

Sistema de adquisición portátil de parámetros biomédicos para animales grandes

Autor

Ing. Roux, Federico G.

Director del trabajo

Dr. Ing. Damián Craiem (Universidad Favaloro)

Jurado propuesto para el trabajo

- **Dr. Ing. Mariano Casciaro (CONICET - Fundación Favaloro)**
- **Esp. Ing. Jerónimo La Bruna (FIUBA)**
- **Ing. Manuel Alfonso (UTN.BA)**

Este plan de trabajo ha sido realizado en el marco de la asignatura Gestión de Proyectos entre mayo y junio de 2018.

Tabla de contenido

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	7
5. Entregables principales del proyecto	8
6. Desglose del trabajo en tareas	8
7. Diagrama de Activity On Node	9
8. Diagrama de Gantt	9
9. Matriz de uso de recursos de materiales	10
10. Presupuesto detallado del proyecto	10
11. Matriz de asignación de responsabilidades	11
12. Gestión de riesgos	11
13. Gestión de la calidad	13
14. Comunicación del proyecto	13
15. Gestión de Compras	13
16. Seguimiento y control	14
17. Procesos de cierre	14

Registros de cambios

Revisión	Detalle de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	14/10/2016
1.1	Primera corrección del documento: <ul style="list-style-type: none"> • Listado de tareas y Diagrama de Gantt • Gestión de Recursos • Correcciones menores 	17/05/2018
1.2	Segundo avance y correcciones: <ul style="list-style-type: none"> • Cambios menores en planificación • Cambios menores en formato • Camino crítico en AON • Requerimientos actualizados • Matriz de responsabilidades • Gestión de Riesgos • Gestión de la calidad • Comunicación del proyecto • Gestión de Compras • Seguimiento y Control • Procesos de cierre 	27/05/2018
1.3	Tercera entrega: <ul style="list-style-type: none"> • Elección de jurados • Correcciones menores de formato 	02/06/2018

Acta de Constitución del Proyecto

Buenos Aires, 4 de mayo de 2018

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Roux Federico G. que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará "Sistema de adquisición portátil de parámetros biomédicos para animales grandes", consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un equipo de adquisición y almacenamiento para experiencias de medición de señales de presión intra arterial en animales grandes, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 658 hs de trabajo y AR\$295872, con fecha de inicio lunes 10 de mayo de 2018 y fecha de presentación pública lunes 14 de diciembre de 2018.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg

Director de la CESE-FIUBA

Sebastian Graf

Universidad Favaloro

Damian Craiem

Director del Trabajo Final

Mariano Casciaro

Jurado del Trabajo Final

Jerónimo La Bruna

Jurado del Trabajo Final

Manuel Alfonso

Jurado del Trabajo Final

Descripción técnica-conceptual del Proyecto a realizar

Este proyecto es solicitado por la Universidad Favaloro, y consiste en un sistema de adquisición portátil para medición de parámetros biomédicos en animales grandes. En este proyecto se tiene particular interés en la medición de la velocidad de onda de pulso (VOP), cuyo método más aceptado de cálculo consiste en el registro simultáneo de señales de presión intraarterial en dos puntos del árbol arterial. Conociendo la distancia y el desfase temporal entre estas mediciones de presión, se puede estimar la VOP como su cociente.

El rol de la medición ambulatoria de presión arterial (MAPA) 24 hs braquial para predecir riesgo cardiovascular y mortalidad es ampliamente aceptado. Se sabe que la variabilidad de la presión arterial y su pulsatilidad son el resultado de una compleja interacción entre el corazón y la red vascular. En particular, y para la evaluación de las características biomecánicas de la red arterial, se utiliza la velocidad de onda de pulso (VOP) como indicador indirecto de rigidez arterial. Así como la MAPA braquial ha impulsado el desarrollo de dispositivos de registro y análisis cada vez más sofisticados, la posibilidad de realizar un registro ambulatorio de VOP genera nuevos campos de investigación, así como la necesidad de que existan nuevos dispositivos.

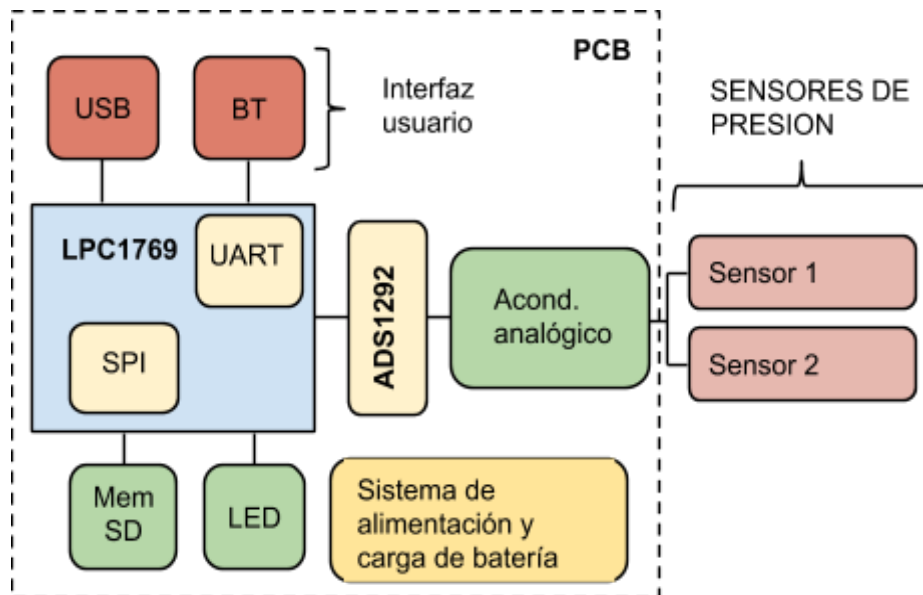
Existen otros métodos de estimación de la MAPA, pero se generan numerosas controversias debido a la complejidad matemática de las estimaciones y al uso de modelos matemáticos arteriales unificados que suponen ser válidos para todos los pacientes. Además de ello, todos los cálculos se realizan a partir de valores medidos por equipos de medición ambulatoria de presión arterial que sólo determinan los valores de presión diastólica y sistólica del paciente. A partir de estas mediciones se pierde el detalle de la forma de onda de la curva de presión, lo cual es sólo posible apreciar utilizando un sistema de adquisición continuo con una tasa de muestreo mucho más alta.

