



Sistema de monitoreo inteligente de consumo de agua

Autor:

Ing. Paolo Gonzalo Bazán Hernández

Director:

Por definir (FIUBA)

Codirector:

Por definir (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 21 de octubre de 2021 y el 09 de diciembre de 2021.*

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
2. Identificación y análisis de los interesados	7
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	11
9. Desglose del trabajo en tareas	11
10. Diagrama de Activity On Node.	12
11. Diagrama de Gantt	13
12. Presupuesto detallado del proyecto	15
13. Gestión de riesgos	15
14. Gestión de la calidad	16
15. Procesos de cierre	17

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	21/10/2021
1	Se completa hasta el punto 1 inclusive	04/11/2021
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive y correcciones de rev.1	11/11/2021

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 21 de octubre de 2021

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Paolo Gonzalo Bazán Hernández que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Sistema de monitoreo inteligente de consumo de agua”. Consistirá en la implementación de un prototipo de un sistema de control del flujo de agua de un punto de salida, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y USD8200, con fecha de inicio 21 de octubre de 2021 y fecha de presentación pública 15 de mayo de 2022.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Marleny López Machuca
Cliente particular

Por definir
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

Situación problemática

En un estudio llevado a cabo por el Centro de Resiliencia de Estocolmo publicado en el 2009, se identificó que el planeta Tierra tiene nueve límites, procesos o parámetros interconectados que son determinantes para mantener la estabilidad del planeta. De cruzar estos límites, se afectará el equilibrio vital con consecuencias y cambios irreversibles que pueden desencadenar el colapso de nuestra sociedad.

Uno de estos parámetros, es el uso del agua dulce. Si bien la Tierra tiene mucha agua, la gran parte es salada y solo el 2.5 % es dulce. Este porcentaje es cada vez menor por el cada vez mayor uso de la agricultura, que representa el 70 % del total de agua dulce. Esta tasa va incrementándose anualmente por el crecimiento poblacional. Es indispensable promover una cultura de ahorro de este líquido vital.

En las ciudades, con la complejidad de las redes urbanas de agua potable y la multiplicación de puntos de agua, también se incrementan las fugas por agrietamiento o rotura de las tuberías. Ante eventos de esta naturaleza, dependiendo de su magnitud de la fuga, si se tratara por ejemplo, de la rotura de la tubería alimentadora de una casa, la inundación será advertida rápidamente por sus residentes. Sin embargo, si las fugas fueran ligeras, será difícil tener una detección temprana. Por lo tanto, las acciones correctivas tomarán tiempo en ejecutarse.

Para un mejor entendimiento, en el siguiente gráfico se puede identificar la cantidad de agua que se podría desperdiciar en un hogar que tuviera un solo punto de agua defectuoso, que desperdicie 30 gotas por minuto. Este ritmo podría pasar inadvertido por el propietario, pero sí logrará que se arroje alrededor de 1041 galones de agua al año o su equivalente de 3650 litros.

● **Hogares:** Número de hogares con llaves que gotean (desde 1 a 1 millón)
● **Llaves:** Número de llaves que gotean en cada hogar
● **Gotas:** Número de gotas por minuto por llave que gotea (desde 1 a 120)

Número de hogares	Número de llaves en cada hogar	Número de gotas por minuto
1 hogar	1 llave	30 gotas/minuto

¿Terminó? Ahora puede usted

Las respuestas aparecerán en los cuadros que se muestran abajo

Aquí se muestra cuánta agua se desperdiciaría (en cifras redondeadas):

Gotas por día:	43,200	Litros por día:	10
Galones por día:	2	Galones por año:	1,041
Baños por año:	20		

Figura 1. Cálculo estimado de pérdida de agua en un hogar

La necesidad principal a satisfacer en el mercado es la carencia de información en tiempo real que permita la rápida atención de fugas y desperdicio del agua potable en los hogares u organizaciones.

Descripción técnica/conceptual del proyecto a realizar

El proyecto busca construir un sistema que permita el control del consumo de agua potable y la detección de fugas en redes caseras o empresariales de agua potable.

El trabajo propuesto se abordará con un sensor inalámbrico de caudal de agua que permita la lectura del caudal que pasa por el punto monitoreado. Los datos deberán ser enviados a través del protocolo MQTT para su almacenamiento en una base de datos. En el frente de visualización de la información, se propone la creación de una aplicación que permita mostrar el flujo de agua en el punto monitoreado, así como su consumo acumulado durante un tiempo definido.

El principal desafío del presente proyecto es la identificación del sensor que permita la correcta medición del flujo de agua. En el mercado existe disponibilidad de contadores de caudal de agua. Sin embargo, se trata de sensores intrusivos, ya que requieren alterar la plomería para incorporarlos. Se busca que el proyecto no sea intrusivo para una fácil utilización. Para lograr este objetivo, se necesitará usar dispositivos que utilicen la técnica de ultrasonido, que si bien existen en el mercado, no lo hace de forma masiva.

