



Sistema embebido para el monitoreo de parámetros fisiológicos y realización de espirometría digital

Autor:

Carlos Silvestre Herrera Trujillo

Director:

Nombre del Director (pertenencia)

Codirector:

John Doe (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 8 de marzo de 2022 y el 5 de diciembre de 2022.*

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
2. Identificación y análisis de los interesados	6
3. Propósito del proyecto	7
4. Alcance del proyecto	7
5. Supuestos del proyecto.	8
6. Requerimientos	8
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	9
8. Entregables principales del proyecto	9
9. Desglose del trabajo en tareas	10
10. Diagrama de Activity On Node.	10
11. Diagrama de Gantt	11
12. Presupuesto detallado del proyecto	14
13. Gestión de riesgos	14
14. Gestión de la calidad	15
15. Procesos de cierre	16

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	8 de marzo de 2022

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 8 de marzo de 2022

Por medio de la presente se acuerda con el Bach. Carlos Silvestre Herrera Trujillo que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema embebido para el monitoreo de parámetros fisiológicos y realización de espirometría digital”, consistirá esencialmente en un prototipo de sistema embebido para la realización de maniobras de espirometría y monitoreo de parámetros fisiológicos, el respectivo firmware y la generación de modelo 3D que permita la fabricación de la estructura del equipo, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$20000, con fecha de inicio 8 de marzo de 2022 y fecha de presentación pública 12 de diciembre 2022.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Dr. Felix Llanos Tejada
Hospital Nacional Dos de Mayo

Nombre del Director
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema embebido que permita realizar las pruebas de espirometría, dicho dispositivo contará con las funcionalidades de medidor de pulso cardiaco y saturación de oxígeno, termómetro infrarrojo sin contacto, medidor de pasos. Además tendrá la característica de contar con una batería de li-ion que permita su uso portable y recarga a través de un puerto micro-usb.

Para la realización de este proyecto se preveen los siguientes desafíos:

- Desde el punto de vista de componentes, debido a la situación global el mercado de componentes electrónicos se encuentra sustancialmente reducido, y ello, impacta directamente en el desarrollo del proyecto ya que es indispensable la búsqueda de componentes de tamaño reducido para la fabricación de un equipo portátil.
- Con el objetivo de poder utilizarse este dispositivo en el ambito de la medicina, es necesario que se encuentre calibrado, por ello se deben adquirir los equipos necesarios con los cuales se puedan realizar las respectivas calibraciones de los sensores, además, contar con el apoyo del personal a fin de poder realizar correctamente dichos procesos.
- El desafío más importante es el poder brindar un equipo que sea de bajo costo, para ello se debe optimizar el uso de componentes y cumplir con las capacidades principales anteriormente mencionadas, debido a que se prevee el uso de estos dispositivos en los hospitales a fin de realizar trabajos de telemedicina y posteriormente, obteniendo una patente, poder comercializarlos a nivel regional (America Latina).

Debido a que el presente proyecto sería la segunda versión del proyecto Phukuy se consideró que debe realizarse varios tipos de mejora, como la calibración del dispositivo por parte del area de investigación, la factibilidad de añadir características nuevas, así como, la corrección de errores de diseño encontrados en el prototipo previo. Así mismo realizar un rediseño que permita la creación de un nuevo modelo de estructura del dispositivo.

En la actualidad el efecto de la pandemia ha llegado a gran parte de la población, no solo económica o sicológicamente, sino principalmente por los daños generados en los pulmones por la enfermedad Covid19, por ello es necesario la realización de pruebas médicas y monitoreo del paciente, no obstante el acceso a hospitales y/o clínicas desde el 2020 ha sido restringido, existe en el Perú la falta de acceso a recursos médicos en las zonas alejadas, por ello se pensó en el desarrollo de un espirómetro que posea múltiples funciones, cuyos datos serán enviados a través del smartphone del paciente.

El presente proyecto se destaca especialmente por incluir la funcionalidad de tres (03) dispositivos: pulso-oxímetro, termómetro infrarrojo y espirómetro, además de permitir la visualización de resultados a través de una APP en el smartphone, el uso de inteligencia artificial aplicada, siendo estos puntos una ventaja que puede permitir el ingreso al mercado nacional.

El desarrollo de este dispositivo forma parte de los trabajos realizados por la Dirección de Investigación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), cuyo interés principal es la generación de nuevas investigaciones y su posterior puesta en marcha como producto.

