



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

## Multi potencioestado

Autor:

Fabiola de las Casas Escardó

Director:

Nombre del Director (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 27 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. . . . .	6
1. Propósito del proyecto . . . . .	7
2. Alcance del proyecto . . . . .	7
3. Supuestos del proyecto. . . . .	7
4. Requerimientos . . . . .	8
5. Entregables principales del proyecto . . . . .	8
6. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	8
7. Diagrama de Activity On Node . . . . .	10
8. Diagrama de Gantt. . . . .	10
9. Matriz de uso de recursos de materiales . . . . .	11
10. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	11
11. Matriz de asignación de responsabilidades . . . . .	12
12. Gestión de riesgos . . . . .	12
13. Gestión de la calidad . . . . .	13
14. Comunicación del proyecto . . . . .	14
15. Gestión de Compras . . . . .	14
16. Seguimiento y control. . . . .	14
17. Procesos de cierre . . . . .	14

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	27/06/2020
1.1	Se completó hasta el punto 6 inclusive	
11/07/2020 height1.2		

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 27 de junio de 2020

Por medio de la presente se acuerda con la Ing. Fabiola de las Casas Escardó que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Multi potencioestado”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un potencioestado de 36 canales para la realización en simultáneo de experimentos electroquímicos, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 654 hs de trabajo, con fecha de inicio 27 de junio de 2020 y fecha de presentación pública 22 de Junio de 2021.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Guido Rozenblum  
Aplife Biotech S.A.

Nombre del Director  
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

En la actualidad uno de los principales desafíos de la industria farmacéutica y de diagnóstico es la dificultad de encontrar moléculas capaces de actuar como biosensores. Debido a esto existen muy pocos dispositivos que permitan hacer mediciones y detección de patologías *in-situ*, y se debe recurrir normalmente a análisis de laboratorio y procesos largos hasta obtener los resultados del estudio.

Aplife Biotech es una *startup* argentina que está desarrollando una tecnología para optimizar estos procesos de descubrimiento de moléculas y así lograr dotar a la industria farmacéutica y de diagnóstico con la capacidad de desarrollar dispositivos portátiles que detecten fácil y rápidamente problemas de salud. De esta forma se logrará descentralizar los ensayos de diagnósticos de los principales laboratorios y promoverá su portabilidad. El desarrollo de esta tecnología también puede tener un gran impacto en el medioambiente donde muchas veces es necesaria una detección rápida de patógenos o agentes tóxicos.

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de un potenciostato. Esto es un dispositivo que se usa para mediciones de electroquímica. Su funcionamiento principal es aplicar una magnitud física que provoque una reacción química que sea medida por el mismo equipo. Por lo tanto, van a ser los dispositivos encargados de encontrar qué moléculas se comportan mejor como transductor para la detección de cada patología o agente que se desee estudiar.

El dispositivo a desarrollar tendrá como función principal aplicar un potencial variable en el tiempo y medir la corriente que genera la reacción electroquímica entre una molécula y una solución. Esto se conoce como voltametría. Existen distintos tipos de voltametría y este proyecto se va a centrar en tres: la voltametría cíclica, la cuadrada y la rampa escalonada.

- **Voltametría cíclica:** consiste en aplicar una onda triangular y medir la reacción. Esta medición puede ser de máximos y mínimos o de valores en intervalos establecidos por el usuario. También se configuran la altura de la onda triangular y la pendiente.
- **Voltametría Cuadrada:** se aplica una onda cuadrada y se mide la reacción. La medición es nuevamente de máximos y mínimos o en un tiempo definido cuando la señal aplicada es máxima y cuando es mínima. Se configura la altura y el *duty cycle*.
- **Voltametría rampa escalonada (*SWV: square wave voltammetry*):** es una onda cuadrada montada sobre una onda triangular. La medición se realiza en el 10 % antes que la señal cambie de tensión. Se pueden configurar la pendiente, el *duty cycle* y las tensiones máximas y mínimas.

Un potenciostato está compuesto por 3 electrodos encargados de aplicar la tensión y tomar las lecturas de interés denominados *Counter Electrode* (CE), *Working Electrode* (WE) y *Reference Electrode* (RE). El CE es el encargado de aplicar la señal y el RE controla que la señal aplicada por el CE sea la esperada. El WE es donde se deposita la molécula que se desea estudiar y, por lo tanto, el encargado de realizar la medición. Los potenciostatos disponibles en el mercado tienen como máximo 16 canales limitando la cantidad de experimentos a realizar en simultáneo y prolongando su tiempo de los mismos.