Los contadores inteligentes de caudal de agua poseen tecnología madura que las empresas que gestionan el agua potable en las ciudades, como AySA, irán desplegando paulatinamente. A mediano/largo plazo, estos dispositivos enviarán la información en tiempo real a sus sistemas centrales y eventualmente, se compartirá con los usuarios finales.

La motivación del presente proyecto es poder brindar al mercado una herramienta económica para la medición de caudal en tiempo real. Esta solución podrá estar disponible para hogares, organizaciones o para quienes brinden servicios relacionados. Se podrá conocer de forma temprana el consumo actual y detectar, basándose en comparación de consumos anteriores, fugas de agua potable.

En la Figura 2 se presenta el diagrama a alto nivel de la solución.

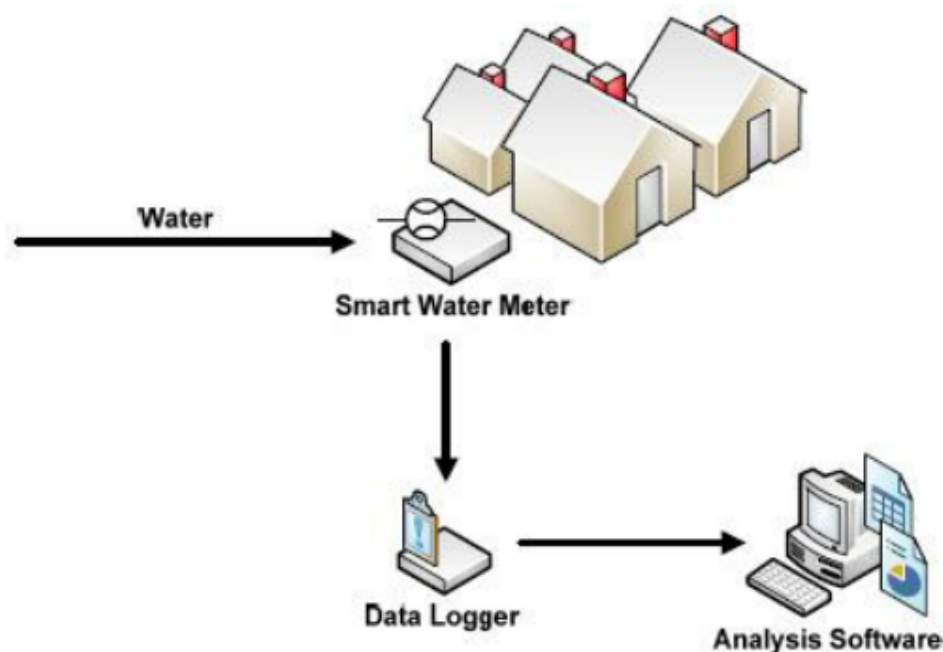


Figura 2. Diagrama a alto nivel de la solución

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Marleny López Machuca	Cliente particular	–
Responsable	Ing. Paolo Gonzalo Bazán Hernández	FIUBA	Alumno
Orientador	Por definir	Por definir	Director
Colaborador	Por definir	Por definir	Co-director

- **Orientador:** Posee conocimiento y experiencia en soluciones TI que ayudará en la estrategia y definición de los objetivos del proyecto. Cuenta con escaso tiempo disponible. Se deberán planificar reuniones con anticipación de 15 días.
- **Colaborador:** Posee conocimiento y experiencia en soluciones IoT que ayudará en los conceptos y aspectos técnicos del proyecto. Cuenta con escaso tiempo disponible. Se deberán planificar reuniones con anticipación de 15 días.

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es mejorar el conocimiento sobre sensorización de caudal de fluidos, específicamente de agua. Se busca ampliar el conocimiento en la integración de los componentes de medición, protocolos de comunicación y servicios de software que pongan en valor la información sobre el consumo de agua potable.