En la Figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema. Se observa que el sistema embebido tendrá un microcontrolador como elemento principal el cual se encargará del procesamiento de las señales capturadas a fin de transmitir datos semi finales al celular, de esta

manera no sobrecargar de procesamiento a este último. Este dispositivo obtendrá los parámetros fisiológicos a través de los sensores de fotodiodo, termopila, así como los intervalos de tiempo de las interrupciones ópticas, los cuales tienen una correspondencia directa con el flujo de aire espirado por la turbina. Por último, poseerá indicadores leds y un indicador de sonido, los cuales también pueden ser activados por un comando enviado por la aplicación en el celular.

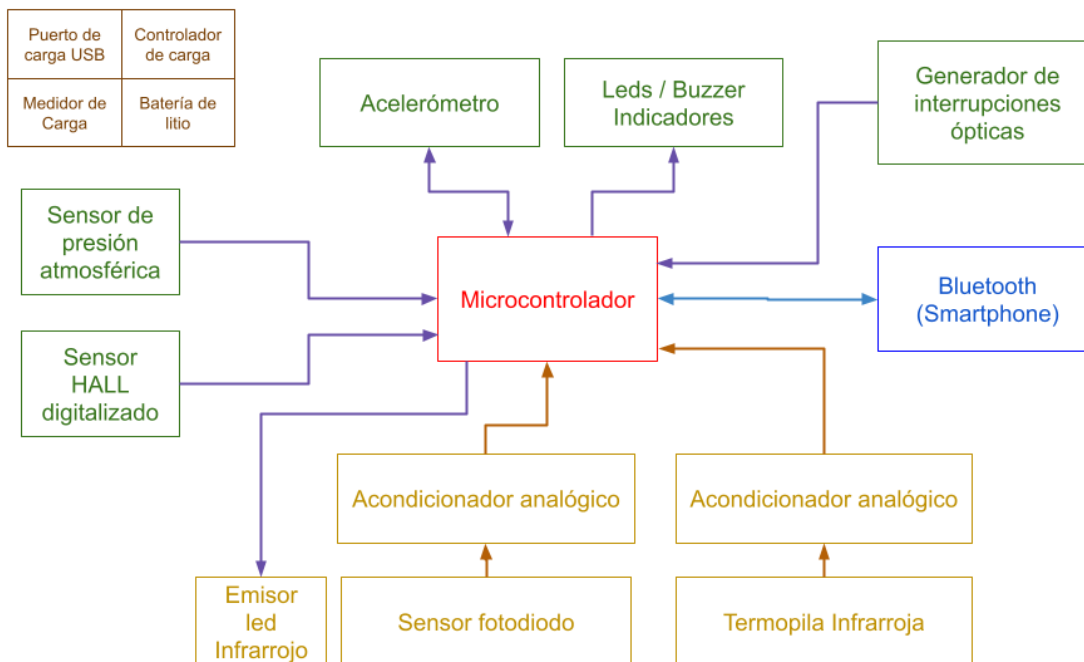


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

2. Identificación y análisis de los interesados

- Auspiciante: es motivador, exigente, riguroso, innovador y altamente comprometido bajo objetivos finales.
- Colaboradores: Heyul Chavez, se enfocará en el desarrollo de la aplicación del celular con inteligencia artificial, puede brindar apoyo pero no es su principal función el desarrollo de hardware del presente proyecto.
Cesar Cruz, se encuentra trabajando en otros proyectos, se puede pedir sugerencias.
Gianpierre Zapata, ayuda principalmente con los trámites para la adquisición de material de los proyectos.
- Orientador: .

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	Dr. Carlos Raymundo Ibañez	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas UPC	Profesor Investigador Coordinador general de investigación
Cliente	Dr. Felix Llanos Tejada	Hospital Nacional Dos de Mayo	Médico Neumólogo
Responsable	Carlos Silvestre Herrera Trujillo	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Jorge Heyul Chavez Arias, Cesar Cruz Gutierrez, Gianpierre Zapata Ramirez	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas UPC	Asistentes de investigación
Orientador	Nombre del Director	pertenencia	Director Trabajo final
Opositores	Fabricantes de equipos médicos de espirometría de la región de latino américa		
Usuario final	Pacientes con deficiencias en vías respiratorias que requieren un monitoreo del proceso de rehabilitación		

3. Propósito del proyecto

El propósito de este Proyecto es el desarrollo de un prototipo de sistema embebido de bajo costo de espirómetro digital, como parte de un producto, basado en una arquitectura multifuncional con conexión inalámbrica bluetooth orientado al monitoreo remoto y diagnóstico a pacientes en rehabilitación de Covid 19.

4. Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye:

- Diseño e implementación de placas electrónicas.
- Exportación en 3D del diseño realizado para su posterior implementación en dispositivo.
- Calibración de sensores para el envío de datos de forma inalámbrica.

- Firmware del sistema embebido.

El presente proyecto no incluye:

- Validación clínica
- No contempla el desarrollo del paquete tecnológico del producto
- Diseño del modelo 3D de la estructura (case) del equipo.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se dispondrá del tiempo necesario para la realización del proyecto en la jornada laboral.
- Se dispondrá de los ambientes necesarios para la realización de las pruebas
- Se dispondrá de los equipos de laboratorio electrónico para la realización del mismo.
- Se dispondrá el uso de fondos del área de investigación así como las facilidades de adquisición de materiales.
- Se dispondrá del área legal a fin de cumplir requisitos que puedan surgir debido a la importación de equipos y generación de patentes.
- Se tendrá la colaboración de los miembros de investigación para el proceso de calibración.

6. Requerimientos

Los requerimientos deben numerarse y de ser posible estar agruparlos por afinidad, por ejemplo:

1. Requerimientos funcionales
 - 1.1. El sistema debe...
 - 1.2. Tal componente debe...
 - 1.3. El usuario debe poder...
2. Requerimientos de documentación
 - 2.1. Requerimiento 1
 - 2.2. Requerimiento 2 (prioridad menor)
3. Requerimiento de testing...
4. Requerimientos de la interfaz...
5. Requerimientos interoperabilidad...
6. etc...

Leyendo los requerimientos se debe poder interpretar cómo será el proyecto y su funcionalidad.

Indicar claramente cuál es la prioridad entre los distintos requerimientos y si hay requerimientos opcionales.

No olvidarse de que los requerimientos incluyen a las regulaciones y normas vigentes!!!

Y al escribirlos seguir las siguientes reglas:

- Ser breve y conciso (nadie lee cosas largas).
- Ser específico: no dejar lugar a confusiones.
- Expresar los requerimientos en términos que sean cuantificables y medibles.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Descripción: En esta sección se deben incluir las historias de usuarios y su ponderación (*history points*). Recordar que las historias de usuarios son descripciones cortas y simples de una característica contada desde la perspectiva de la persona que desea la nueva capacidad, generalmente un usuario o cliente del sistema. La ponderación es un número entero que representa el tamaño de la historia comparada con otras historias de similar tipo.

El formato propuesto es: como [rol] quiero [tal cosa] para [tal otra cosa].”

Se debe indicar explícitamente el criterio para calcular los *story points* de cada historia

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son (ejemplo):

- Manual de uso
- Diagrama de circuitos esquemáticos
- Código fuente del firmware
- Diagrama de instalación
- Informe final
- etc...

9. Desglose del trabajo en tareas

El WBS debe tener relación directa o indirecta con los requerimientos. Son todas las actividades que se harán en el proyecto para dar cumplimiento a los requerimientos. Se recomienda mostrar el WBS mediante una lista indexada:

1. Grupo de tareas 1

- 1.1. Tarea 1 (tantas hs)
- 1.2. Tarea 2 (tantas hs)
- 1.3. Tarea 3 (tantas hs)

2. Grupo de tareas 2

- 2.1. Tarea 1 (tantas hs)
- 2.2. Tarea 2 (tantas hs)
- 2.3. Tarea 3 (tantas hs)

3. Grupo de tareas 3

- 3.1. Tarea 1 (tantas hs)
- 3.2. Tarea 2 (tantas hs)
- 3.3. Tarea 3 (tantas hs)
- 3.4. Tarea 4 (tantas hs)
- 3.5. Tarea 5 (tantas hs)

Cantidad total de horas: (tantas hs)

Se recomienda que no haya ninguna tarea que lleve más de 40 hs.