El equipo actual que posee Aplife Biotech S.A. cuenta con 10 canales, 4 ADC, 1 DAC y todo es controlado por un microcontrolador de 8 bits. La empresa busca mejorar este prototipo aumentando la cantidad de canales a 36, mejorando la interfaz con el usuario mediante comunicación USB, permitiendo un almacenamiento interno de los datos obtenidos en las

mediciones y realizando el control mediante una FPGA. Esto se debe a que se busca que el potenciostato final sea un ASIC para así lograr agrupar una mayor cantidad de electrodos en un espacio menor y de esta forma masificar las mediciones. Estos ASIC van a necesitar un dispositivo donde sean conectados y puedan ser controlados. Por esta razón, como se muestra en la Figura 1, se va a dividir el proyecto en dos partes: el potenciostato y el dispositivo de control. En la misma se muestra un único conjunto de electrodos de forma representativa.

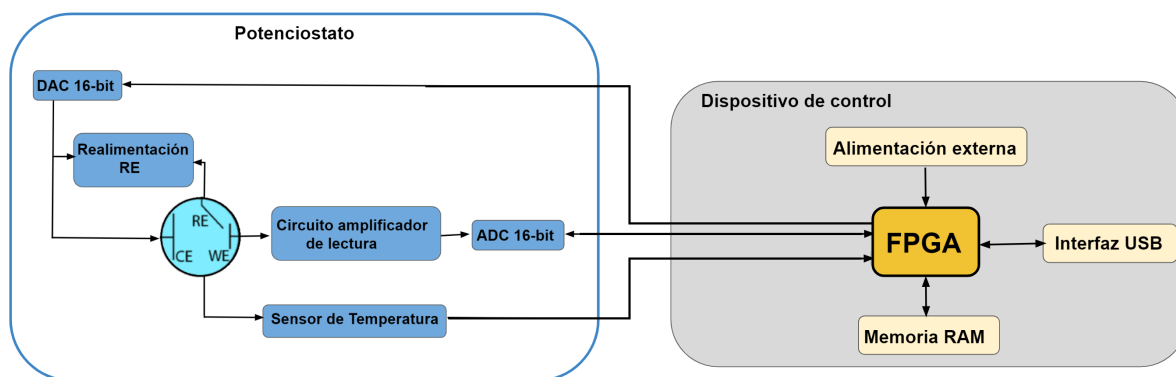


Figura 1: Diagrama en bloques del sistema

El bloque del potenciostato consta de un sensor de temperatura, un DAC de 16 bits encargado de aplicar la señal seleccionada por el usuario y un ADC de 16 bits para la adquisición de datos. La señal analógica del DAC se aplica al CE mediante un circuito de realimentación cuya señal de control será tomada por el electrodo RE. Esta señal desencadena una reacción química en el electrodo WE que genera una corriente. Esta corriente puede ir desde los pA a los 100 nA, por lo que es necesario un circuito de amplificación previo a hacer la conversión AD. Este debe poder ser manipulado por la FPGA para seleccionar el multiplicador adecuado para tener una correcta lectura en el ADC.

El dispositivo de control gira en torno a una FPGA. La interfaz USB permite al usuario configurar la señal que quiere aplicar y ver los datos del experimento resultante desde cualquier PC mediante una aplicación UI. Además el FPGA debe procesar la información adquirida del ADC y del sensor de temperatura y almacenarla en una memoria RAM externa, para después transmitirla a la PC.

## Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Guido Rozenblum	Aplife Biotech S.A.	CTO
Responsable	Fabiola de las Casas Escardó	Aplife Biotech S.A.	Ingeniera de Desarrollo
Colaboradores	Iván G. Politzer	Aplife Biotech S.A.	Ingeniero de Desarrollo
Orientador	Nombre del Director	pertenencia	Director Trabajo final
Usuario final	Biólogos y Biotecnólogos	Aplife Biotech S.A.	-

## 1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un prototipo funcional de un potenciómetro de múltiples canales que pueda realizar distintos tipos de pruebas de voltimetría y adquirir los datos de las reacciones electroquímicas que se produzcan.

## 2. Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye:

- Prototipo funcional.
- Desarrollo y documentación de firmware.
- Desarrollo de PCB para bloque de potenciómetro.
- Documentación de hardware.
- Programa en python para graficar las mediciones obtenidas.
- Pruebas de validación y verificación.