En este contexto, el estudio ambulatorio de la VOP en animales grandes podría brindar nuevas oportunidades para validar diferentes algoritmos de cálculo. La adquisición invasiva de señales de presión en dos sitios alejados del sistema arterial y a una distancia conocida, permitirá mejorar el conocimiento actual sobre la VOP en distintas condiciones del animal.

Este proyecto se destaca principalmente por ser un sistema de adquisición diseñado especialmente para realizar experiencias en animales grandes sin alterar su comportamiento durante lapsos prolongados, para evitar afectar los valores de tensión arterial medidos. Para ello se hará énfasis en su pequeño tamaño y bajo peso, así como a la necesidad de contar con una interfaz de usuario inalámbrica que me permita configurar el equipo y chequear esporádicamente su funcionamiento sin tener que acercarme al animal. Contará además con una autonomía mayor a 24hs, así como una característica de ruido adecuada para esta medición, y una capacidad de almacenamiento acorde a la resolución y el tiempo de adquisición.

Un diagrama en bloques del equipo se presenta en la Fig. 1. Allí se observa que el mismo está compuesto por el sistema digital compuesto por el microcontrolador y sus periféricos, siendo el de mayor relevancia en el proyecto el conversor analógico digital, por el que se mide la señal

proveniente de los sensores ya acondicionados analógicamente. Además cuenta con conexión bluetooth a través de comunicación serie, conexión USB para descarga de datos y carga de batería y una memoria SD para almacenamiento manejada a través de un puerto SPI. Cuenta además con un juego de leds indicadores y un sistema de regulación de carga de batería y tensión interna.



El desarrollo de este equipo permitirá profundizar la investigación sobre la medición indirecta de presión ambulatoria a partir de la medición de VOP y las técnicas para su cálculo. La aplicación de esta técnica para medición de presión ambulatoria permitirá desarrollar a futuro equipos ambulatorios que puedan medir de manera continua la presión de un paciente, con más información, mejor resolución y más comodidad al no tener un manguito inflable.

El desarrollo de este proyecto está de acuerdo a la Misión de la Universidad Favaloro:

“La Universidad Favaloro es una institución identificada con la generación y transmisión de conocimientos respaldados por el rigor científico, y en la cual encuentran su ámbito:

- *la creación intelectual,*
- *la capacitación profesional”*

Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Departamento	Puesto
Cliente	GRAF, Sebastian	Departamento de Electrónica. Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Favaloro	Investigador
Impulsor	CRAIEM, Damian	Departamento de Electrónica. Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Favaloro	Investigador
Responsable	ROUX, Federico	CASE	Desarrollador
Colaboradores	PI, Matias	Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Favaloro	Alumno de la Carrera Ingeniería Biomédica

Cliente: tiene mucho conocimiento de la aplicación del producto y puede aportar variantes a la resolución de problemas del desarrollo.

Impulsor: Desarrollo herramientas complementarias a este equipo, por lo que también resultara colaborador en el desarrollo.

Colaborador: Conocimientos de Python y disponibilidad horaria para trabajar en desarrollo de interfaz BT y análisis de señales adquiridas.

1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un equipo de medición de parámetros biomédicos que permita avanzar en las técnicas de medición indirecta de presión ambulatoria, para tener en el futuro equipos de medición ambulatoria de presión arterial más pequeños, livianos y con capacidad de obtener más información que solo la presión sistólica y diastólica.

2. Alcance del proyecto

El proyecto incluye el desarrollo completo de un dispositivo de medición y adquisición de dos sensores de presión intraarteriales para ser utilizado en animales grandes, junto con su documentación técnica y manual de usuario.

El equipo debe poder adquirir señales analógicas provenientes de dos sensores de presión intrarterial y almacenar las señales por periodos prolongados de más de 24 hs. Estas señales deben poder descargarse posteriormente a una PC para su análisis, por lo que debe contar con una interfaz fácil para la descarga de datos, como una conexión USB.

El usuario debe poder configurar el equipo desde una terminal Bluetooth, como una tablet o una PC, con un protocolo de comunicación ya definido. Esto permitirá cambiar parámetros como la frecuencia de muestreo, la cantidad de canales a usar, modo de almacenamiento, y dar inicio a la medición. Además las señales deben poder visualizarse en tiempo real para realizar algún eventual ajuste sobre el animal instrumentado.

El equipo deberá ser portátil, alimentado por batería, con una autonomía de 24 horas. A la vez, deberá tener un bajo peso que no moleste al animal durante la experiencia. La interfaz de carga de batería deberá ser sencilla, idealmente la misma conexión USB.

El desarrollo del proyecto no incluye la fabricación del gabinete final ni del soporte para ser llevado por el animal. Tampoco se desarrollara la terminal Bluetooth desde donde se configura el equipo y se visualizan las señales.

3. Supuestos del proyecto

Para este proyecto se supone que se contará con los fondos para la compra de componentes y la fabricación de los PCBs por parte del Auspiciante. Además se da por supuesto la asistencia del impulsor para realizar pruebas de campo y casos reales de mediciones.

También se supone que se contará con la interfaz Bluetooth ya desarrollada o al menos apta para la prueba de funcionalidades.

