



Sistema IoT para el Monitoreo de Niveles de Ruido en Entornos Cerrados o Pequeñas Áreas Urbanas

Autor:

Ing. José Pedro Rivero Peña

Director:

Título y Nombre del director (pertenencia)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 04 de marzo de 2025 y el 22 de abril de 2025.*

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
2. Identificación y análisis de los interesados	6
3. Propósito del proyecto	6
4. Alcance del proyecto	6
5. Supuestos del proyecto.	7
6. Requerimientos	8
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	9
8. Entregables principales del proyecto	9
9. Desglose del trabajo en tareas	9
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
0	Creación del documento	04 de marzo de 2025

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 04 de marzo de 2025

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. José Pedro Rivero Peña que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Sistema IoT para el Monitoreo de Niveles de Ruido en Entornos Cerrados o Pequeñas Áreas Urbanas” y consistirá en la implementación de un prototipo de un sistema IoT para el monitoreo de niveles de ruido en entornos cerrados o pequeñas áreas urbanas. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 horas y un costo estimado de 240.000 ARS, con fecha de inicio el 04 de marzo de 2025 y fecha de presentación pública el 15 de mayo de 2024.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Nombre del cliente
-

Título y Nombre del director
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El monitoreo de los niveles acústicos en entornos cerrados y pequeños espacios urbanos es un problema que no se puede dejar de lado en la sociedad actual. La exposición constante a altos niveles de ruido puede generar estrés, fatiga auditiva y afectar la concentración y productividad en oficinas, hospitales, aulas y parques. A pesar de la existencia de sistemas de medición de ruidos, estos suelen ser costosos, estacionarios o requieren intervención manual para la toma y análisis de datos. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas accesibles, autónomas y escalables para la medición en tiempo real de los niveles de ruido ambiental.

Este proyecto propone el desarrollo de un sistema IOT, capaz de monitorear el nivel de ruido en tiempo real mediante sensores que recopilan la información y la transmiten a una plataforma en la nube para que usuarios puedan tener acceso a estos datos además de la gestión de alertas de parámetros. A diferencia de soluciones tradicionales, esta propuesta se enfoca en la modularidad y accesibilidad, permitiendo su implementación en diversos entornos sin necesidad de grandes inversiones en infraestructura. La solución contempla el uso de sensores calibrados, microcontroladores con conectividad inalámbrica y un sistema de almacenamiento y visualización de datos basado en la nube, lo que facilita el acceso a la información desde cualquier dispositivo con conexión a internet. La propuesta se diferencia de las existentes al integrar alertas configurables, escalabilidad para expansión del sistema y la posibilidad de incorporar algoritmos de inteligencia artificial en futuras fases para la identificación de patrones de ruido y predicción de niveles sonoros.

El sistema propuesto consta de varios módulos funcionales. En primer lugar, los nodos sensores distribuidos miden el nivel de ruido en diferentes ubicaciones y procesan localmente los datos antes de enviarlos a través de una red de comunicación Wi-Fi en entornos con infraestructura disponible y LoRa en espacios abiertos sin acceso a redes tradicionales. Los datos recopilados son almacenados en la nube y pueden visualizarse en una interfaz web, donde los usuarios pueden consultar registros históricos, recibir alertas en tiempo real y tomar decisiones en función de la información proporcionada por el sistema. Además, la optimización energética es un aspecto clave del diseño, por lo que los dispositivos funcionarán con baterías de larga duración y, en casos específicos, podrán incorporar alimentación solar para garantizar una operación continua.

Uno de los principales desafíos del proyecto es garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones en distintos entornos, para lo cual se ha considerado la incorporación de un segundo tipo de sensor para controlar factores ambientales como temperatura y humedad, que pueden influir en la propagación del sonido. Asimismo, se busca desarrollar un sistema que pueda expandirse fácilmente, permitiendo la incorporación de nuevos nodos de medición sin afectar el rendimiento general de la plataforma. La seguridad en la transmisión y almacenamiento de los datos también es un aspecto crítico, por lo que se emplearán protocolos de comunicación seguros como MQTT con cifrado.

Este emprendimiento personal busca proporcionar una herramienta útil para el monitoreo de ruido en espacios donde el control acústico es un factor clave para la calidad de vida. La facilidad de implementación y la flexibilidad del sistema permiten su aplicación en múltiples sectores, desde instituciones educativas y hospitales hasta gobiernos municipales interesados en gestionar la contaminación acústica en espacios públicos. Con una infraestructura abierta y escalable, este sistema puede evolucionar para integrar nuevas funcionalidades.

