



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

Reproductor de audio digital con control de velocidad de reproducción

Autor:

Florencia Battocchia

Director:

Pablo Slavkin (pertenencia)

Jurados:

Nombre y Apellido (1) (pertenencia (1))

Nombre y Apellido (2) (pertenencia (2))

Nombre y Apellido (3) (pertenencia (3))

*Este trabajo fue realizado en el curso de Gestión de proyectos
entre el 22 de junio de 2020 y el 22 de Agosto de 2020.*

Índice

Registros de cambios	3
Acta de constitución del proyecto.	4
Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
Identificación y análisis de los interesados.	7
1. Propósito del proyecto	7
2. Alcance del proyecto	7
3. Supuestos del proyecto.	8
4. Requerimientos	8
5. Entregables principales del proyecto	9
6. Desglose del trabajo en tareas	9
7. Diagrama de Activity On Node	11
8. Diagrama de Gantt.	11
9. Matriz de uso de recursos de materiales	19
10. Presupuesto detallado del proyecto	22
11. Matriz de asignación de responsabilidades	22
12. Gestión de riesgos	25
13. Gestión de la calidad	26
14. Comunicación del proyecto	26
15. Gestión de Compras	26
16. Seguimiento y control.	26
17. Procesos de cierre	27

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	22/06/2020
1.1	Se modifica el título del documento Se modifica el Acta de constitución del proyecto Se modifica la Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar Se realiza la tabla de Identificación y análisis de los interesados Se modifican las secciones 1,2,3 y 5	31/07/2020
1.2	Se realiza el diagrama de Activity On Node Se realiza el diagrama de Gantt Se realiza la matriz de recursos materiales Se realiza el presupuesto detallado del proyecto Se realiza la matriz de responsables	4/08/2020

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 22 de junio de 2020

Por medio de la presente se acuerda con la Ing. Florence Battocchia que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Reproductor de audio digital con control de velocidad de reproducción”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un dispositivo que almacena y reproduce un archivo de audio digital al cual se le podrá variar la velocidad de reproducción del audio de forma permanente o temporal, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$243.550, con fecha de inicio 22 de junio de 2020 y fecha de presentación pública 1 de junio de 2021.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Matias Battocchia
Cliente particular

Pablo Slavkin
Director del Trabajo Final

Nombre y Apellido (1)
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (2)
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (3)
Jurado del Trabajo Final

Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

Los primeros reproductores digitales para discjockeys aparecen a finales de los 80, su finalidad es poder reproducir la música almacenada en CDs de audio de manera similar a como se puede hacer con los platos giradiscos, es decir, pudiendo modificar la velocidad a la que se reproduce el tema para acompañarlo a otro ya sonando.

En 1993 comienza en este tipo de aparatos una fuerte revolución de la mano de Pioneer, que comercializa el CDJ-300, primer reproductor de la gama CDJ, gama que posteriormente ha dominado el mercado profesional de reproductores para DJ. Denon también desde el año 93 ha lanzado reproductores profesionales de gran aceptación, siendo la segunda marca en importancia por detrás de Pioneer en el mercado profesional.

En 2001 Pioneer volvió a revolucionar el mercado con el CDJ-1000, un reproductor de CDs capaz de emular más que cualquier otro producto lanzado hasta el momento el funcionamiento de un plato giradiscos gracias a que con su jog de gran tamaño se podían emular las técnicas de scratch que se realizan con platos y vinilos.

A partir del año 2002 comienzan a surgir reproductores profesionales con capacidad para reproducir archivos MP3. Desde el año 2007 la capacidad de reproducir archivos MP3 comienza a convertirse en algo habitual en casi todos los reproductores, que ya son capaces de leer este tipo de archivos desde discos CD-R, pendrives USB o tarjetas de memoria. En la actualidad muchos dispositivos son capaces también de leer otros formatos como el M4A o el AAC, así como formatos sin compresión como WAV o AIFF.

En los últimos 5 años se han popularizado también los reproductores que pueden ser empleados como controladores MIDI con software para Djs.

Si bien en el mercado existe una gran variedad de estos equipos y con múltiples funciones (*display, play/pause, CUE, track search, autocue, pitch control, pitch bend, master tempo, tempo range, jogwheel, loop, hot cue, navegación, efectos, slip*) son importados y extremadamente caros por ejemplo se muestra en la figura 1 un equipo Pioneer Cdj-2000 Nexus, que cuesta \$454.400



Figura 1: Pioneer Cdj-2000 Nexus

El presente proyecto se destaca especialmente por desarrollar una alternativa económica y que mantenga la funcionalidad simple del vinilo pero en forma digital, implementando las funcionalidades de *play/pause, pitch control, pitch Bend*. El control *play/pause* se realiza con un botón y su función es iniciar la reproducción o ponerla en pausa. El *pitch control* se lleva a cabo

con un potenciómetro deslizante y su función es la de modificar la velocidad de reproducción de la canción, posicionado en la parte central de su recorrido, la velocidad de reproducción no es afectada, deslizándolo hacia abajo aumenta y hacia arriba disminuye la velocidad de reproducción del audio. El control *pitch Bend* se realiza con dos botones marcados como + y -, mientras se pulsan la velocidad de reproducción varía momentaneamente, uno la aumenta y el otro la disminuye.

Un diagrama general del trabajo se presenta en la figura 2. El procesador de audio digital se encuentra representado por el bloque amarillo, mientras que en los bloques color azul se encuentra representado el ambiente con el cual interactúa el procesador. En la entrada del procesador se encuentra la consola que contiene la interfaz con el usuario y la unidad de almacenamiento que contiene el audio en formato wav PCM (*Pulse-Code Modulation*). El procesador lee el audio almacenado y lo procesa según los eventos que recibe de la consola. En la salida se encuentra el DAC que convierte la señal de digital a analógica y se le aplica un filtro de reconstrucción. La salida de audio presenta formato RCA y se conecta a un equipo con entrada line-in que pre-amplifica la señal y permite escuchar la canción como por ejemplo un *mixer* (mezcladora), este se encuentra en el recuadro verde y no pertenece al desarrollo del proyecto.