4. Requerimientos

1. Requerimientos asociados a la alimentación:

- 1.1. El equipo debe tener una autonomía mayor a 24 horas en el modo de adquisición y almacenamiento, a una dada frecuencia de muestreo.
- 1.2. El equipo debe ser portátil e inalámbrico, por lo tanto, alimentado a batería

2. Requerimientos asociados al tamaño físico del equipo:

- 2.1. El peso del equipo debe tener un peso aproximado de 500 gr
- 2.2. El tamaño debe ser aproximadamente de 10cm x 10cm
- 2.3. El equipo no debe calentarse demasiado

3. Requerimientos asociados a la conectividad e interfaz de usuario:

- 3.1. Se deben poder visualizar las señales medidas en tiempo real previo a iniciar la experiencia.
- 3.2. Se deben poder visualizar las señales medidas durante la adquisición sin interrumpir la experiencia.
- 3.3. Se debe realizar la configuración de la adquisición (ganancia, canales habilitados, frecuencia de muestreo, etc.) desde una terminal Bluetooth.
- 3.4. Se debe poder acceder a la memoria SD a través de la conexión USB.

4. Requerimientos asociados a la adquisición y almacenamiento:

- 4.1. El equipo debe tener una resolución de 1 mmHg en alguna de las escalas de ganancia.
- 4.2. Debe poder manejar almacenamiento suficiente para la máxima resolución elegida y frecuencia de muestreo.
- 4.3. Se debe poder configurar el tamaño de muestra.

5. Entregables principales del proyecto

1. Equipo en funcionamiento
2. Manual de Usuario
3. Manual Técnico
4. Informe Final

6. Desglose del trabajo en tareas

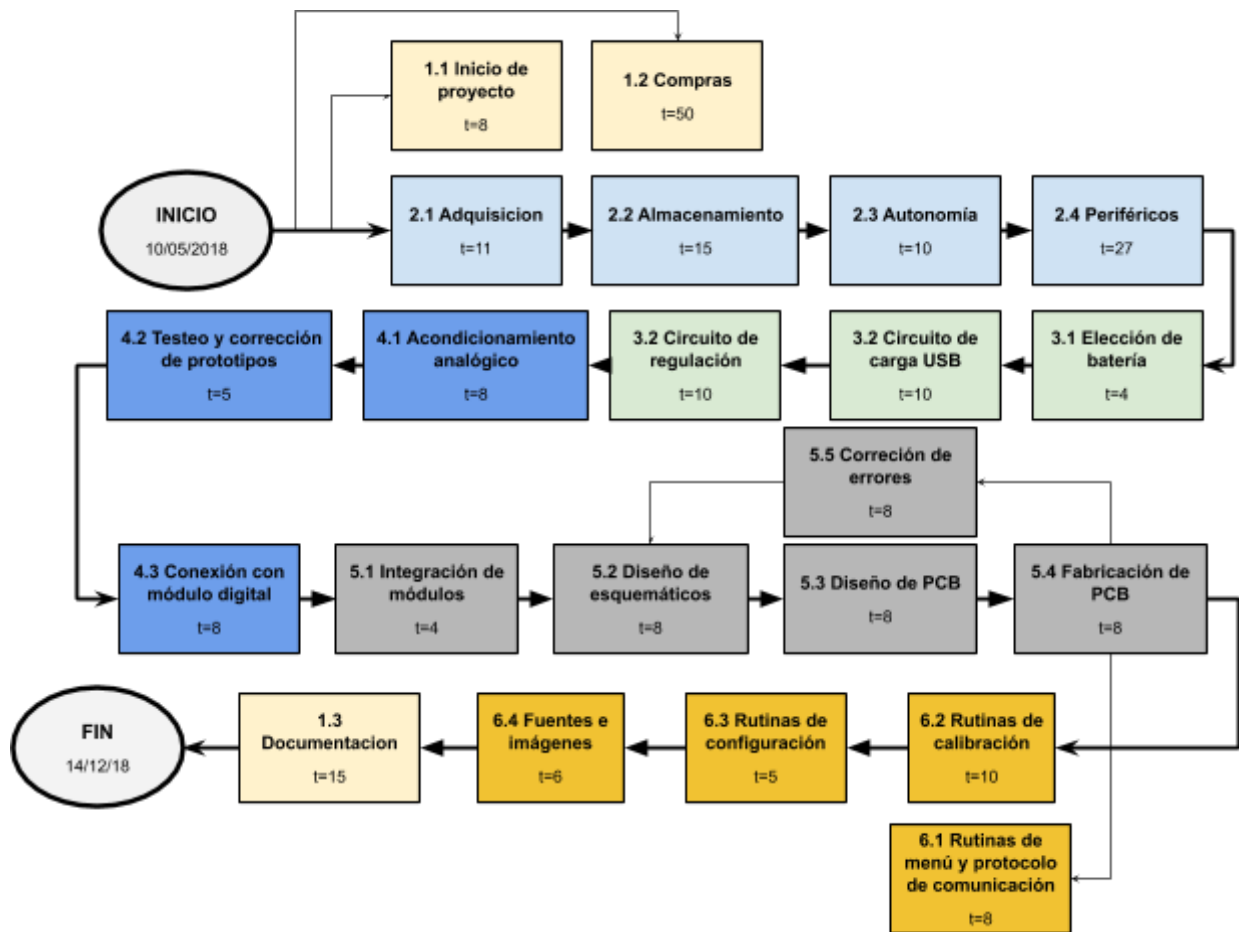
Cod WBS	Nombre	Duración (días)
1	GENERAL	188
1.1	Inicio del proyecto	8
1.1.1	Documentación Inicial	5
1.1.2	Elección del RTOS	5
1.2	Compras	50
1.3	Documentación	15
1.3.1	Manual de usuario	5
1.3.2	Manual técnico	5
1.3.3	Informe final	15
2	DRIVERS Y MÓDULOS	63
2.1	Adquisición	11
2.1.1	Driver del conversor AD	3
2.1.2	Adquisición y visualización de señales	3
2.1.3	Test ADC (libro de Lyons)	4
2.1.4	Validación del ADC	1
2.2	Almacenamiento	15
2.2.1	Armado de PCB módulo SD	4
2.2.2	Driver SD + dma	4
2.2.3	Adquisición de buffers de entrada	2
2.2.4	Interfaz CLI de prueba para cambio de modos	5