A continuación, se presenta el diagrama del sistema, donde se ilustra la interacción entre sus diferentes componentes y el flujo de datos desde la captación hasta la visualización de los datos.

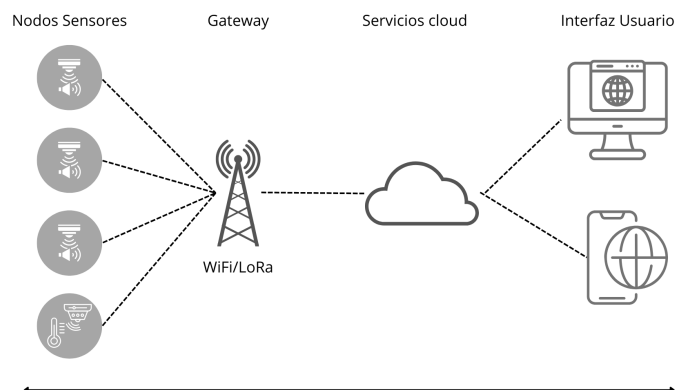


Figura 1. Diagrama del sistema.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	-	-	-
Cliente	Nombre del cliente	-	-
Impulsor			
Responsable	Ing. José Pedro Rivero Peña	FIUBA	Alumno
Colaboradores	-		
Orientador	Título y Nombre del director	pertenencia	Director del Trabajo Final
Equipo	Por definir Por definir	Por definir	Por definir
Opositores	-		
Usuario final	Gobiernos, empresas y civiles	-	-

3. Propósito del proyecto

Desarrollar un sistema IoT eficiente, escalable y de bajo costo para la medición y monitoreo en tiempo real de los niveles de ruido en entornos cerrados y pequeñas áreas urbanas que permita recopilar, procesar y visualizar datos acústicos de manera accesible, proporcionando a los usuarios información precisa sobre la contaminación sonora en distintos espacios.

4. Alcance del proyecto

La propuesta está orientada a ofrecer un sistema modular, escalable y de bajo consumo energético, con una infraestructura adaptable a distintos escenarios de uso.

El proyecto incluye:

- **Diseño e implementación de un sistema IoT para monitoreo de ruido**, compuesto por nodos sensores, un módulo de comunicación y una plataforma en la nube.
 - Desarrollo de un prototipo funcional con tres nodos sensores distribuidos en un entorno de prueba.
 - Selección, calibración y configuración de sensores de ruido con un rango de medición entre 30 y 120 dB, garantizando una precisión aceptable para el análisis acústico.
 - Integración con microcontrolador esp32 que permita el procesamiento de datos en la transmisión de información.
 - Implementación de un módulo de conectividad inalámbrica utilizando tecnologías Wi-Fi para entornos cerrados y LoRa para áreas urbanas con baja cobertura de red.
- **Desarrollo de una plataforma en la nube para almacenamiento y visualización de datos.**
 - Configuración de una base de datos para el almacenamiento de registros históricos y análisis posterior.
 - Implementación de un dashboard web accesible para la consulta de datos en tiempo real, permitiendo la visualización de mediciones y tendencias históricas.
 - Incorporación de un sistema de alertas configurables para notificar a los usuarios cuando los niveles de ruido superen los umbrales predefinidos.
- **Optimización energética del sistema**, asegurando bajo consumo y autonomía en los nodos sensores.
 - Implementación de estrategias de bajo consumo en los microcontroladores, utilizando modos de suspensión y transmisión periódica.
 - Evaluación del uso de baterías recargables con posibilidad de integración de paneles solares en escenarios de monitoreo prolongado.

El presente proyecto no incluye:

- Reducción o mitigación del ruido ambiental, ya que su enfoque se limita a la medición y análisis de los niveles de ruido.
- Integración con modelos de inteligencia artificial o análisis predictivo en esta fase inicial, aunque el sistema está diseñado para futuras ampliaciones en este sentido.
- Desarrollo de una aplicación móvil nativa; el acceso a los datos y la visualización del sistema se realizarán únicamente a través de una interfaz web.
- Implementación en escenarios reales fuera del alcance de pruebas controladas, limitándose en esta etapa a un entorno de prueba definido para la validación del prototipo.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- No se considerarán regulaciones específicas sobre privacidad o normativas de manejo de datos, dado que el sistema solo recopilará información de niveles de ruido sin asociarlos a datos personales o identificables.