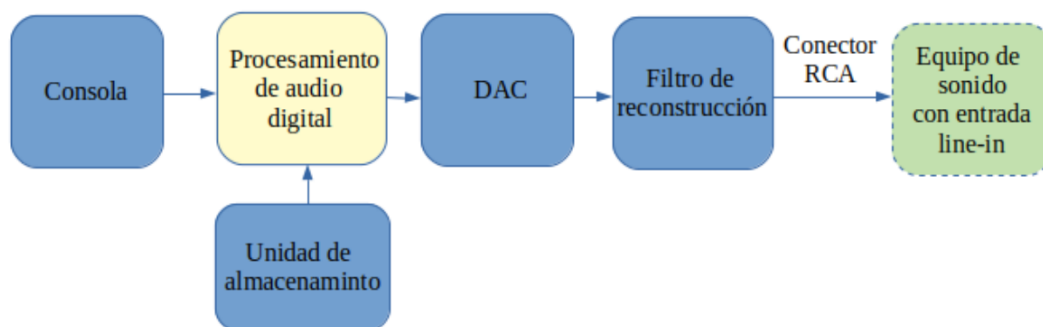


Figura 2: Diagrama general del equipo.

En la siguiente figura 3 se detalla la interfaz con el usuario, donde el potenciómetro lineal varía la velocidad de reproducción del audio de forma permanente (*pitch control*), aumentando la velocidad cuando se desplaza hacia abajo, produciendo un sonido mas agudo y disminuyendo la velocidad cuando se lo desplaza hacia arriba produciendo un sonido mas grave. Los botones con símbolos menos (-) y mas (+) cambian la velocidad de reproducción del audio de forma temporal mientras se los mantiene pulsados (*pitch bend*), también se puede observar en esta figura el botón de play/pausa.

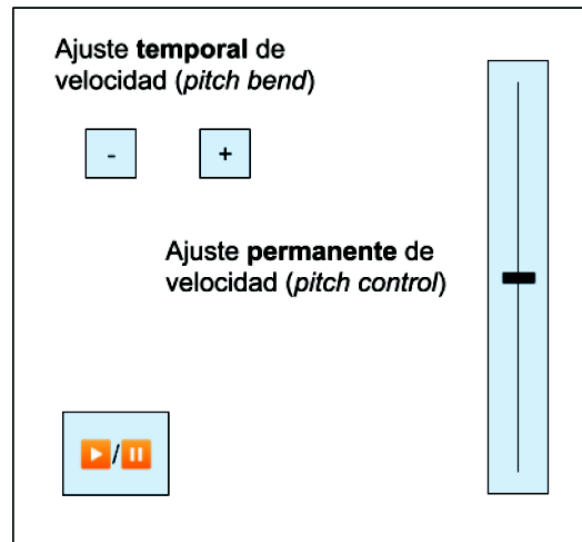


Figura 3: Interfaz de usuario.

Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Matias Battocchia	Cliente particular	
Responsable	Florencia Battocchia	FIUBA	Alumno
Orientador	Pablo Slavkin	pertenencia	Director Trabajo final
Usuario final	Matias Battocchia	Cliente particular	

1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un reproductor de audio digital con control de velocidad de reproducción para obtener un dispositivo de características similares a las del vinilo en forma digital a un costo inferior a los existentes en el mercado.

2. Alcance del proyecto

El siguiente proyecto incluye:

- Soporte para almacenamiento de audio.
- Control de velocidad de la reproducción del audio de forma temporal.
- Control de velocidad de la reproducción del audio de forma permanente.
- Reproducción y pausa del audio.

- Salida de audio por dos canales.

El presente proyecto no incluye:

- Formatos de audio comprimido MP3, AAC, FLAC, ALAC.
- Pantalla LCD con información de la pista, tiempo transcurrido, tiempo restante, valor de ajuste de velocidad, forma de onda.
- Controles adicionales para seleccionar y cargar pistas.

3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se tiene acceso al instrumental de testeo necesario (osciloscopio, analizador de espectro)
- Se podrán dedicar entre 2hs y 4hs diarias al desarrollo del proyecto fuera del horario laboral

4. Requerimientos

1. Requerimientos del sistema operativo:

- 1.1. Se deberá utilizar un sistema operativo de tiempo real.

2. Requerimientos de Hardware:

- 2.1. Se deberá utilizar la CIAA-NXP como computadora principal.
- 2.2. Se deberá utilizar un DAC de audio.
- 2.3. Deberá utilizar un conector RCA estéreo para conectar el dispositivo a un equipo con entrada line-in.

3. Requerimientos de la interfaz de usuario:

- 3.1. Deberá tener un botón de reproducción/pausa del audio.
- 3.2. Deberá tener 2 botones de ajuste temporal de velocidad que disminuyen o incrementan la velocidad mientras se encuentran pulsados.
- 3.3. Deberá tener un potenciómetro lineal para el ajuste permanente de velocidad.

4. Requerimientos de fuente de audio:

- 4.1. Se deberá almacenar el archivo de audio en en una memoria SD
- 4.2. El archivo de audio deberá tener formato .wav con 44100 Hz, calidad estéreo de 16 bits.

- 4.3. El archivo de audio deberá tener formato PCM.
5. Requerimientos de salida de sonido:
 - 5.1. La velocidad normal de reproducción del audio deberá ser de 44100 Hz.
 - 5.2. El *pith control* deberá aumentar o disminuir la velocidad normal de reproducción hasta un 8 %.
 - 5.3. El *pinch bend* deberá aumentar o disminuir la velocidad normal de reproducción un 5 %.
 - 5.4. Se deberá implementar dos canales de salida.
 - 5.5. Se deberá presentar un nivel de distorsión mayor a 40 DB.
 - 5.6. El nivel de salida deberá ser de 2,0 Vrms.
6. Requerimientos de alimentación:
 - 6.1. La alimentación deberá ser de 5 VCC por medio de USB.