10. 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:



Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

11. Diagrama de Gantt

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de gantt, entre los 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

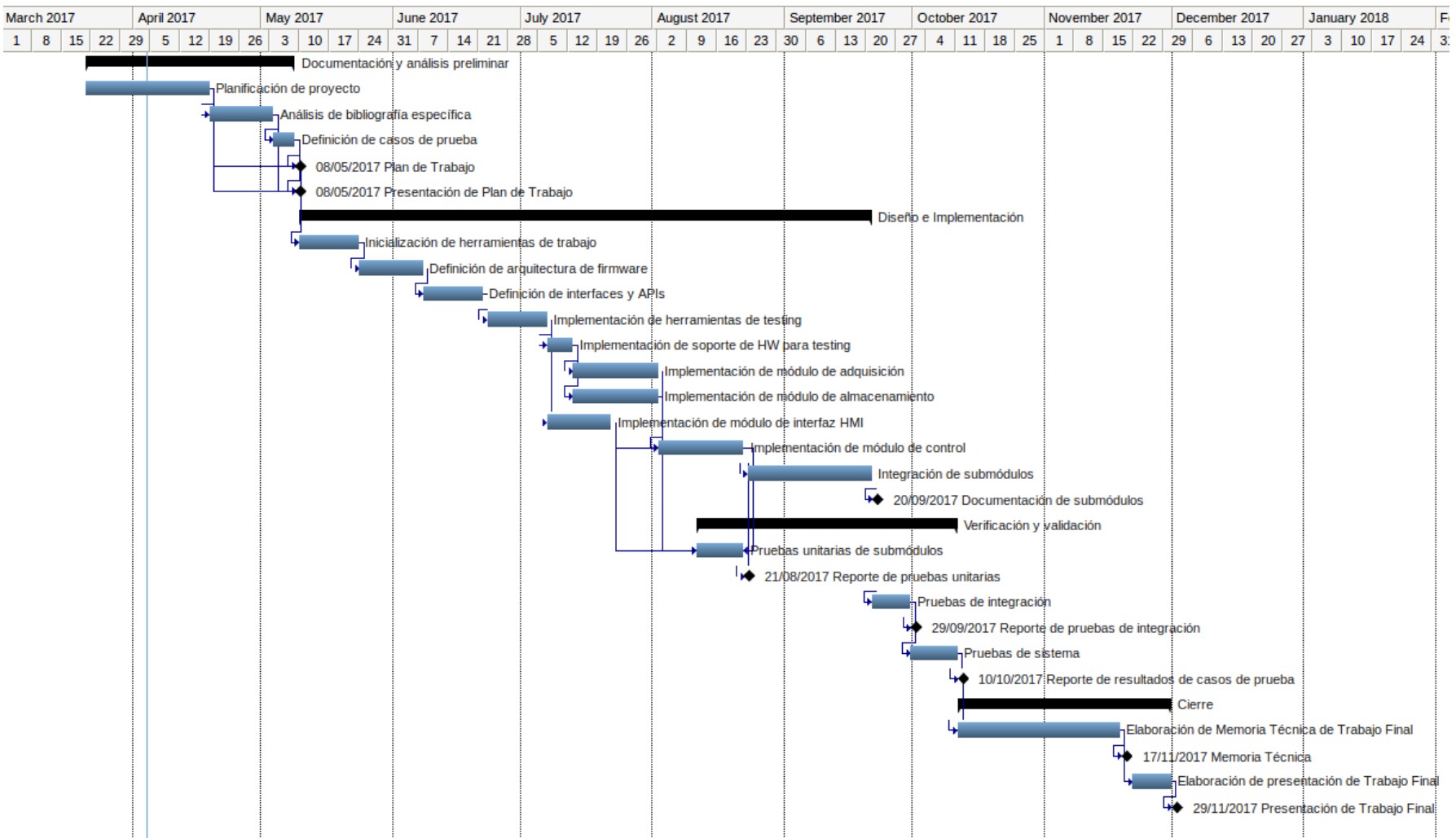


Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

12. 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			

13. 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 de forma negativa)

- 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):

■ Ocurrecia (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).

14. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: copiar acá el requerimiento.
 - 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, mediciones, etc. Las acciones de verificación suelen considerar al entregable como “caja blanca”, es decir se conoce en profundidad su funcionamiento interno. En cambio, las acciones de validación suelen considerar al entregable como “caja negra”, es decir, que no se conocen los detalles de su funcionamiento interno.

15. 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 emplearon, 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.