- Se asumirá que las condiciones de infraestructura en los entornos de prueba son representativas de espacios urbanos y cerrados típicos, sin interferencias extremas que afecten la captura y transmisión de datos.
- Se dispondrá de una red eléctrica estable en las áreas de prueba, permitiendo el funcionamiento de los sensores y la transmisión de datos sin interrupciones críticas.
- No se considerarán eventos extremos como fallos masivos de red, cortes prolongados de energía o interferencias radioeléctricas severas que puedan comprometer el funcionamiento del sistema.
- Se asumirá que las condiciones ambientales dentro de los entornos de prueba serán normales, sin presencia de factores climáticos extremos que puedan afectar la medición del sonido o el funcionamiento de los dispositivos.
- Se trabajará con un conjunto limitado de nodos sensores, sin escalabilidad masiva en esta fase del proyecto, pero asegurando la posibilidad de expansión futura si se requiere.
- No se contemplará la implementación de sistemas de redundancia avanzada para la transmisión y almacenamiento de datos, ya que el proyecto busca validar la funcionalidad básica del sistema en su fase inicial.

6. Requerimientos

Los requerimientos deben enumerarse y de ser posible estar agrupados 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.

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

El formato propuesto es:

1. “Como [rol] quiero [tal cosa] para [tal otra cosa].”
Story points: 8 (complejidad: 3, dificultad: 2, incertidumbre: 3)

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son (ejemplo):

- Manual de usuario.
- Diagrama de circuitos esquemáticos.
- Código fuente del firmware.
- Diagrama de instalación.
- Memoria del trabajo 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 (suma h)
 - 1.1. Tarea 1 (tantas h)

- 1.2. Tarea 2 (tantas h)
- 1.3. Tarea 3 (tantas h)
- 2. Grupo de tareas 2 (suma h)
 - 2.1. Tarea 1 (tantas h)
 - 2.2. Tarea 2 (tantas h)
 - 2.3. Tarea 3 (tantas h)
- 3. Grupo de tareas 3 (suma h)
 - 3.1. Tarea 1 (tantas h)
 - 3.2. Tarea 2 (tantas h)
 - 3.3. Tarea 3 (tantas h)
 - 3.4. Tarea 4 (tantas h)
 - 3.5. Tarea 5 (tantas h)

Cantidad total de horas: tantas.

¡Importante!: la unidad de horas es h y va separada por espacio del número. Es incorrecto escribir “23hs”.

Se recomienda que no haya ninguna tarea que lleve más de 40 h. De ser así se recomienda dividirla en tareas de menor duración.

10. Diagrama de Activity On Node

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

Una herramienta simple para desarrollar los diagramas es el Draw.io (<https://app.diagrams.net/>). Draw.io

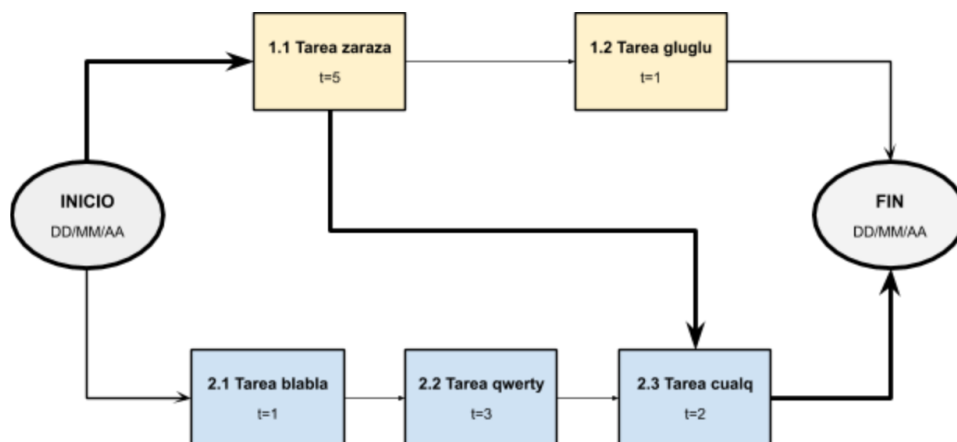


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semi críticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color.

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.

Las fechas pueden ser calculadas utilizando alguna de las herramientas antes citadas. Sin embargo, el siguiente ejemplo fue elaborado utilizando [esta hoja de cálculo](#).

Es importante destacar que el ancho del diagrama estará dado por la longitud del texto utilizado para las tareas (Ejemplo: tarea 1, tarea 2, etcétera) y el valor x *unit*. Para mejorar la apariencia del diagrama, es necesario ajustar este valor y, quizás, acortar los nombres de las tareas.