5. Entregables principales del proyecto

- Manual de uso
- Código fuente
- Esquemático de conexiónado.
- Informe final

6. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación del proyecto (20hs)
 - 1.1. Realizar la planificación del proyecto (20hs)
2. Recopilación general de información sobre el proyecto (80 hs)
 - 2.1. Realizar el análisis y elección de la electrónica y el microcontrolador a utilizar (10hs)
 - 2.2. Investigar sobre algoritmos de procesamiento de señales digitales en tiempo real (30hs)
 - 2.3. Investigar sobre técnicas de conversión de señal digital a analógica : DAC, PWM o r2r network dac (30hs)
 - 2.4. Buscar información sobre procesadores de audio comerciales (10 hs)
3. Diseño de hardware (20 hs)

- 3.1. Diseño esquemático de conexionado. (20hs)
4. Implementación de la consola (50hs)
 - 4.1. Realizar el circuito electrónico de la interfaz de usuario (15hs)
 - 4.2. Testeo de del circuito electrónico. (5hs)
 - 4.3. Realizar la lectura de las entradas de la interfaz de usuario. (30hs)
5. Adquisición de audio de la memoria SD (32hs)
 - 5.1. Realizar circuito electrónico para conectar la memoria SD. (5hs)
 - 5.2. Testeo del circuito electrónico. (5hs)
 - 5.3. Buscar audio que cumpla con el requisito 4. y almacenarlo en la memoria SD. (2hs)
 - 5.4. Realizar la lectura del audio almacenado en la tarjeta SD. (20hs)
6. Implementación del sistema operativo (40hs)
 - 6.1. Implementar sistema operativo RTEMS (20hs)
 - 6.2. Implementar manejo de las interrupciones provenientes de la interfaz de usuario (20hs)
7. Implementación de algoritmos de procesamiento de señales (100hs)
 - 7.1. Implementar algoritmo de re-muestreo para controlar la velocidad de reproducción del audio. (40hs)
 - 7.2. Implementar algoritmo de filtro de interpolación.(40hs)
 - 7.3. Testeo de los algoritmos desarrollados (20 hs)
8. Salida de audio (68 hs)
 - 8.1. Desarrollo librería de generación del DAC por I2S (40hs)
 - 8.2. Realizar circuito electrónico del DAC externo en protoboard. (5hs)
 - 8.3. Testeo de la salida del DAC con osciloscopio y analizador de espectros. (5 hs)
 - 8.4. Realizar circuito electrónico del filtro de reconstrucción en protoboard. (5hs)
 - 8.5. Realizar circuito electrónico del conector RCA en protoboard. (5hs)
 - 8.6. Testeo de los circuitos electrónico. (8hs)
9. Integración del sistema (30hs)
 - 9.1. Integración de los módulos del sistema (20hs).
 - 9.2. Testeo de funcionamiento (10hs).
10. Pruebas (80hs)
 - 10.1. Desarrollar herramientas de testeo, debug y validación. (40 hs)
 - 10.2. Realizar las pruebas de validación del sistema (40 hs)
11. Documentación (80 hs)
 - 11.1. Realizar el informe final del proyecto (50hs)
 - 11.2. Realizar el manual de uso (30hs)

Cantidad total de horas: (600 hs)

7. Diagrama de Activity On Node

En la siguiente figura 4 observa el diagrama de Activity On Node.

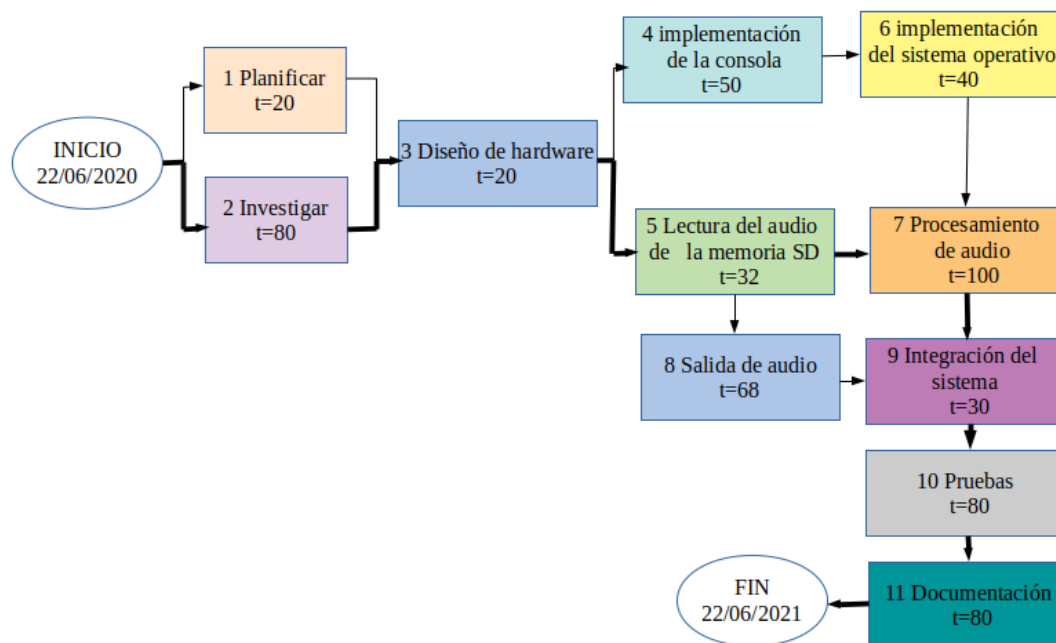


Figura 4: Diagrama en *Activity on Node*

Los tiempos expresados en el diagrama se encuentran en horas. El color de cada recuadro representa el grupo de tareas contenidas en el punto.

8. Diagrama de Gantt

A continuación se observa el diagrama de Gantt 12

Tarea

EDT	Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
1	Planificación del proyecto	1/07/20	7/07/20
1.1	Realizar la planificación del proyecto	1/07/20	7/07/20
2	Recopilación general de información sobre el proyecto	8/07/20	6/08/20
2.1	Realizar el análisis y elección de la electrónica y el microcontrolador a utilizar	8/07/20	10/07/20
2.2	Investigar sobre algoritmos de procesamiento de señales digitales en tiempo real	13/07/20	22/07/20
2.3	Investigar sobre técnicas de conversión de señal digital a analógica	23/07/20	3/08/20
2.4	Buscar información sobre procesadores de audio comerciales	4/08/20	6/08/20
3	Diseño de hardware	7/08/20	14/08/20
3.1	Diseño esquemático de conexionado	7/08/20	14/08/20
4	Implementación de la consola	17/08/20	31/08/20
4.1	Realizar el circuito electrónico de la interfaz de usuario	17/08/20	19/08/20
4.2	Testeo de del circuito electrónico	20/08/20	20/08/20
4.3	Realizar la lectura de las entradas de la interfaz de usuario.	21/08/20	31/08/20
5	Adquisición de audio de la memoria SD	1/09/20	15/09/20
5.1	Realizar circuito electrónico para conectar la memoria SD.	1/09/20	2/09/20
5.2	Testeo del circuito electrónico	3/09/20	4/09/20
5.3	Burcar audio que cumpla con el requisito y almacenarlo en la memoria SD	7/09/20	7/09/20
5.4	Realizar la lectura del audio almacenado en la tarjeta SD	8/09/20	15/09/20
6	Implementación del sistema operativo	16/09/20	5/10/20
6.1	Implementar sistema operativo RTEMS	16/09/20	24/09/20
6.2	Implementar manejo de las interrupciones provenientes de la interfaz de usuario	25/09/20	5/10/20
7	Implementación de los algoritmos de procesamiento de señales	6/10/20	25/11/20

