



Modernización de Contadores de Tránsito con Comunicación Bidireccional

Autor:

Ing. Diego Anibal Vazquez

Director:

- (-)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 30 de abril de 2025 y el 18 de junio de 2025.*

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	4
1.1 Contexto y Motivación	4
1.2 Problemas Identificados	5
1.3 Estado del Arte y Propuesta de Valor	5
1.4 Propuesta de Modernización	5
1.5 Descripción Funcional y Técnica	5
1.6 Características del Cliente y del Entorno	6
1.7 Grado de Innovación	6
2. Identificación y análisis de los interesados	6
3. Propósito del proyecto	7
4. Alcance del proyecto	8
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.	11
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	30 de abril de 2025

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 30 de abril de 2025

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Diego Anibal Vazquez que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Modernización de Contadores de Tránsito con Comunicación Bidireccional ” y consistirá en un sistema de comunicación con los contadores de tránsito, incorporando un modelo de comunicación bidireccional. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 horas y un costo estimado de \$ 500, con fecha de inicio el 30 de abril de 2025 y fecha de presentación pública el 30 de mayo de 2025. Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Subgerencia de Estudios de Demanda
Vialidad Nacional

-
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

1.1. Contexto y Motivación

Este proyecto surge en el marco de una necesidad operativa concreta detectada en la infraestructura actual de monitoreo de tránsito vehicular utilizada en rutas nacionales. Actualmente, un modelo de los contadores de tránsito empleados han sido desarrollados internamente y cumplen adecuadamente su función básica: registrar el paso de vehículos, clasificar en livianos y pesados y transmitir los datos a un servidor central. Sin embargo, estas unidades se comunican exclusivamente por enlaces GPRS tercerizados, a través de un canal unidireccional, lo que impide cualquier tipo de interacción remota con los dispositivos en campo. Frente a esta situación, se plantea el desafío de modernizar la arquitectura de comunicaciones de estos sistemas, incorporando capacidades de comunicación bidireccional, diagnósticos remotos y rápida respuesta operativa. Este proyecto se enmarca en una iniciativa profesional orientada a mejorar el proceso de cálculo de estadísticas viales y optimizar la eficiencia operativa en el control de tránsito.

1.2. Problemas Identificados

- Falta de comunicación bidireccional: actualmente, no es posible enviar comandos desde el servidor a los dispositivos para ajustar su configuración, reiniciarlos o recolectar información de diagnóstico.
- Dependencia de proveedores externos: la infraestructura GPRS utilizada es tercerizada, lo que genera costos recurrentes, posibles restricciones técnicas y dificultades para gestionar incidentes de manera eficiente.
- Imposibilidad de actualización remota: cualquier modificación de parámetros de funcionamiento requiere intervención física en el dispositivo, lo que limita la flexibilidad y agilidad operativa.

1.3. Estado del Arte y Propuesta de Valor

Existen en el mercado soluciones comerciales con capacidades de gestión remota y comunicación bidireccional. Sin embargo, muchas de estas soluciones son costosas. El enfoque propuesto busca aprovechar tecnologías de código abierto y protocolos estandarizados (MQTT sobre TLS) para construir una solución flexible, escalable y económicamente viable, adaptada al entorno específico de rutas argentinas.

1.4. Propuesta de Modernización

Se propone rediseñar el sistema de comunicaciones de los contadores de tránsito, incorporando un modelo de comunicación bidireccional segura. Este nuevo esquema permitirá no solo el envío de datos desde los dispositivos hacia el servidor central, sino también la recepción de comandos y actualizaciones desde el servidor hacia los dispositivos en campo. Adicionalmente, se prevé la visualización de los datos en tiempo real, a medida que vayan siendo transmitidos.

1.5. Descripción Funcional y Técnica

El sistema estará compuesto por:

- Un dispositivo contador (ya desarrollado pero incompleto) modificado para incluir capacidad de comunicación bidireccional.
- Un canal de comunicación (GPRS).
- Un protocolo de comunicación con MQTT sobre TLS.
- Una base de datos relacional donde se almacenará toda la información recibida de los dispositivos.
- Una interfaz web básica alojada en el servidor central, que permitirá visualizar en tiempo real los datos capturados y enviar comandos a los dispositivos (reinicio, carga de parámetros, consulta de estado).
- Funciones básicas de monitoreo remoto: temperatura del equipo, nivel de batería, errores de hardware o comunicación.

1.6. Características del Cliente y del Entorno

El cliente es Vialidad Nacional interesada en modernizar sus sistemas de conteo de tránsito. Valora la autonomía operativa, la posibilidad de diagnóstico remoto, y la reducción de costos operativos. No existen condiciones especiales en cuanto a propiedad intelectual ni confidencialidad en esta etapa.

1.7. Grado de Innovación

La innovación del proyecto reside en la integración de elementos existentes (sensores, redes móviles) bajo una lógica de arquitectura abierta y centralizada, adaptable y orientada a la gestión inteligente de los datos del tránsito, con fuerte énfasis en la autonomía y la flexibilidad operativa.