2.2.5	Tests de adquisiciones prolongados	4
2.3	Autonomía	10
2.3.1	Medición de consumo	8
2.3.2	Cálculo de batería	7
2.3.3	Test de adquisicion con batería	3
2.4	Periféricos internos	27
2.4.1	Reloj de tiempo real	4
2.4.2	Medición de nivel batería	4
2.4.3	Timers	4
2.4.4	PWM	3
2.4.5	Escritura en flash	4
2.4.6	Manejo de UART y BT	8
3	BATERÍA CARGA Y AUTONOMÍA	24
3.1	Elección de batería	4
3.2	Circuito de carga por USB	10
3.3	Circuito de regulación	10
4	MODULO ANALOGICOS	16
4.1	Acondicionamiento analogico	8
4.2	Testeo y corrección de prototipos	5
4.3	Conexión con módulo digital	8
5	DISEÑO DE PCB	40
5.1	Integracion de Modulos	4
5.2	Diseño de esquemáticos	8
5.3	Diseño de PCB final	8

5.4	Fabricacion de PCB	8
5.5	Corrección de errores	4
5.6	Fabricacion de PCB [2]	8
6	INTERFAZ DE USUARIO	33
6.1	Rutinas de menú y protocolo de comunicación	8
6.2	Rutinas de calibración	10
6.3	Rutinas de configuración (puesta en hora, Fs, canales, etc.)	5
6.4	Fuentes e imágenes	6

Se calculan un total de 188 días. Tomando un promedio de trabajo de 3.5 horas por días, se calcula un total de total de horas de **658 horas**.

7. Diagrama de Activity On Node

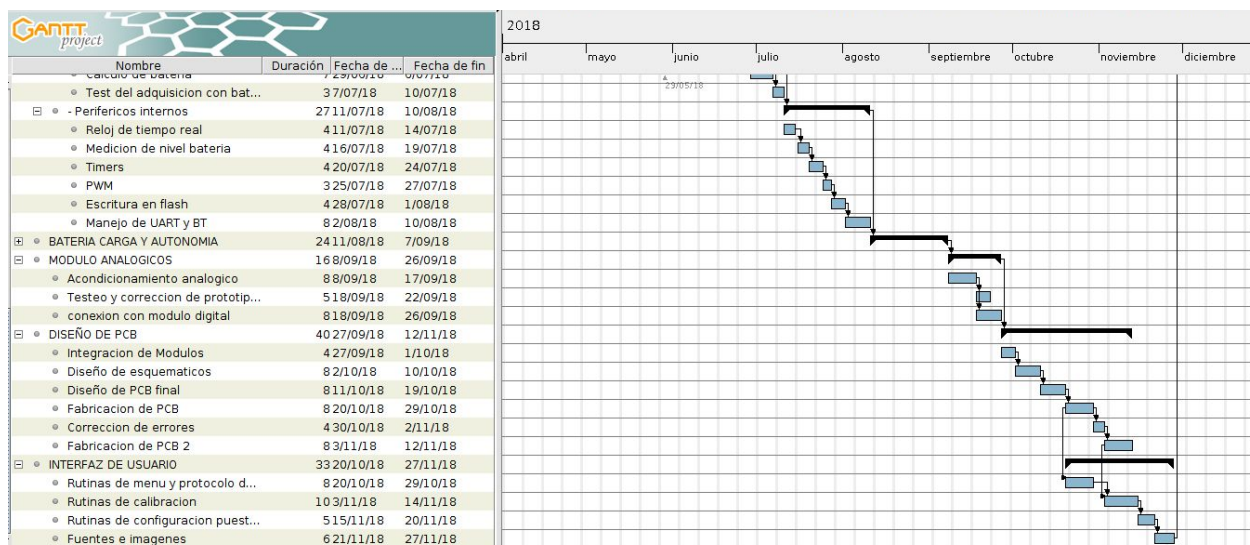
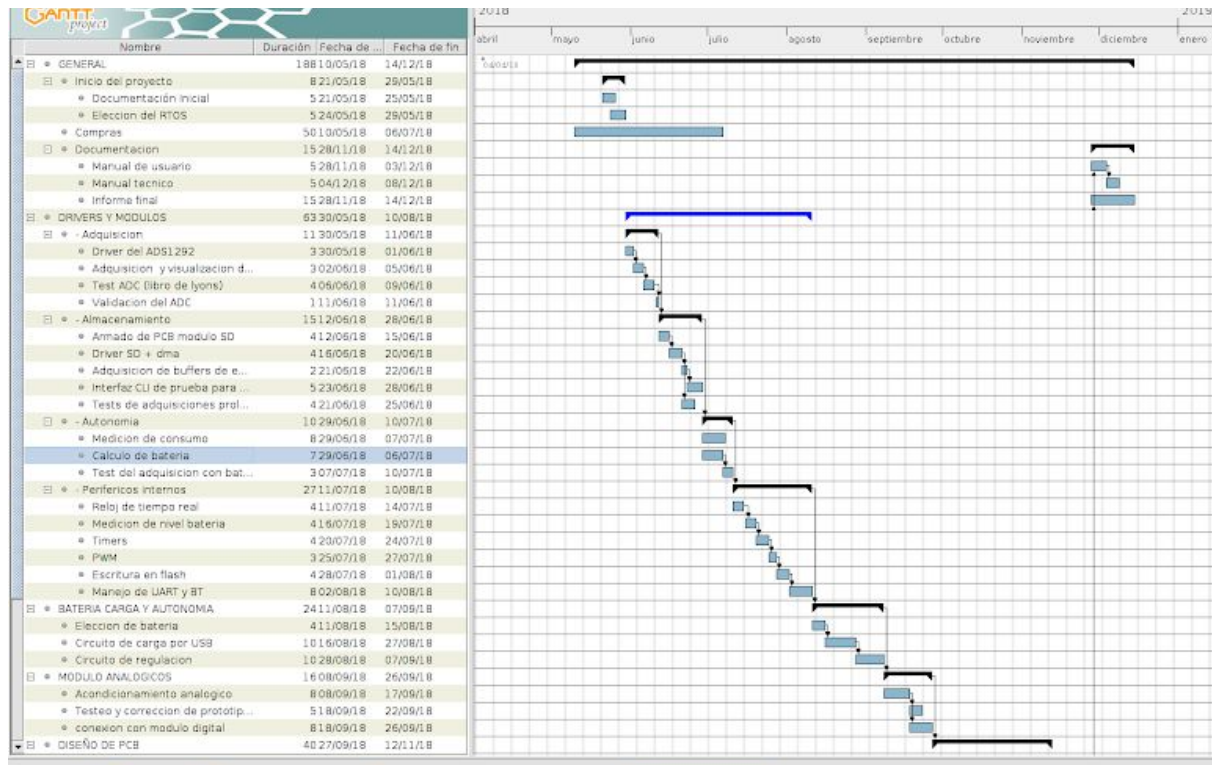