Figura 5: Diagrama de *Gantt*

Tarea

EDT	Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
7.1	Implementar algoritmo de re-muestreo para aumentar y disminuir la velocidad de reproducción del audio	6/10/20	26/10/20
7.2	Implementar algoritmo de interpolación	27/10/20	16/11/20
7.3	Testeo de los algoritmos desarrollados	17/11/20	25/11/20
8	Salida de audio	26/11/20	31/12/20
8.1	Desarrollo librería de generación del DAC por I2S	26/11/20	16/12/20
8.2	Realizar circuito electrónico del DAC externo en protoboard	17/12/20	18/12/20
8.3	Testeo de la salida del DAC con osciloscopio y analizador de espectros	21/12/20	22/12/20
8.4	Realizar circuito electrónico del filtro de reconstrucción en protoboard	23/12/20	24/12/20
8.5	Realizar circuito electrónico del conector RCA en protoboard.	25/12/20	28/12/20
8.6	Testeo de los circuitos electrónico.	29/12/20	31/12/20
9	Integración del sistema	1/02/21	15/02/21
9.1	Integración de los módulos del sistema	1/02/21	9/02/21
9.2	Testeo de funcionamiento	10/02/21	15/02/21
10	Pruebas	16/02/21	29/03/21
10.1	Desarrollar herramientas de testeo, debug y validación	16/02/21	8/03/21
10.2	Realizar las pruebas de validación del sistema	9/03/21	29/03/21
11	Documentación	30/03/21	24/05/21
11.1	Realizar el informe final del proyecto	30/03/21	3/05/21
11.2	Realizar el manual de uso	4/05/21	24/05/21