El presente proyecto no incluye:

- Desarrollo de una aplicación de PC para interfaz de usuario, el sistema debe ser controlado por línea de comando.
- Fabricación del PCB de dispositivo de control, que se realizará con una placa de desarrollo de la marca elegida.
- Gabinete.

## 3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Los fondos estipulados estarán disponibles para la duración del proyecto.
- El tiempo para el desarrollo será suficiente.
- No surgirá ningún proyecto de mayor importancia en la empresa.
- Los materiales necesarios serán adquiridos en tiempo y forma.

## 4. Requerimientos

### 1. Requerimientos generales del proyecto:

- 1.1. Debe poder controlarse mediante USB 3.1
- 1.2. La documentación del proyecto debe seguirse con control de versiones GIT.

### 2. Requerimientos de mediciones:

- 2.1. Se deben poder medir corrientes en el rango de 1 pA hasta los 100 nA. Rango previamente definido por el usuario.
- 2.2. El error de las mediciones, una vez seleccionado el rango de corriente, debe ser menor al 10 %
- 2.3. Todos los electrodos se tienen que poder medir en 1,6ms o a una frecuencia de 625Hz.
- 2.4. Se debe poder seleccionar si medir mínimos y máximos o tomar mediciones en intervalos de tiempo constantes y definidos por el usuario.

### 3. Requerimientos de voltametría:

- 3.1. El DAC debe tener un rango de  $\pm 1,5$  V
- 3.2. Voltametría cíclica
  - 1) Se debe poder seleccionar la pendiente entre 10 mV/s a 500 mV/s
- 3.3. Voltametría cuadrada y rampa escalonada
  - 1) El *duty cycle* deber ser del 50 %
  - 2) La altura de los saltos de tensión deben ser configurables
  - 3) La medición se debe realizar en el ultimo 10 % del ancho de los pulsos antes de cambiar de estado.

## 5. Entregables principales del proyecto

- Equipo funcionando
- Manual de uso
- Código fuente
- Informe final

## 6. Desglose del trabajo en tareas

### 1. Análisis preliminar (40 hs)

- 1.1. Definición del alcance del proyecto (8 hs)
- 1.2. Definición de requerimientos (10 hs)
- 1.3. Planificación (6 hs)
- 1.4. Bibliografía de experimentos de voltimetria (16 hs)

### 2. Diseño y construcción de hardware - Potenciostato (60 hs)



- 2.1. Revisión y re-diseño del circuito actual (8 hs)
- 2.2. Definición de circuito para la selección de amplificación pre conversor AD (10 hs)
- 2.3. Selección de componentes (10 hs)
- 2.4. Adquisición de componentes (2 hs)
- 2.5. Pruebas básicas de comportamiento del circuito (16 hs)
- 2.6. Desarrollo del PCB (8 hs)
- 2.7. Montaje del prototipo en el PCB (4 hs)
- 2.8. Documentación (2 hs)
- 3. Diseño y construcción de hardware - Dispositivo de control (124 hs)**
  - 3.1. Estudio y selección de placa de desarrollo de FPGA (24 hs)
  - 3.2. Estudio y selección de memoria RAM (24 hs)
  - 3.3. Selección de tipo de alimentación externa (12 hs)
  - 3.4. Adquisición de componentes elegidos (2 hs)
  - 3.5. Pruebas iniciales en placa de desarrollo (36 hs)
  - 3.6. Pruebas de potencia de alimentación externa (24 hs)
  - 3.7. Documentación (2 hs)
- 4. Desarrollo de firmware (200 hs)**
  - 4.1. Driver conversor DA (36 hs)
  - 4.2. Driver conversor AD (36 hs)
  - 4.3. Driver de sensor de temperatura (24 hs)
  - 4.4. Almacenamiento en memoria externa RAM (40 hs)
  - 4.5. Comunicación USB (36 hs)
  - 4.6. Módulo para la selección del circuito amplificador (24 hs)
  - 4.7. Documentación (4 hs)
- 5. Validación y Verificación (160 hs)**
  - 5.1. Validación y verificación de señales aplicadas con el conversor DA (24 hs)
  - 5.2. Validación y verificación de almacenamiento en memoria RAM externa (24 hs)
  - 5.3. Validación y verificación de sensor de temperatura (24 hs)
  - 5.4. Pruebas con soluciones electroquímicas conocidas (44 hs)
  - 5.5. Ajustes de parámetros a partir de los resultados obtenidos en las pruebas (36 hs)
  - 5.6. Documentación (8 hs)
- 6. Documentación (70 hs)**
  - 6.1. Manual de uso (10 hs)
  - 6.2. Memoria del trabajo final (50 hs)
  - 6.3. Presentación final (10 hs)

Cantidad total de horas: (654 hs)



Figura 2: Diagrama en *Activity on Node*

## 7. Diagrama de Activity On Node

Armar el AoN a partir del WBS definido en la etapa anterior.