Las unidades de tiempo están expresadas en días, calculados en un promedio de 3.5 horas de trabajo.

Grupos de tareas y colores:



8. Diagrama de Gantt



9. Matriz de uso de recursos de materiales

Cód.W BS	Nombre de la tarea	Recursos requeridos (horas)						
		PCB	DSO	Generador	Herramientas de soldadura	Router CNC	Kit de desarrollo	Tester
1	GENERAL							
1.1	Inicio del proyecto							
1.1.1	Documentación Inicial	5						
1.1.2	Elección del RTOS	5						
1.2	Compras							
1.3	Documentación							
1.3.1	Manual de usuario	5						
1.3.2	Manual técnico	15						
1.3.3	Informe final	15						
2	DRIVERS Y MÓDULOS							
2.1	Adquisicion							
2.1.1	Driver del ADC + dma	3	3	3			3	
2.1.2	Adquisición y visualización de señales	3	3	3			3	
2.1.3	Test ADC (libro de lyons)	4	4	4			3	
2.1.4	Validación del ADC	1						

2.1.5	ADC Externo?	1						
2.2	Almacenamiento							
2.2.1	Armado de PCB módulo SD	4				4		
2.2.2	Driver SD + dma	4	4				4	
2.2.3	Adquisición de buffers de entrada	2					2	
2.2.4	Interfaz CLI de prueba para cambio de modos	5					5	
2.2.5	Tests de adquisiciones prolongados	4					4	
2.3	Autonomía							
2.3.1	Medición de consumo	8	8				8	5
2.3.2	Cálculo de batería	7					7	7
2.3.3	Test de adquisicion con batería	3	3				3	
2.4	Periféricos internos							
2.4.1	Reloj de tiempo real	4					4	
2.4.2	Medición de nivel batería	4	4				4	4
2.4.3	Timers	4	4				4	
2.4.4	PWM	3	3				3	3
2.4.5	Escritura en flash	4					4	

2.4.6	Manejo de UART y BT	8	8				8	8
3	BATERÍA CARGA Y AUTONOMÍA							
3.1	Elección de batería	4	4					4
3.2	Circuito de carga por USB	10	10					10
3.3	Circuito de regulación	10	10					10
4	MODULO ANALOGICOS							
4.1	Acondicionamiento analogico	8	8	8	8	8		8
4.2	Testeo y corrección de prototipos	5	5	5	5	5		5
4.3	Conexión con módulo digital	8	8	8			8	8
5	DISEÑO DE PCB							
5.1	Integracion de Modulos	4					4	
5.2	Diseño de esquemáticos	8						
5.3	Diseño de PCB final	8			8	8		
5.4	Fabricacion de PCB	servicio						
5.5	Corrección de errores	4						
5.6	Fabricacion de PCB [2]	servicio						
6	INTERFAZ DE USUARIO							

6.1	Rutinas de menú y protocolo de comunicación	8					8	
6.2	Rutinas de calibración	10					10	
6.3	Rutinas de configuración (puesta en hora, Fs, canales, etc.)	5					5	
6.4	Fuentes e imágenes	6					6	

10. Presupuesto detallado del proyecto

Costos directos:

Se toma en cuenta una carga de trabajo promedio de 3.5 hs por día, y un valor de \$200 pesos la hora de ingeniería.

Se agregó una columna de costos extra, como el costo de materiales y servicios. Además, en algunas tareas no se sumó el valor de las horas de ingeniería por tratarse de tareas o servicios realizados por terceros o que no requieren trabajo de ingeniería.