4. Alcance del proyecto

El proyecto de trabajo final del CEIoT tendrá como alcance lo siguiente:

1. Diseño, identificación e implementación de prototipo de solución de telemetría, para medición de caudal de agua en una tubería residencial
 - Basada en utilización de sensores de medición de caudal de agua con tecnología ultrasónica
 - Los sensores no serán instalados .en línea.en la tubería o cañería. Serán instalados de forma no intrusiva, sin intervenirla.
 - La comunicación hacia la solución de software será inalámbrica, utilizando preferentemente protocolo Wi-Fi
2. Diseño y construcción de solución de software para la captura y procesamiento de datos
 - Basada en tecnología de contenedores
 - Utilización de base de datos relacional

3. Diseño y construcción de solución de software front-end para la presentación de datos en tiempo real y de forma histórica

- Basado en lenguaje typescript

El presente proyecto no incluye:

- Detección de caudal de otro tipo de fluidos
- Inclusión de servicios de nube
- Gestión de analítica de datos

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se dispondrá de tiempo suficiente para el cumplimiento de los objetivos y entregables
- Se dispondrá de recursos económicos para la adquisición de materiales necesarios para la construcción del prototipo y software asociado
- Se dispondrá de orientación oportuna por parte de todos los involucrados de acuerdo a su rol
- Se asume niveles de precisión aceptables en la tecnología de los dispositivos de telemetría elegida

6. Requerimientos

Los requerimientos del proyecto serán listados de acuerdo al siguiente criterio:

- Su clasificación será: funcionales y no funcionales.
- La prioridad de los requerimientos se listan de mayor a menor.
- El cumplimiento de estos requerimientos es mandatorio, salvo se especifique si fuera opcional.

1. Requerimientos Funcionales

- 1.1. Conexión de los dispositivos debe ser de forma inalámbrica.
- 1.2. Dispositivos de medición de caudal de agua deberán usar tecnología ultrasónica
- 1.3. Solución debe ser atender primariamente las salidas de agua de servicios higiénicos y/o de tuberías de hasta 1".
- 1.4. La transmisión de datos debe ser ligera y debe consumir baja energía.

- 1.5. Solución debe contar con documentación de cobertura de señal.
- 1.6. Solución debe incluir documentación con estudio de parámetros para medición de caudal de agua usando sensores ultrasónicos.
- 1.7. Software embebido debe poder encapsularse en un contenedor docker.
- 1.8. Aplicativo web debe permitir registro de ubicación del sensor y asociarla con la colección de datos.
- 1.9. Aplicativo web debe mostrar caudal de agua de cada sensor en tiempo real.
- 1.10. Aplicativo web debe mostrar caudal histórico de cada sensor y promedio de los últimos 7 días.
- 1.11. Solución debe incluir notificaciones que permitan alertar a usuarios de alteración del caudal habitual, superior al 10 % al promedio histórico.
- 1.12. Opcionalmente, solución debe tener capacidad portátil para conexión de datos, alimentación eléctrica e instalación de plomería.

2. Requerimientos No Funcionales

- 2.1. Adecuación a lineamientos establecidos en la ISO 30141:2018.
- 2.2. Los sensores deberán conectarse a una red de forma predeterminada.
- 2.3. Activación de configuraciones de seguridad disponibles en los componentes de la solución.
- 2.4. Opcionalmente, solución podrá tener control de accesos configurable.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

A continuación se listan las historias de usuario y su ponderación, que es un número entero que representa el tamaño de la historia comparada con otras historias de similar tipo. Está basada en la serie de Fibonacci.

Los criterios para la ponderación son los siguientes:

#	Criterio	Peso
1	Dificultad de trabajo a realizar	
	Bajo	1
	Medio	3
	Alto	5
2	Complejidad de trabajo a realizar	
	Bajo	1
	Medio	5
	Alto	13
2	Riesgo-incertidumbre de trabajo a realizar	
	Bajo	1
	Medio	5
	Alto	13

Las historias de usuario son las siguientes:

1. Como cliente quiero que la medición del caudal sea lo más precisa posible, para tener confianza en la solución y compararla con mediciones de la empresa de suministro de agua
 - Dificultad : 5
 - Complejidad : 8
 - Riesgo : 13
 - Total : 26
 - **Story Points : 34**
2. Como cliente quiero que la aplicación web sea responsiva, para que sea usada desde computadoras y móviles
 - Dificultad : 3
 - Complejidad : 8
 - Riesgo : 5
 - Total : 16
 - **Story Points : 21**
3. Como cliente deseo que la solución proporcione información histórica por ubicación del sensor, para comparación con consumos pasados
 - Dificultad : 4
 - Complejidad : 10
 - Riesgo : 7
 - Total : 21
 - **Story Points : 21**
4. Como cliente deseo que la solución notifique ante alteración de patrón de consumo desviado en un 10% mayor con respecto al consumo histórico, para tener una alerta oportuna de posibles fugas.
 - Dificultad : 5
 - Complejidad : 15
 - Riesgo : 10
 - Total : 30
 - **Story Points : 34**
5. Como cliente deseo que la solución sea portátil, para poder moverla en distintos ambientes
 - Dificultad : 4
 - Complejidad : 5
 - Riesgo : 13
 - Total : 24
 - **Story Points : 34**

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Prototipo final de solución
- Aplicación web implementada
- Documentación del proyecto
 - Diagrama de arquitectura de solución
 - Diagrama de circuitos esquemáticos
 - Código fuente del software
 - Diagrama de instalación
 - Memoria técnica final