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semicríticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color, como se muestra en el siguiente ejemplo:

## 8. Diagrama de Gantt

Utilizar el software Ganttter for Google Drive o alguno similar para dibujar el diagrama de Gantt.

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de gantt, entre las cuales destacamos:

- Planner
- GanttProject
- Trello + *plugins*. En el siguiente link hay un tutorial oficial:  
<https://blog.trello.com/es/diagrama-de-gantt-de-un-proyecto>
- Creately, herramienta online colaborativa.  
<https://creately.com/diagram/example/ieb3p3ml/LaTeX>
- Se puede hacer en latex con el paquete *pgfgantt*  
<http://ctan.dcc.uchile.cl/graphics/pgf/contrib/pgfgantt/pgfgantt.pdf>

Pegar acá una captura de pantalla del diagrama de Gantt, cuidando que la letra sea suficientemente grande como para ser legible. Si el diagrama queda demasiado ancho, se puede pegar primero la “tabla” del Gantt y luego pegar la parte del diagrama de barras del diagrama de Gantt.

Configurar el software para que en la parte de la tabla muestre los códigos del EDT (WBS).  
Configurar el software para que al lado de cada barra muestre el nombre de cada tarea.  
Revisar que la fecha de finalización coincida con lo indicado en el Acta Constitutiva.

En la figura 3, se muestra un ejemplo de diagrama de gantt realizado con el paquete de *pgfgantt*.  
En la plantilla pueden ver el código que lo genera y usarlo de base para construir el propio.

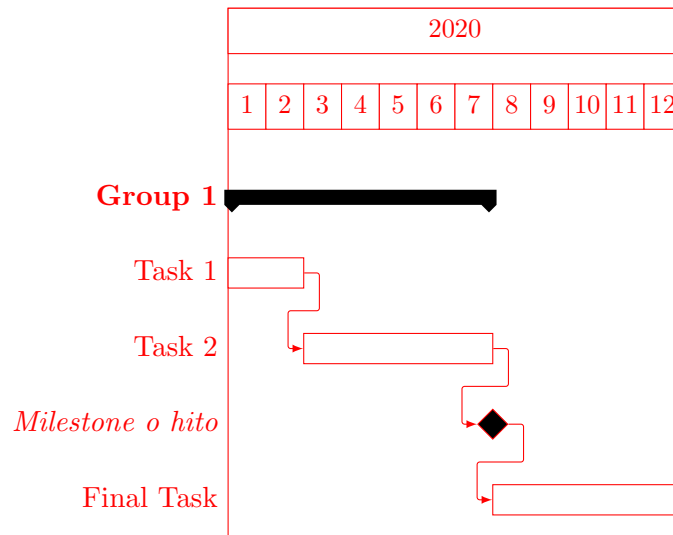


Figura 3: Diagrama de gantt de ejemplo

## 9. Matriz de uso de recursos de materiales

Código WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)			
		Material 1	Material 2	Material 3	Material 4

## 10. Presupuesto detallado del proyecto

Si el proyecto es complejo entonces separarlo en partes:

- Un total global, indicando el subtotal acumulado por cada una de las áreas.
- El desglose detallado del subtotal de cada una de las áreas.

**IMPORTANTE:** No olvidarse de considerar los **COSTOS INDIRECTOS**.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
TOTAL			

## 11. Matriz de asignación de responsabilidades

Establecer la matriz de asignación de responsabilidades y el manejo de la autoridad completando la siguiente tabla:

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable Fabiola de las Casas Escardó	Orientador Nombre del Director	Equipo Nombre de alguien	Cliente Guido Rozenblum

Referencias:

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

Una de las columnas debe ser para el Director, ya que se supone que participará en el proyecto. A su vez se debe cuidar que no queden muchas tareas seguidas sin “A” o “I”.

Importante: es redundante poner “I/A” o “I/C”, porque para aprobarlo o responder consultas primero la persona debe ser informada.

## 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.

#### 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.

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

- 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.