		DÍAS	HORAS	SUBTOTAL HS	EXTRA	Total	TOTAL ETAPAS
1	GENERAL	188	658				25900
1.1	Inicio del proyecto	8	28			7000	
1.1.1	Documentación Inicial	5	17,5	3500			
1.1.2	Elección del RTOS	5	17,5	3500			
1.2	Compras	50	175		15000		
1.3	Documentación	15	52,5			18900	
1.3.1	Manual de usuario	5	17,5	4000	300		
1.3.2	Manual técnico	5	17,5	3500	300		
1.3.3	Informe final	15	52,5	10500	300		
2	DRIVERS Y MÓDULOS	63	220,5				49800
2.1	Adquisicion	11	38,5			8400	
2.1.1	Driver del ADC + dma	3	10,5	2100			
2.1.2	Adquisición y visualización de señales	3	10,5	2100			
2.1.3	Test ADC (libro de lyons)	4	14	2800			

2.1.4	Validación del ADC	1	3,5	700			
2.1.5	ADC Externo?	1	3,5	700			
2.2	Almacenamiento	15	52,5			11500	
2.2.1	Armado de PCB módulo SD	4	14	2800	500		
2.2.2	Driver SD + dma	4	14	2800			
2.2.3	Adquisición de buffers de entrada	2	7	1400			
2.2.4	Interfaz CLI de prueba para cambio de modos	5	17,5	3500			
2.2.5	Tests de adquisiciones prolongados	4	14		500		
2.3	Autonomía	10	35			10500	
2.3.1	Medición de consumo	8	28	5600			
2.3.2	Cálculo de batería	7	24,5	4900			
2.3.3	Test de adquisicion con batería	3	10,5				
2.4	Periféricos internos	27	94,5			19400	
2.4.1	Reloj de tiempo real	4	14	2800			
2.4.2	Medición de nivel batería	4	14	2800			
2.4.3	Timers	4	14	2800			
2.4.4	PWM	3	10,5	2100			
2.4.5	Escritura en flash	4	14	2800			

2.4.6	Manejo de UART y BT	8	28	5600	500		
3	BATERÍA CARGA Y AUTONOMÍA	24	84				17300
3.1	Elección de batería	4	14	2800			
3.2	Circuito de carga por USB	10	35	7000	500		
3.3	Circuito de regulación	10	35	7000			
4	MODULO ANALOGICOS	16	56				18700
4.1	Acondicionamiento analogico	8	28	5600	4000		
4.2	Testeo y corrección de prototipos	5	17,5	3500			
4.3	Conexión con módulo digital	8	28	5600			
5	DISEÑO DE PCB	40	140				28800
5.1	Integracion de Modulos	4	14	2800			
5.2	Diseño de esquemáticos	8	28	5600			
5.3	Diseño de PCB final	8	28	5600			
5.4	Fabricacion de PCB	8	28	0	6000		
5.5	Corrección de errores	4	14	2800			
5.6	Fabricacion de PCB [2]	8	28	0	6000		

6	INTERFAZ DE USUARIO	33	115,5				20300
6.1	Rutinas de menú y protocolo de comunicación	8	28	5600			
6.2	Rutinas de calibración	10	35	7000			
6.3	Rutinas de configuración (puesta en hora, Fs, canales, etc.)	5	17,5	3500			
6.4	Fuentes e imágenes	6	21	4200			
FINAL							160800

Costos Totales:

Total Costo directo (CD) :

Costo Directo AR\$ 160.800

Total Costo Indirecto (CI):

60% CD AR\$ 96.840

Reserva para contingencia:

15% (CD+CI) AR\$ 38.592

Total proyecto: AR\$ 295.872

11. Matriz de asignación de responsabilidades

Cod WBS	Nombre	GRAF, Sebastian Cliente	CRAIEM, Damian Impulsor	ROUX, Federico Responsable	PI, Matias Colaborador
1	GENERAL				
1.1	Inicio del proyecto				
1.1.1	Documentación Inicial	A	C	P	I
1.1.2	Elección del RTOS		I	P	I
1.2	Compras	A	A	P	
1.3	Documentación				
1.3.1	Manual de usuario	I	C	P	I
1.3.2	Manual técnico	I	C	P	I
1.3.3	Informe final	A	A	P	C
2	DRIVERS Y MÓDULOS				
2.1	Adquisición				
2.1.1	Driver del convertidor AD			P	S
2.1.2	Adquisición y visualización de señales		A	P	S
2.1.3	Test ADC (libro de Lyons)			P	
2.1.4	Validación del ADC		A	P	
2.2	Almacenamiento				
2.2.1	Armado de PCB módulo SD		I	P	
2.2.2	Driver SD + dma		I	P	
2.2.3	Adquisición de buffers de entrada		I	P	S
2.2.4	Interfaz CLI de prueba para cambio de modos			P	
2.2.5	Tests de adquisiciones prolongados		A	P	S
2.3	Autonomía				
2.3.1	Medición de consumo		I	P	
2.3.2	Cálculo de batería		I	P	

2.3.3	Test de adquisicion con batería	A	A	P	
2.4	Periféricos internos		A		
2.4.1	Reloj de tiempo real		I	P	
2.4.2	Medición de nivel batería		I	P	
2.4.3	Timers		I	P	
2.4.4	PWM		I	P	
2.4.5	Escritura en flash		I	P	
2.4.6	Manejo de UART y BT		I	P	S
3	BATERÍA CARGA Y AUTONOMÍA		A		
3.1	Elección de batería		I	P	
3.2	Circuito de carga por USB		I	P	
3.3	Circuito de regulación		I	P	
4	MODULO ANALOGICOS		A		
4.1	Acondicionamiento analogico		I	P	
4.2	Testeo y corrección de prototipos	A	I	P	
4.3	Conexión con módulo digital		I	P	
5	DISEÑO DE PCB				
5.1	Integracion de Modulos		I	P	
5.2	Diseño de esquemáticos		I	P	
5.3	Diseño de PCB final		I	P	
5.4	Fabricacion de PCB		I	P	
5.5	Corrección de errores		I	P	
5.6	Fabricacion de PCB [2]	A	A	P	
6	INTERFAZ DE USUARIO				
6.1	Rutinas de menú y protocolo de comunicación	A	A	P	S
6.2	Rutinas de calibración	A	A	P	S
6.3	Rutinas de configuración (puesta en hora, Fs, canales, etc.)	A	A	P	S

6.4	Fuentes e imágenes	A	A	P	S
-----	--------------------	---	---	---	---

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

12. Gestión de riesgos

a) Identificación de riesgos:

Riesgo 1: Demora en los tiempos de fabricación del PCB.