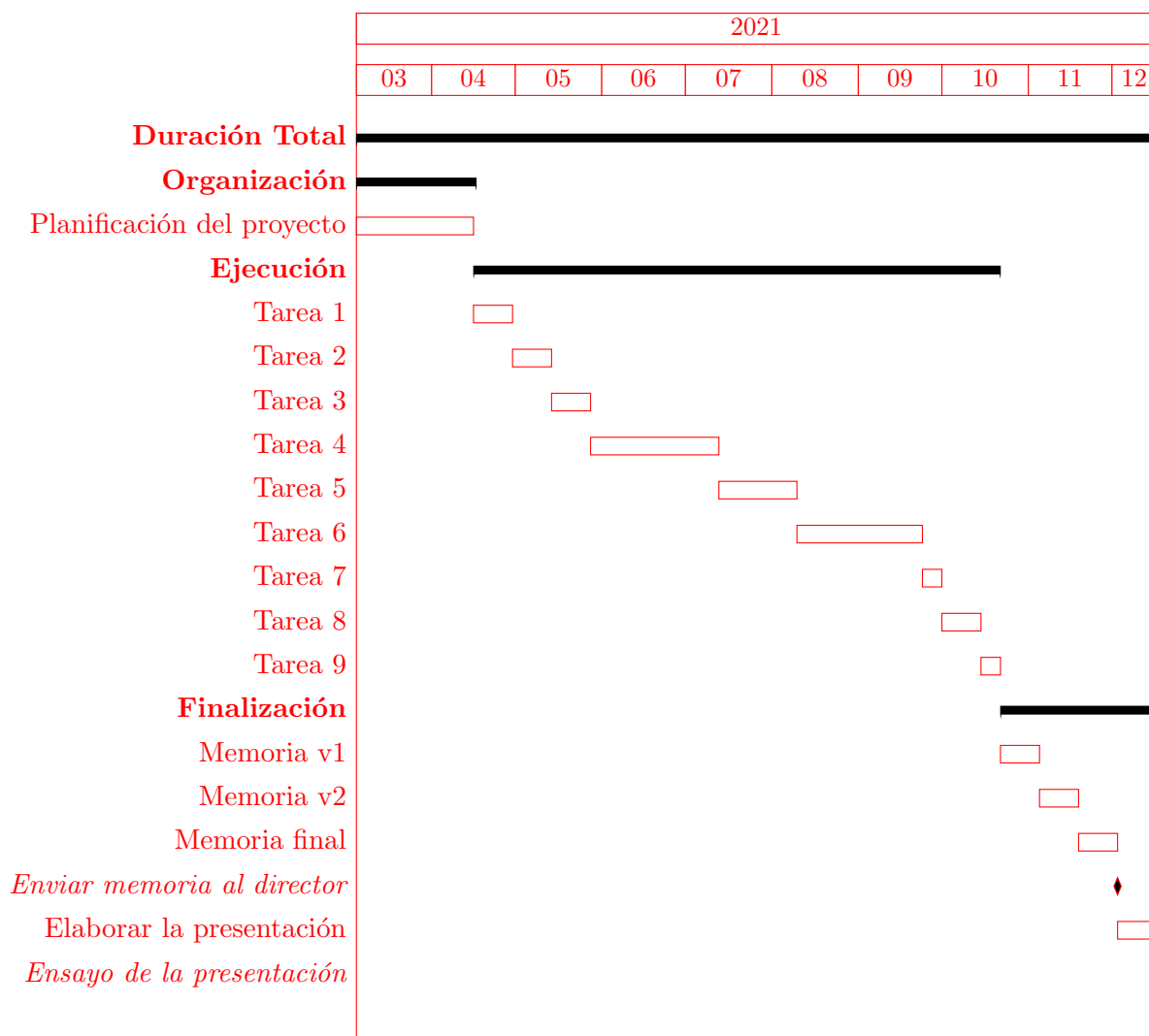


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo



Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt (apaisado).

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**.

Incluir la aclaración de si se emplea como moneda el peso argentino (ARS) o si se usa moneda extranjera (USD, EUR, etc). Si es en moneda extranjera se debe indicar la tasa de conversión respecto a la moneda local en una fecha dada.

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): X.
Justificación...

- Ocurriencia (O): Y.
Justificación...

Riesgo 3:

- Severidad (S): X.
Justificación...
- Ocurriencia (O): Y.
Justificación...

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

Elija al menos diez requerimientos que a su criterio sean los más importantes/críticos/que aportan más valor y para cada uno de ellos indique las acciones de verificación y validación que permitan asegurar su cumplimiento.

- Req #1: copiar acá el requerimiento con su correspondiente número.

- 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, 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.