Figura 6: Diagrama de *Gantt continuación*

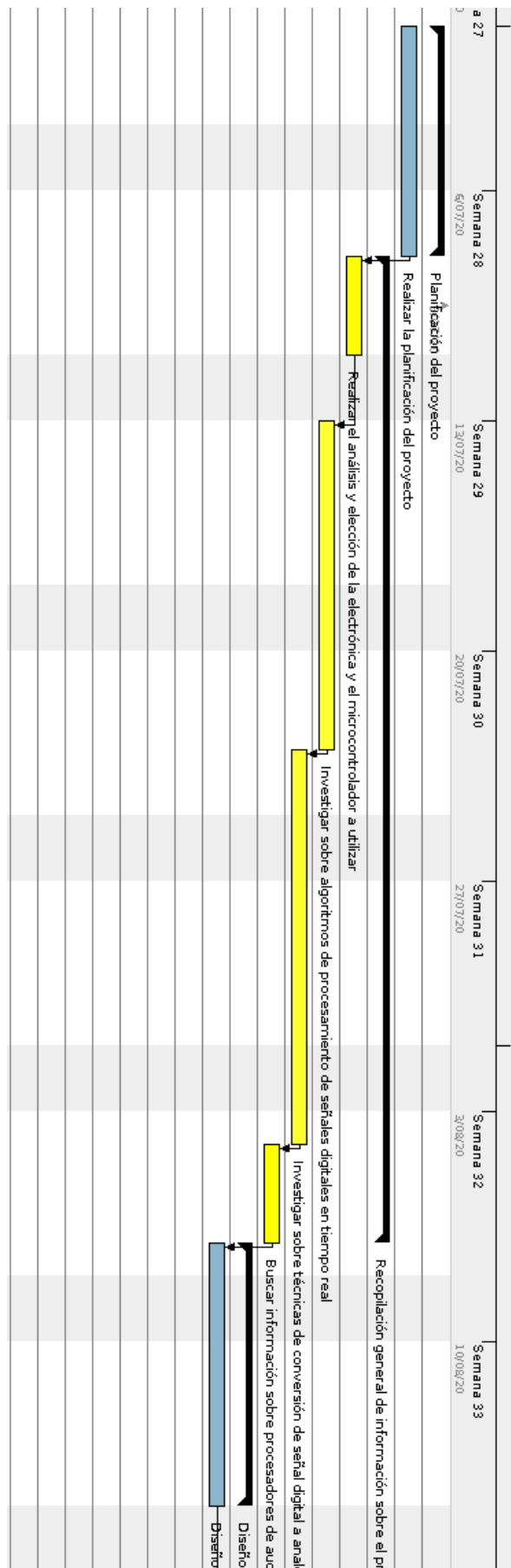


Figura 7: Diagrama de *Gantt continuación*

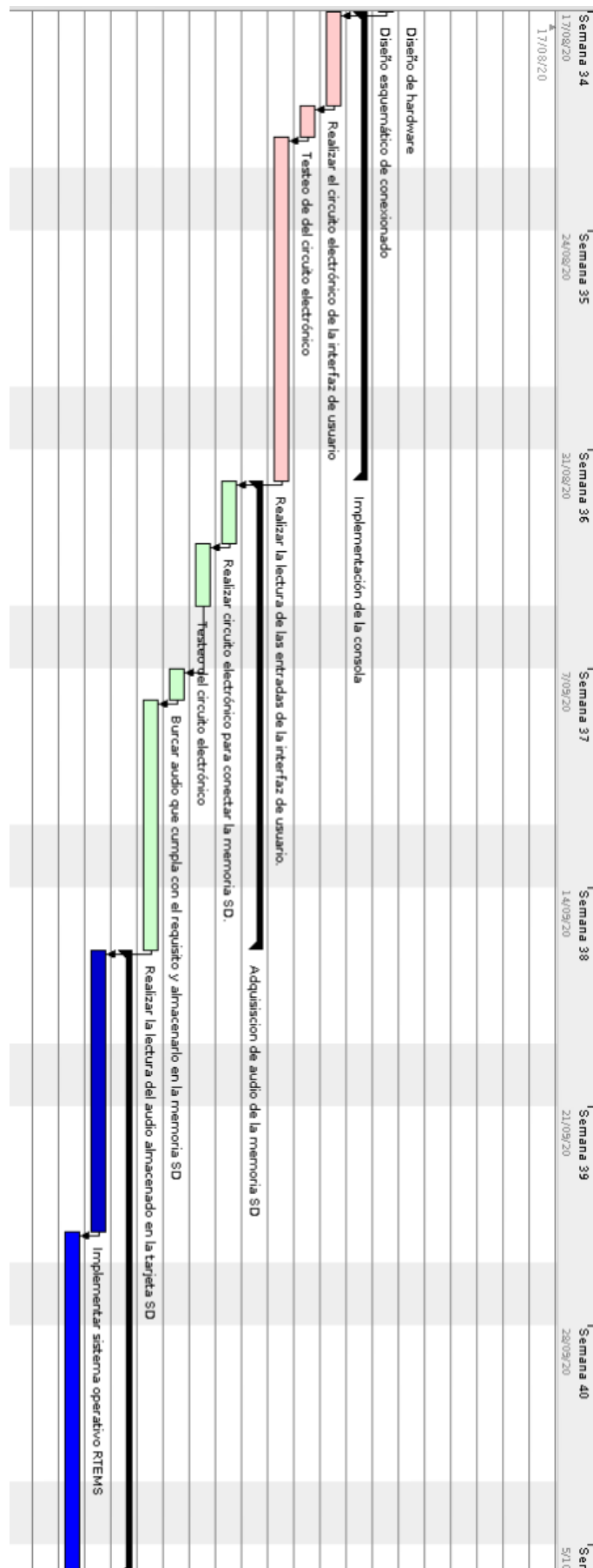


Figura 8: Diagrama de *Gantt continuación*

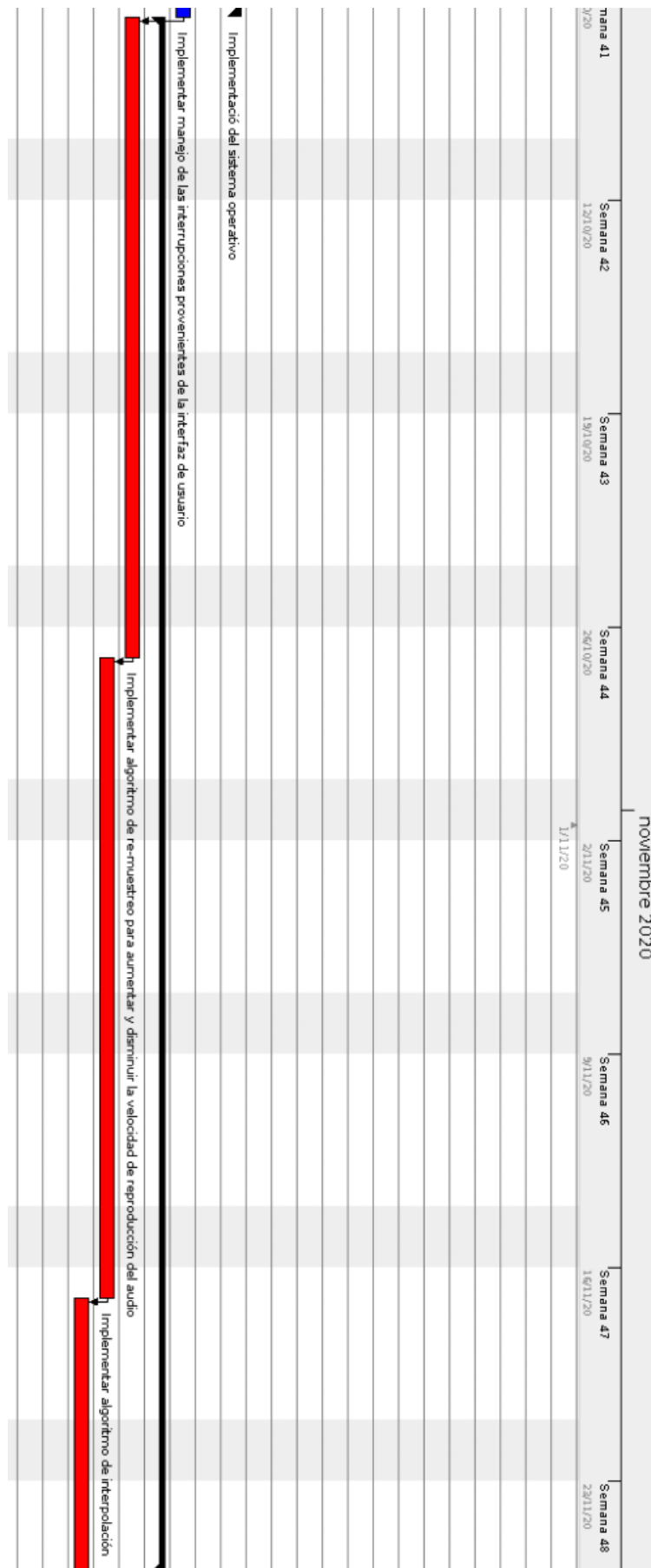


Figura 9: Diagrama de *Gantt continuación*

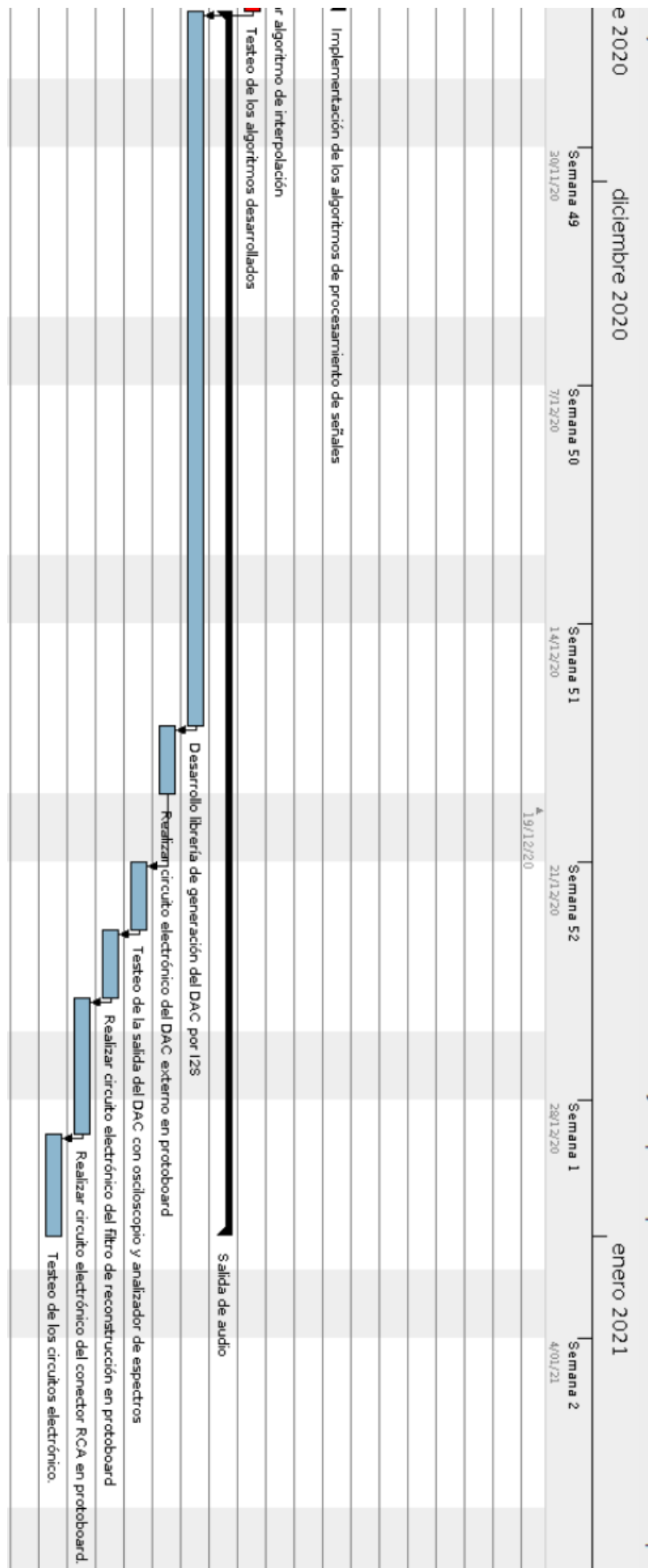


Figura 10: Diagrama de *Gantt continuación*

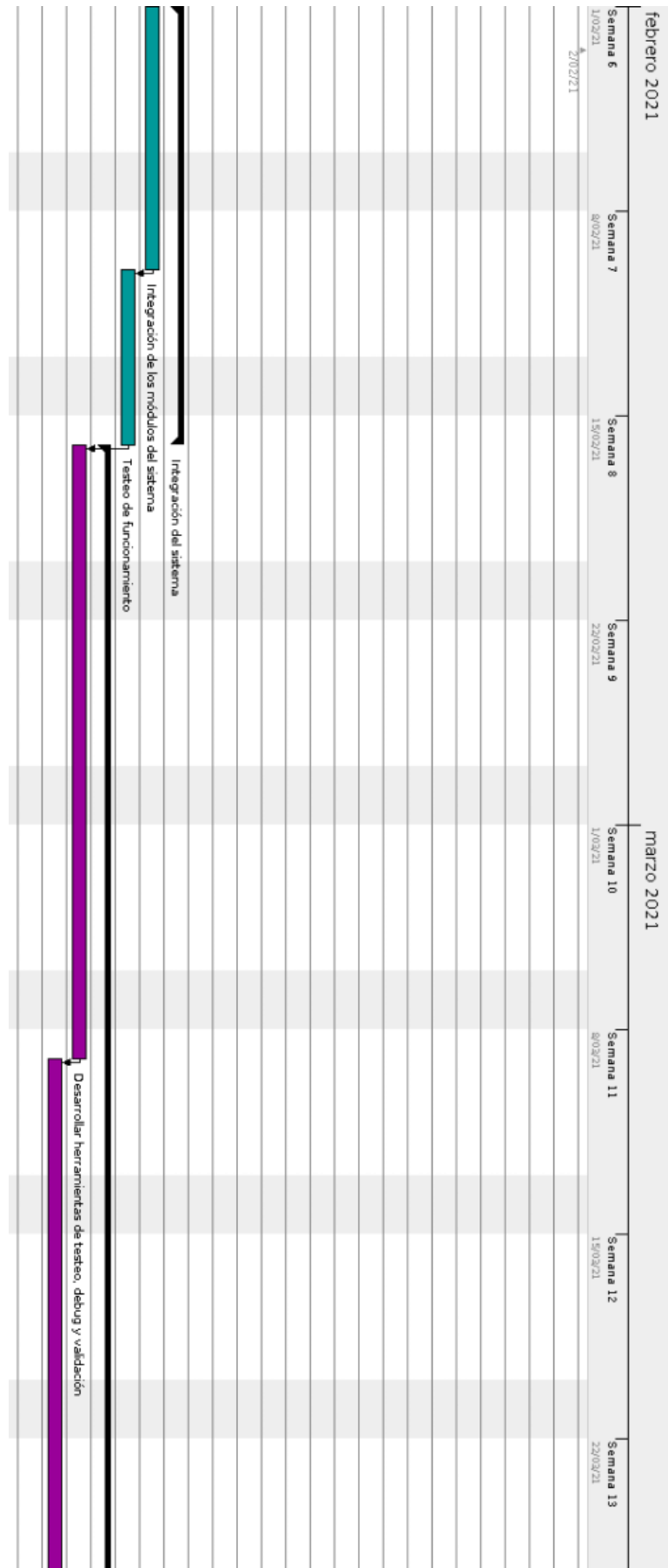


Figura 11: Diagrama de *Gantt continuación*

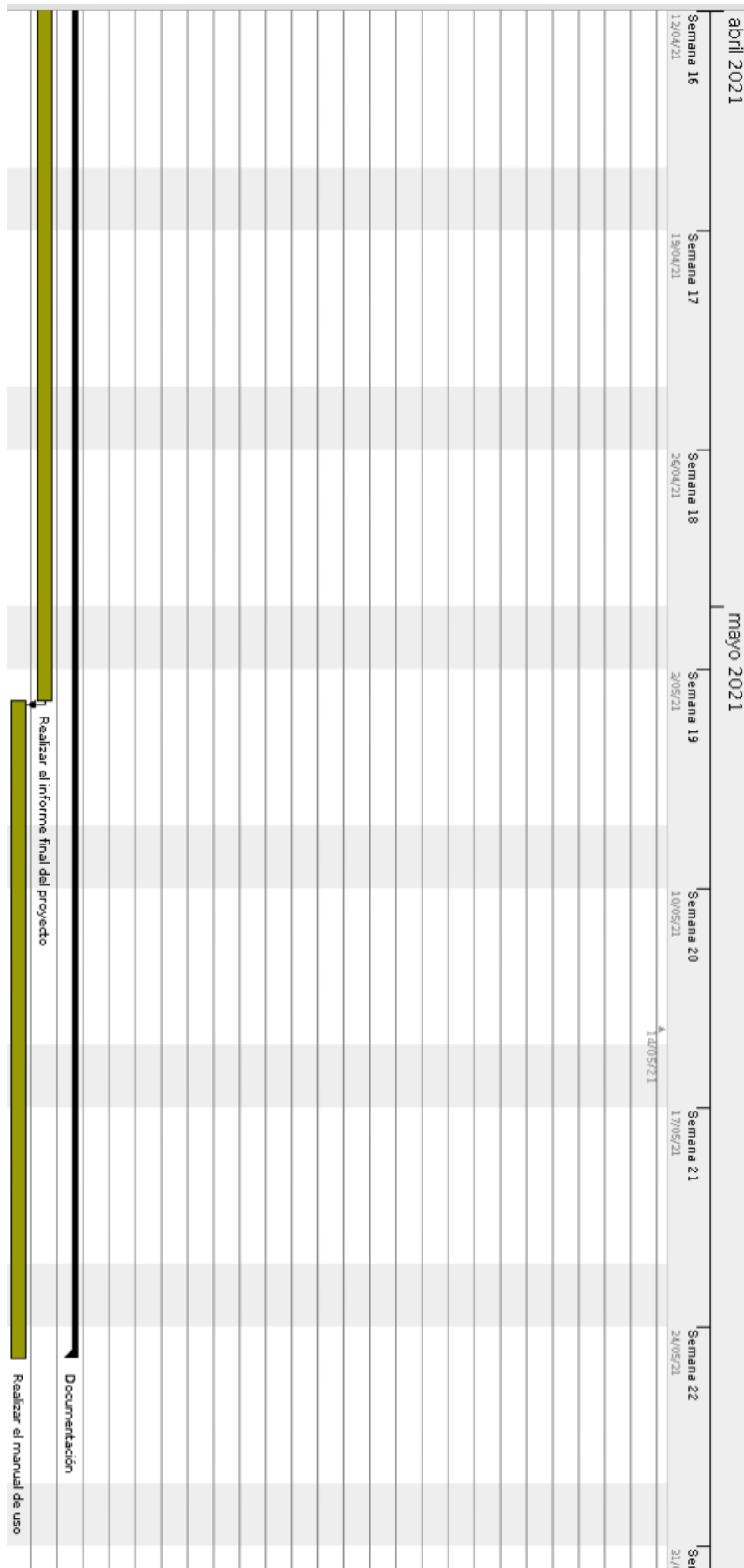


Figura 12: Diagrama de *Gantt continuación*

9. Matriz de uso de recursos de materiales

Código WBS	Nombre de la tarea	Recursos Requeridos (Horas)			
		PC	EDU-CIAA-NXP	Osciloscopio	Analizador de espectros
1	Planificación del proyecto				
1.1	Realizar la planificación del proyecto	20			
2	Recopilación general de información sobre el proyecto				
2.1	Realizar el análisis y elección de la electrónica y el microcontrolador a utilizar	10			
2.2	Investigar sobre algoritmos de procesamiento de señales digitales en tiempo real	30			
2.3	Investigar sobre técnicas de conversión de señal digital a analógica	30			
