el equipo de trabajo.

Figura 40. Bosquejo elaborado a mano página acerca de.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 41, se presenta el bosquejo elaborado a mano de la interfaz de usuario, donde se muestra el diseño de la sección de acerca de, muestra el contenido que encuentra el usuario cuando ingrese a la sección de descripción del proyecto, encontrará la información general del proyecto e imágenes de este.

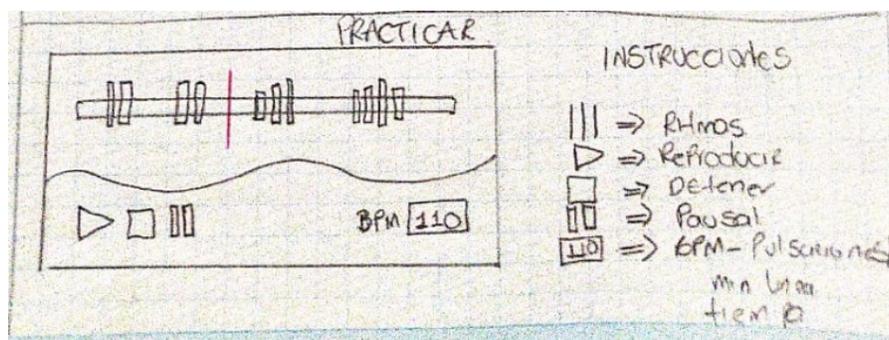
Figura 41. Bosquejo elaborado a mano página acerca de.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 42, se presenta el bosquejo elaborado a mano de la interfaz de usuario, donde se muestra el diseño de la sección de práctica del sitio web: página de player o juego, el menú de interacción, y el contenido de la página principal.

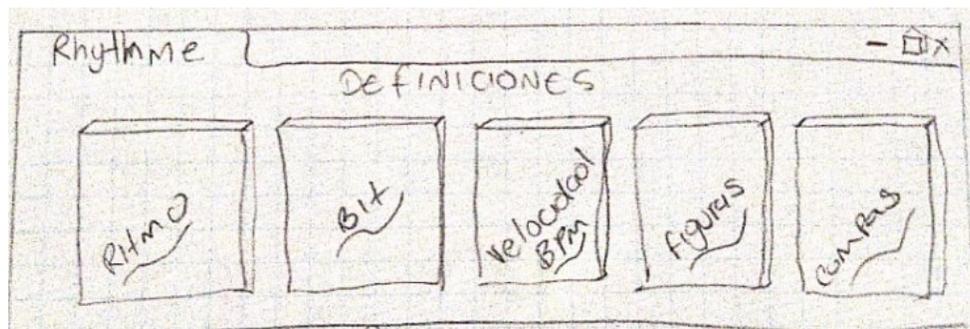
Figura 42. Bosquejo elaborado a mano página práctica.



Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 43 se presenta el bosquejo elaborado a mano de la interfaz de usuario, donde se muestra el diseño de la sección de definiciones: se puede visualizar los cinco principales conceptos que encuentra el usuario.

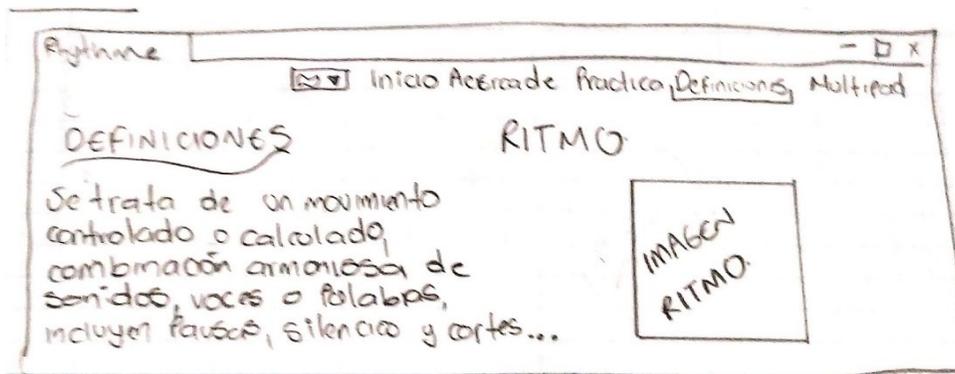
Figura 43. Bosquejo elaborado a mano página definiciones.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 44, se presenta el bosquejo elaborado a mano de la interfaz de usuario, donde se muestra el diseño de la sección de definiciones, muestra el contenido de una definición que encontrará el usuario junto con una imagen alusiva a la descripción.