- Severidad (S) : **3**. No tiene mucha incidencia en los resultados finales porque se puede trabajar con prototipos manufacturados sin que ello incurra en una demora del resto de las tareas
- Probabilidad de ocurrencia (O) : **5**. Según experiencia propia, suele ocurrir que los fabricantes de circuitos impresos demoren más de lo planificado.

Riesgo 2: Demora en compras y tiempos de entrega de componentes electrónicos.

- Severidad : **6**. Si no se reciben a tiempo los componentes, se demorarán todas las tareas que dependen del armado de PCBs.
- Probabilidad de ocurrencia : **6**. Si se trabaja con distribuidores locales, puede suceder de manera muy probable que algunos componentes sean difíciles de conseguir o demoren varias semanas en llegar.

Riesgo 3: Demoras en la integración del programa.

- Severidad : **7**. Las fallas del firmware al integrar los diferentes módulos del programa pueden llevar trabajo extra para unificarlos, en caso de que haya incongruencias en el uso o acceso a recurso.
- Probabilidad de Ocurrencia : **4**. Se trabajará en forma modular pero teniendo en cuenta el programa global y el acceso a recursos.

Riesgo 4: Autonomía deficiente.

- Severidad : **8**. Luego de integrar todo el hardware, es posible que no se logre un consumo adecuado, y que el tamaño de la batería no se pueda agrandar más por el tamaño total.
- Probabilidad de Ocurrencia: **5**. El microcontrolador no es específicamente uno de bajo consumo, pero los módulos pueden activarse por separado y el consumo es bastante controlable.

Riesgo 5: Problemas / fallas en el manejo de la alimentación.

- Severidad: **7**. El módulo de alimentación se trabajará en función a un PMIC, especializado en carga de batería por USB para dispositivos portátiles. Es bastante complejo y se evaluará su funcionamiento. Una falla o rotura en este módulo puede traer contratiempos severos y difíciles de corregir.
- Probabilidad de Ocurrencia: **6**. No se conoce particularmente esta tecnología por lo que es un poco incierto el éxito al manejar PMICs.

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

Riesgo	Severidad	Ocurrencia	RPN	Severidad*	Ocurrencia*	RPN*
1	3	5	15			
2	6	6	36	6	2	12
3	7	4	28			
4	8	5	40	4	5	20
5	7	6	42	5	4	20

Criterio adoptado:

- Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a **30**.

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 PRN máximo establecido:

- **Riesgo 2:** Plan de mitigación: Se realizarán las compras con antelación, adquiriendo varias opciones de componentes alternativos en proveedores locales. En caso de no conseguir localmente algunos productos, o tener mucha demora, se harán las compras en distribuidores extranjeros. Se tuvieron en cuenta los gastos en el peor de los casos para las compras en proveedores extranjeros.
 - Severidad*: **6**. La severidad es la misma.
 - Probabilidad de ocurrencia*: **2**. Se pagará más caro pero no se correrán riesgos en compras.
- **Riesgo 4:** Plan de mitigación: Se utilizara módulo Bluetooth de baja energía, y reguladores buck/boost para aprovechar la batería al máximo. En último caso, se utilizarán baterías de mejor calidad, hasta donde el costo lo permita.
 - Severidad*: **4**. Las alternativas a mejorar la autonomía reducen la severidad del riesgo a expensas de utilizar baterías más caras en todo caso.
 - Probabilidad de ocurrencia*: **5**. La probabilidad es la misma
- **Riesgo 5:** Plan de mitigación: se resolverá el manejo de la alimentación en forma modular en un PCB aparte, de manera que las fallas se detectan en esta fase, y no dañen el microcontrolador. Se utilizarán los circuitos de aplicación recomendados por el fabricante de PMIC.
 - Severidad*: **5**. El trabajo modular reduce la severidad de dañar el microcontrolador o el resto del PCB en una etapa previa.
 - Probabilidad de ocurrencia*: **4**. Al trabajar en forma modular, se reduce la probabilidad de romper el PCB.

13. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

1. Requerimientos asociados a la alimentación:

Requerimiento 1.1: El equipo debe tener una autonomía mayor a 24 horas en el modo de adquisición y almacenamiento, a una dada frecuencia de muestreo.

Verificación: Investigar el consumo del microcontrolador en la hoja de datos. Investigar el consumo del módulo BLE en modo stand by. Investigar el consumo de la SD. Hacer cálculo de consumo y batería.

Validación: medición del consumo sobre el prototipo final.

Requerimiento 1.2: El equipo debe ser portátil e inalámbrico, por lo tanto, alimentado a batería

Verificación: Buscar información de posibles módulos BLE a utilizar, indicando parámetros como distancia máxima, velocidad de transmisión, etc.

Validación: prueba de adquisición e ingreso a modo de transmisión online a diferentes frecuencias de muestreo.

2. Requerimientos asociados al tamaño físico del equipo:

Requerimiento 2.1: El peso del equipo debe tener un peso aproximado de 500 gr.

Verificación: Se buscará información de gabinetes de bajo peso. Se proyectará diseñar el PCB en un tamaño pequeño.

Validación: se pesará el equipo al terminar el diseño.

Requerimiento 2.2: El tamaño debe ser aproximadamente de 10cm x 10cm

Verificación: Se hará una estimación de la cantidad y el tamaño de los componentes y conectores, proyectando una placa doble faz de tamaño menor a 10cm x 10cm

Validación: Se realizará la medición del modelo final del PCB a fabricar y el gabinete a utilizar para validar este requerimiento.

Requerimiento 2.3: El equipo no debe calentarse demasiado

Verificación: Se realizarán cálculos estimativos sobre el consumo del módulo de regulación y del microcontrolador, intentado minimizar la disipación. El equipo completo no debería superar los 50°C durante el modo de adquisición.

Validación: Se medirá la temperatura del equipo durante el modo de adquisición.