2.4	Buscar información sobre procesadores de audio comerciales	10			
3	Diseño de hardware				
3.1	Diseño esquemático de conexionado.	20			
4	Implementación de la consola				
4.1	Realizar el circuito electrónico de la interfaz de usuario				
4.2	Testeo de del circuito electrónico				
4.3	Realizar la lectura de las entradas de la interfaz de usuario	30	30		
5	Adquisición de audio de la memoria SD				

Sigue en la página siguiente.

Código WBS	Nombre de la tarea	Recursos Requeridos (Horas)			
		PC	EDU-CIAA-NXP	Osciloscopio	Analizador de espectros
5.1	Realizar circuito electrónico para conectar la memoria SD. (5hs)				
5.2	Testeo del circuito electrónico.				
5.3	Burcar audio que cumpla con el requerimiento y almacenarlo en la memoria SD.	2			
5.4	Realizar la lectura del audio almacenado en la tarjeta SD.	20	20		
6	Implementación del sistema operativo				
6.1	Implementar sistema operativo RTEMS	20	20		
6.2	Implementar manejo de las interrupciones provenientes de la interfaz de usuario	20	20		
7	Implementación de los algoritmos de procesamiento de señales				
7.1	Implementar algoritmo de re-muestreo para controlar la velocidad de reproducción	40	40		
7.2	Implementar algoritmo de interpolación.	40	40		
7.3	Testeo de los algoritmos desarrollados	20	20		
8	Salida de audio				
8.1	Desarrollo de librería de generación del DAC por I2S	40	40		
8.2	Realizar circuito electrónico del DAC en protoboard				
8.3	Testeo de la salida del DAC con osciloscopio y analizador de espectro			3	2

Sigue en la página siguiente.

Código WBS	Nombre de la tarea	Recursos Requeridos (Horas)			
		PC	EDU-CIAA-NXP	Osciloscopio	Analizador de espectros
8.4	Realizar circuito electrónico del filtro de reconstrucción en protoboard				
8.5	Realizar circuito electrónico del conector RCA en protoboard				
8.6	Testeo de los circuitos electrónico			4	
9	Integración del sistema				
9.1	Integración de los módulos del sistema	20	20		
9.2	Testeo de funcionamiento			5	5
10	Pruebas				
10.1	Desarrollar herramientas de testeo, debug y validación.	40			
10.2	Realizar las pruebas de validación del sistema	40	40		
11	Documentación				
11.1	Realizar el informe final del proyecto	50			
11.2	Realizar el manual de uso	30			

Cuadro 1: Matriz de uso de recursos materiales.