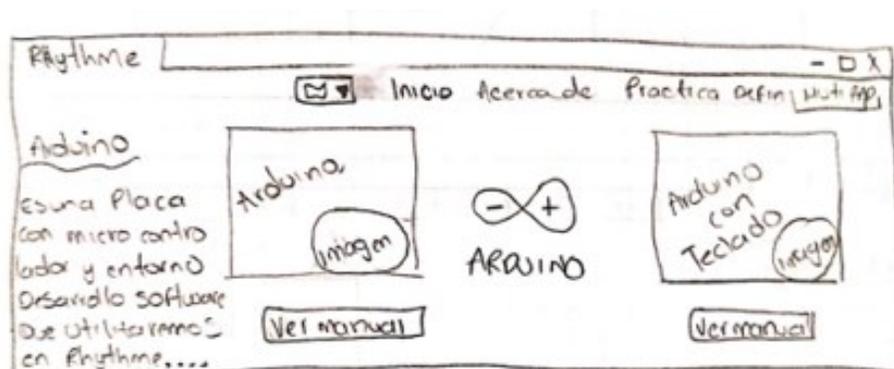
Figura 44. Bosquejo elaborado a mano sección definiciones ritmo.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 45, se presenta el bosquejo elaborado a mano de la interfaz de usuario, donde se muestra el diseño de la sección de multipad, muestra el contenido de la sección completa, consta de tres secciones: descripción de Arduino, ver manual Arduino y ver manual teclado con Arduino, que encontrará el usuario junto con una imagen alusiva a la descripción.

Figura 45. Bosquejo elaborado a mano página multipad.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 46, se presenta el bosquejo elaborado a mano de la interfaz de usuario, donde se muestra el diseño de la sección de multipad, muestra el contenido de la sección completa, consta de dos secciones: ver manual Arduino y ver manual teclado con Arduino, que encontrará el usuario junto con una imagen alusiva a la descripción.

Figura 46. Bosquejo elaborado a mano sección multipad, manuales.



Fuente: elaboración propia.

## Diseños de interfaz de usuario finales

Se crearon los prototipos de diseños de interfaz de usuario que fueron usados como apoyo en el desarrollo final del sitio web Rhythme que se diseñaron en la aplicación Adobe XD.

La figura 47, corresponde a la página de inicio del sitio web Rhythme donde se puede visualizar: el nombre de la aplicación, el menú (en la parte superior derecha), el botón desplegable que cuenta con la opción del cambio de idioma entre español e inglés, y por último se observa el resto del contenido de la página, el cual explica que es Rhythme.

Figura 47. Página de inicio.



Fuente: elaboración propia.

La figura 48, corresponde a la página de inicio del sitio web Rhythme donde se puede visualizar: el nombre de la aplicación, el menú (en la parte superior derecha), se visualiza la página corriendo en el idioma español.

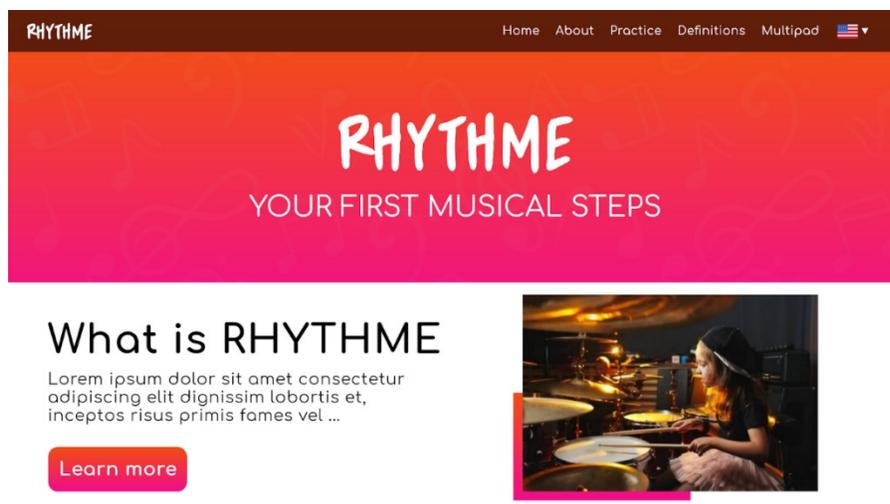
Figura 48. Página de inicio en idioma español.



Fuente: elaboración propia.

La figura 49, corresponde a la página de inicio del sitio web Rhythme donde se puede visualizar: el nombre de la aplicación, el menú (en la parte superior derecha), se visualiza la página corriendo en el idioma inglés.

Figura 49. Página de inicio en idioma inglés.



Fuente: elaboración propia.