3. Requerimientos asociados a la conectividad e interfaz de usuario:

Requerimiento 3.1: Se deben poder visualizar las señales medidas en tiempo real previo a iniciar la experiencia.

Verificación: Buscar información sobre el protocolo de comunicación de la interfaz de usuario ya desarrollada.

Validación: Realizar pruebas sobre la maquina de estados de comunicación en fases de ingreso y salida del modo de visualización previa.

Requerimiento 3.2: Se deben poder visualizar las señales medidas durante la adquisición sin interrumpir la experiencia.

Verificación: Buscar información sobre el protocolo de comunicación de la interfaz de usuario ya desarrollada. Buscar información sobre el tiempo de escritura en SD.

Validación: Realizar pruebas sobre la maquina de estados de comunicación en fase de ingreso y salida del modo de visualización y adquisición, y comprobar luego que las señales fueron adquiridas correctamente.

Requerimiento 3.3: Se debe realizar la configuración de la adquisición (ganancia, canales habilitados, frecuencia de muestreo, etc.) desde una terminal Bluetooth.

Verificación: Buscar información sobre todas las configuraciones posibles del ADC, y realizar una lista de los parámetros útiles que pueden servir ser configurados antes de comenzar la experiencia.

Validación: Verificar la adquisición con diferentes combinaciones de parámetros. Comprobar las señales adquiridas en software de PC.

Requerimiento 3.4: Se debe poder acceder a la memoria SD a través de la conexión USB.

Verificación: Verificar en bibliografía y hojas de datos la posibilidad de utilizar un filesystem en el microcontrolador. Verificar la posibilidad de conexión USB en hojas de datos del microcontrolador.

Validación: Conectar el equipo vía USB a una PC y comprobar el acceso a los archivos como un dispositivo de almacenamiento masivo.

4. Requerimientos asociados a la adquisición y almacenamiento:

Requerimiento 4.1 :El equipo debe tener una resolución de 1 mmHg en alguna de las escalas de ganancia.

Verificación: Se buscará información sobre la resolución del sensor y del ADC para verificar que es posible alcanzar prácticamente esa resolución.

Validación: Se utilizará un calibrador de presión para realizar variaciones de 1 mmHg

Requerimiento 4.2 : Debe poder manejar almacenamiento suficiente para la máxima resolución elegida y frecuencia de muestreo.

Verificación: Se realizarán los cálculos para el tamaño más grande de dato, máxima cantidad de canales y máxima frecuencia de muestreo, para una adquisición continua de 24 hs. Este tamaño debe poder manejarse en una SD.

Validación: Se realizarán pruebas de adquisición para comprobar el correcto guardado de datos. En caso de ser necesario, se guardaran diferentes archivos.

Requerimiento 4.3 : Se debe poder configurar el tamaño de muestra.

Verificación: verificar hoja de datos del ADC y comprobar la posibilidad de modificar el tamaño de muestra. En caso negativo, planificar guardar solamente la cantidad de bits configurados, descartando el resto de bits menos significativos.

Validación: Modificar el tamaño de muestra y leer los archivos. Comprobar el tamaño del dato y la cantidad de memoria utilizada.

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
Grado de avance	Impulsor Cliente	Poner en conocimiento a los interesados el estado del proyecto	Bimestral	email, reporte	Federico Roux
Detalles técnicos de avance	Impulsor Colaborador	Consultas, asesoramiento	Mensual	email, reunión	Federico Roux
Tests de integración con interfaz PC	Colaborador	Ver requerimientos de soft de apoyo para el programa, hacer pruebas de comunicación	Semanal	reunión, email, git	Federico Roux
Presentación de Proyecto Final	Audiencia pública	Mostrar el proyecto final y el curso de su desarrollo	Única vez	reunión	Federico Roux

15. Gestión de Compras

Criterios de selección de proveedores:

- Para el caso de fabricantes de circuitos impresos y montaje de componentes, se seleccionarán los proveedores que puedan cumplir con los estándares de fabricación necesarios. Se buscarán principalmente proveedores locales para poder rendir las facturas al cliente.
- Para el caso de distribuidores de componentes electrónicos, se buscarán en primer lugar proveedores locales que puedan facturar la compra. En caso de no conseguir componentes o de haber demoras muy significativas, se buscarán proveedores internacionales,

16. Seguimiento y control

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Responsable de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunicac.
1. Generalidades	Documento	Trimestral	Federico Roux	Impulsor, Cliente	mail, reunión
2. Drivers y módulos digitales	%, prototipos funcionales	Semanal	Federico Roux	Impulsor, colaborador	mail, reunión
3. Batería, carga autonomía	%, prototipos funcionales	Mensual	Federico Roux	Impulsor	mail, reunión
4. Módulos analógicos	%, prototipos funcionales	Mensual	Federico Roux	Impulsor	mail, reunión
5. Diseño de PCB	%, prototipos funcionales	Quincenal	Federico Roux	Impulsor	mail, reunión
6. Interfaz de usuario	%, prototipos funcionales	Semanal	Federico Roux	Impulsor, colaborador	mail, reunión

17. Procesos de cierre

■ Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:

- Encargado: Ing. Roux Federico.
- Se analizarán uno por uno los requerimientos para comprobar si todos los procesos de verificación resultaron exitosos.
- Se evaluarán los requerimientos no cumplidos en caso de haberlos, y su grado de importancia sobre el modelo final

■ Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron:

- Encargado: Ing. Roux Federico.
- Se evaluarán los riesgos previstos que resultaron siendo ciertos, y el procedimiento de mitigación planificado versus el real.
- Se evaluarán demoras que no fueron causadas por los riesgos previstos.

■ Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores:

- Encargado: Ing. Roux Federico.
- El encargado del proyecto realizará una presentación pública del modelo final del proyecto y su historial de desarrollo. Se invitarán a todas las personas que participaron en la gestación, desarrollo y evaluación del mismo.