10. Presupuesto detallado del proyecto

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
EDU-CIAA-NXP	1	4600	4600
memoria SD	1	550	550
potenciómetro lineal	1	220	200
DAC PCM5100A	1	1000	1000
cable RCA	1	1000	1000
componentes varios		1000	1000
Hs/hombre	600Hs	300	180000
SUBTOTAL			187.350
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
30 % de los costos directos			56.205
SUBTOTAL			
TOTAL			243.555

11. Matriz de asignación de responsabilidades

Código WBS	Nombre de la tarea	Nombres y roles definidos en el proyecto		
		Responsable Florencia Battocchia	Orientador Pablo Slavkin	Cliente Matias Battocchia
1	Planificación del proyecto			
1.1	Realizar la planificación del proyecto	P	A	A
2	Recopilación general de información sobre el proyecto			
2.1	Realizar el análisis y elección de la electrónica y el microcontrolador a utilizar	P	I	C
2.2	Investigar sobre algoritmos de procesamiento de señales digitales en tiempo real	P	I	I
2.3	Investigar sobre técnicas de conversión de señal digital a analógica	P	I	I
2.4	Buscar información sobre procesadores de audio comerciales	P	I	I

Sigue en la página siguiente.

Código WBS	Nombre de la tarea	Nombres y roles definidos en el proyecto		
		Responsable Florencia Battocchia	Orientador Pablo Slavkin	Cliente Matias Battocchia
3	Diseño de hardware			
3.1	Diseño esquemático de conexionado.	P	A	I
4	Implementación de la consola			
4.1	Realizar el circuito electrónico de la interfaz de usuario	P	I	I
4.2	Testeo de del circuito electrónico	P	I	I
4.3	Realizar la lectura de las entradas de la interfaz de usuario	P	I	I
5	Adquisición de audio de la memoria SD			
5.1	Realizar circuito electrónico para conectar la memoria SD. (5hs)	P	I	I
5.2	Testeo del circuito electrónico.	P	I	I
5.3	Burcar audio que cumpla con el requerimiento y almacenarlo en la memoria SD.	P	I	C
5.4	Realizar la lectura del audio almacenado en la tarjeta SD.	P	I	I
6	Implementación del sistema operativo			
6.1	Implementar sistema operativo RTEMS	P	I	I
6.2	Implementar manejo de las interrupciones provenientes de la interfaz de usuario	P	I	I
7	Implementación de los algoritmos de procesamiento de señales			
7.1	Implementar algoritmo de re-muestreo para controlar la velocidad de reproducción	P	C	I
7.2	Implementar algoritmo de interpolación.	P	C	I

Sigue en la página siguiente.

Código WBS	Nombre de la tarea	Nombres y roles definidos en el proyecto		
		Responsable Florencia Battocchia	Orientador Pablo Slavkin	Cliente Matias Battocchia
7.3	Testeo de los algoritmos desarrollados	P	I	I
8	Salida de audio			
8.1	Desarrollo librería de generación del DAC por I2S	P	I	I
8.2	Realizar circuito electrónico del DAC externo en protoboard	P	I	I
8.3	Testeo de la salida del DAC con osciloscopio y analizador de espectros	P	A	I
8.4	Realizar circuito electrónico del filtro de reconstrucción en protoboard	P	I	I
8.5	Realizar circuito electrónico del conector RCA en protoboard	P	I	I
8.6	Testeo de los circuitos electrónico	P	I	I
9	Integración del sistema			
9.1	Integración de los módulos del sistema	P	I	I
9.2	Testeo de funcionamiento	P	A	I
10	Pruebas			
10.1	Desarrollar herramientas de testeo, debug y validación.	P	A	A
10.2	Realizar las pruebas de validación del sistema	P	A	A
11	Documentación			
11.1	Realizar el informe final del proyecto	P	A	A
11.2	Realizar el manual de uso	P	A	A

Cuadro 2: Matriz de asignación de responsabilidades

Referencias:

- P = Responsabilidad Primaria
- S = Responsabilidad Secundaria
- A = Aprobación
- I = Informado
- C = Consultado

12. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos (al menos cinco) y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: detallar el riesgo (riesgo es algo que si ocurre altera los planes previstos)

- Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).
- Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como $RPN=S \times O$)

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a

Nota: los valores marcados con (*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:

Riesgo 1: Plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación). Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación: - Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S). - Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2: Plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

Riesgo 3: Plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación)

13. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: Copiar acá el requerimiento.

Verificación y validación:

- Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente:
Detallar
- Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido:
Detallar

Tener en cuenta que en este contexto se pueden mencionar simulaciones, cálculos, revisión de hojas de datos, consulta con expertos, etc.

14. Comunicación del proyecto

El plan de comunicación del proyecto es el siguiente:

PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO					
¿Qué comunicar?	Audiencia	Propósito	Frecuencia	Método de comunicac.	Responsable

15. Gestión de Compras

En caso de tener que comprar elementos o contratar servicios: a) Explique con qué criterios elegiría a un proveedor. b) Redacte el Statement of Work correspondiente.

16. Seguimiento y control

Para cada tarea del proyecto establecer la frecuencia y los indicadores con los se seguirá su avance y quién será el responsable de hacer dicho seguimiento y a quién debe comunicarse la situación (en concordancia con el Plan de Comunicación del proyecto).

El indicador de avance tiene que ser algo medible, mejor incluso si se puede medir en % de avance. Por ejemplo, se pueden indicar en esta columna cosas como “cantidad de conexiones ruteadas” o “cantidad de funciones implementadas”, pero no algo genérico y ambiguo como “%”, porque el lector no sabe porcentaje de qué cosa.

SEGUIMIENTO DE AVANCE						
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.	

17. Procesos de cierre

Establecer las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, tal que contemple las siguientes actividades:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
- Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento a aplicar.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron: - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento para dejar registro.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores: - Indicar esto y quién financiará los gastos correspondientes.