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación del proyecto: 40 hs

- 1.1. Elaboración del plan de proyecto (20 hs)
- 1.2. Análisis de factibilidad (10 hs)
- 1.3. Validaciones de calidad (10 hs)

2. Investigación inicial: 60 hs

- 2.1. Investigación sobre sensores de medición de flujo de agua con tecnología ultrasónica (30 hs)
- 2.2. Indagación sobre nivel de programación de sensores identificados (20 hs)
- 2.3. Proceso de adquisición de sensores (10 hs)

3. Diseño de arquitectura de solución: 60 hs

- 3.1. Arquitectura tecnológica (15 hs)
- 3.2. Arquitectura de aplicación (20 hs)
- 3.3. Arquitectura de integración (10 hs)
- 3.4. Arquitectura de datos (15 hs)

4. Desarrollo de aplicación web: 150 hs

- 4.1. Desarrollo front end (50 hs)
- 4.2. Desarrollo back end (60 hs)
- 4.3. Pruebas de aplicaciones (30 hs)

4.4. Habilitación de infraestructura (10 hs)

5. Desarrollo de sistema embebido: 180 hs

5.1. Desarrollo de algoritmo de medición de caudal de agua (50 hs)

5.2. Desarrollo de algoritmo de comunicaciones (40 hs)

5.3. Desarrollo de algoritmo de manejo de datos (40 hs)

5.4. Encapsulamiento de aplicación en contenedores (20 hs)

5.5. Corrección de errores (30 hr)

6. Elaboración de documentación: 120 hs

6.1. Confección de memoria técnica (60 hs)

6.2. Informes de avance (20 hs)

6.3. Presentación de defensa (20 hs)

6.4. Encapsulamiento de aplicación en contenedores (20 hs)

Cantidad total de horas: 610 hs

10. Diagrama de Activity On Node

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

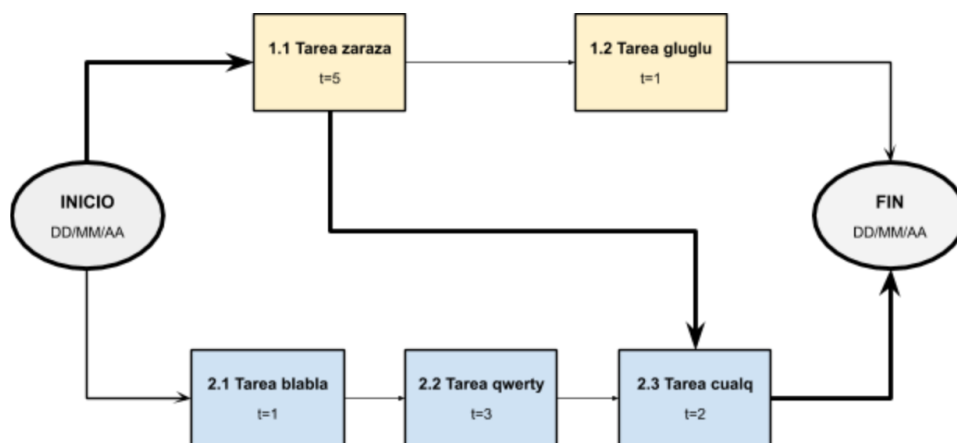


Figura 3. Diagrama en *Activity on Node*

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:

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 4, 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.

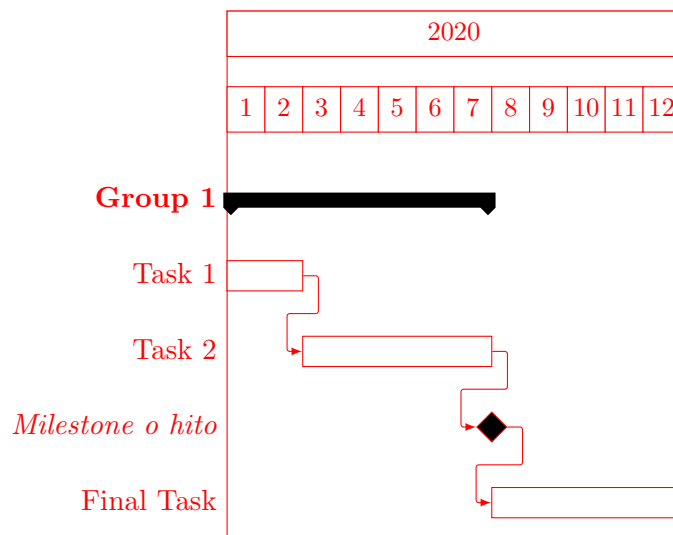


Figura 4. Diagrama de gantt de ejemplo



Figura 5. 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.