La figura 50, corresponde a la página “Acerca de” donde se visualiza la descripción del sitio web Rhythme, compuesto por: poster, descripción de la aplicación y el equipo de trabajo del proyecto Rhythme.

Figura 50. Página acerca de.



Fuente: elaboración propia.

La figura 51, corresponde a la página “Acerca de” donde se visualiza la descripción del sitio web Rhythme, compuesto una descripción de la aplicación e imágenes del sitio.

Figura 51. Página acerca de, sección descripción Rhythme.



Fuente: elaboración propia.

La figura 52, corresponde a la página “Acerca de”, se muestra el equipo de trabajo, habla de los integrantes, una breve descripción del perfil e imagen.

Figura 52. Página acerca de, sección equipo de trabajo.



Fuente: elaboración propia.

La figura 53, corresponde a la página de “Práctica” del sitio web Rhythme la cual consta de la interfaz gráfica de reproducción del juego, el botón “Saber más”, “Jugar” y las instrucciones que va a encontrar el usuario al interactuar con el player de Rhythme.

Figura 53. Página de práctica.



Fuente: elaboración propia.

La figura 54, corresponde a la página de “Práctica” en la sección de jugar/player, consta de la interfaz gráfica de reproducción del juego, se visualiza los botones: restart, play/pause, BPM, nombre del patrón, cambiar patrón y las estadísticas del juego.

Figura 54. Página de práctica.



Fuente: elaboración propia.

La figura 55, representa la sección editar patrones de la página “Práctica” en la sección de jugar/player, se podrá editar los patrones predefinidos de la lista, lista de instrumentos, y finalizar edición.

Figura 55. Página práctica sección editar patrón.



Fuente: elaboración propia.

La figura 56, corresponde a la página de definiciones que encontrará el usuario, consta de cinco secciones (ritmo, bit, velocidad, figuras y compás) cada una representada con una imagen alusiva al termino y el botón de aprender más.

Figura 56. Página definiciones.



Fuente: elaboración propia.

La figura 57, corresponde a la sección ritmo de la página de definiciones que encontrará el usuario, cuando de clic en “aprende más” sobre una de las cinco definiciones se visualizará la descripción del término con una imagen alusiva.

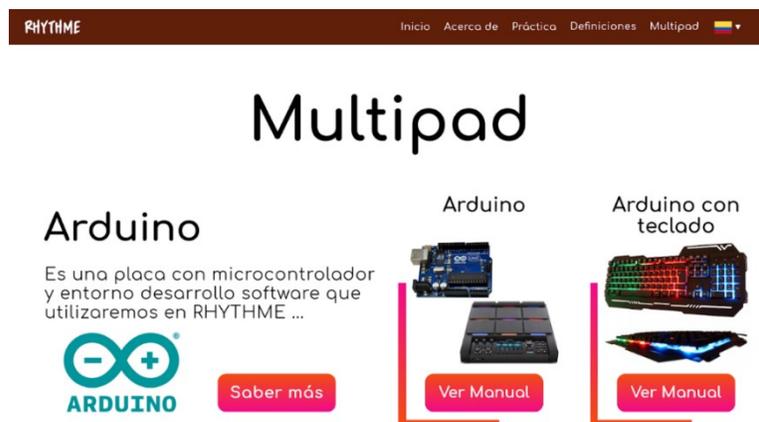
Figura 57. Página definiciones, sección ritmo.



Fuente: elaboración propia.

La figura 58, representa la página de multipad, cuando el usuario ingrese a esta sección encontrará las siguientes secciones: Arduino, multipad hecho con Arduino y con teclado multipad, cada uno con un botón de para ver más de su contenido.

Figura 58. Página multipad.



Fuente: elaboración propia.

La figura 59, muestra la sección ver manual de multipad con Arduino de la página de multipad, cuando el usuario presione sobre el botón ver manual visualizará el contenido.

Figura 59. Página multipad, sección ver manual multipad con Arduino.



Fuente: elaboración propia.

La figura 60, corresponde a la sección de ver manual de multipad con teclado de la página de multipad, cuando el usuario presione sobre el botón ver manual visualizará el contenido.

*Figura 60. Página multipad, sección ver manual multipad con teclado.*



*Fuente: elaboración propia.*

- **Anexo D. Casos de prueba.**

Los casos de prueba realizados para este proyecto pueden ser consultados en la siguiente dirección:

[https://drive.google.com/file/d/1E2qIb2\\_bgeIUzVOS0RH9SaXMPHwksMxa/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1E2qIb2_bgeIUzVOS0RH9SaXMPHwksMxa/view?usp=sharing)