En la figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema. El dispositivo de conteo, compuesto por sensores y un microcontrolador, se comunica mediante un canal inalámbrico GPRS y transmite los datos hacia un broker MQTT externo. El servidor central está suscrito a este broker y recibe los datos mediante un módulo de procesamiento que los almacena en una base de datos relacional. Paralelamente, el sistema cuenta con una API REST que permite el acceso a la información desde una interfaz web y la ejecución de comandos administrativos. De esta manera, el sistema combina la eficiencia del protocolo MQTT para el envío de datos en tiempo real con la flexibilidad de una API REST para la gestión y visualización.

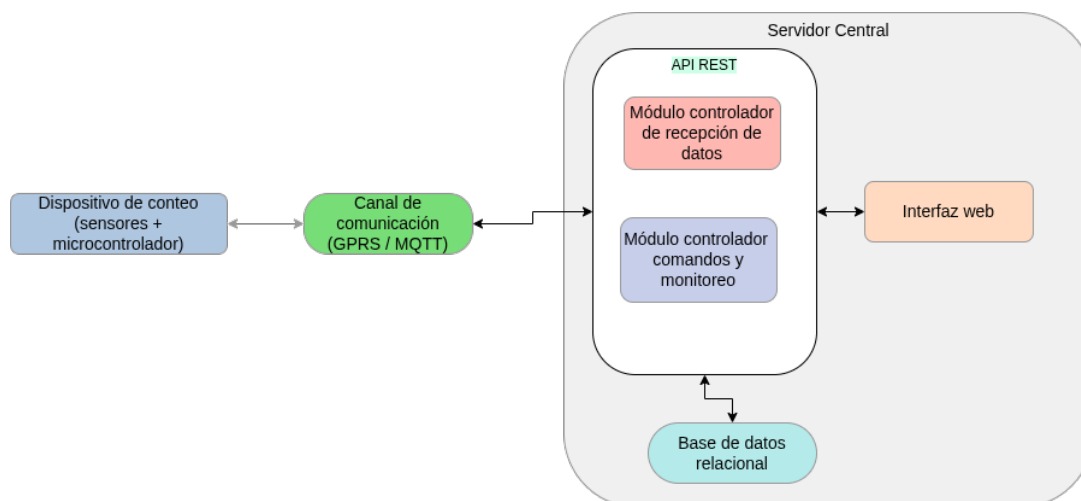


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

2. Identificación y análisis de los interesados

Nota importante: borrar esto y todas las consignas en color rojo antes de entregar este documento). Esto se hace eliminando el par de comandos que forman el bloque consigna, `\begin{consigna}{red}` y `\end{consigna}{red}` del código.

Es inusual que una misma persona esté en más de un rol, incluso en proyectos chicos. Si se considera que una persona cumple dos o más roles, entonces **solo dejarla en el rol más importante**.

Por ejemplo, si una persona es Cliente pero también colabora u orienta, dejarla solo como Cliente. Si una persona es el Responsable, **no debe ser colocado también como miembro del equipo**.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante			
Cliente	Subgerencia de Estudios de Demanda	Vialidad Nacional	
Impulsor			
Responsable	Ing. Diego Anibal Vazquez	FIUBA	Alumno
Colaboradores			
Orientador	-	-	Director del Trabajo Final
Equipo	miembro1 miembro2		
Opositores			
Usuario final			

El Director suele ser uno de los orientadores.

No dejar celdas vacías; si no hay nada que poner en una celda colocar un signo “-”.

No dejar filas vacías; si no hay nada que poner en una fila entonces eliminarla.

Es deseable listar a continuación las principales características de cada interesado.

Por ejemplo:

- Orientador: la Dra. Ing. María Gómez es experta en la temática y va a ayudar con la definición de los requerimientos y el desarrollo del firmware del embebido.
- Auspiciante: es riguroso y exigente con la rendición de gastos. Tener mucho cuidado con esto.
- Equipo: Juan Perez, suele pedir licencia porque tiene un familiar con una enfermedad. Planificar considerando esto.

3. Propósito del proyecto

¿Por qué se hace el proyecto? ¿Qué se quiere lograr?

Se recomienda que sea solo un párrafo que continúe con la idea de la frase “el propósito de este proyecto es...” (omitir la frase, ya que está en el título de la sección).

4. Alcance del proyecto

Se desarrollará un prototipo funcional que permita validar los aspectos clave del rediseño propuesto. El prototipo incluirá:

- Un dispositivo contador (actualmente existente, pero incompleto), al que se le incorporará capacidad de comunicación bidireccional.
- Un canal de comunicación GPRS o alternativo al GPRS.
- Implementación de un protocolo seguro (MQTT sobre TLS) para el envío y recepción de datos y comandos.
- Una interfaz básica en el servidor central para la visualización de datos en tiempo real y el envío de instrucciones al dispositivo.
- Funciones elementales de monitoreo remoto
- Base de datos relacional en el servidor central para el almacenamiento estructurado de los datos recibidos desde los dispositivos de campo.

Explicitar además todo lo que no quede incluido (“El presente proyecto no incluye...”)

5. Supuestos del proyecto

“Para el desarrollo del presente proyecto se supone que: ...”

- Supuesto 1.
- Supuesto 2.
- ...

Por ejemplo, se podrían incluir supuestos respecto a disponibilidad de tiempo y recursos humanos y materiales, sobre la factibilidad técnica de distintos aspectos del proyecto, sobre otras cuestiones que sean necesarias para el éxito del proyecto como condiciones macroeconómicas o reglamentarias.

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

Armado 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

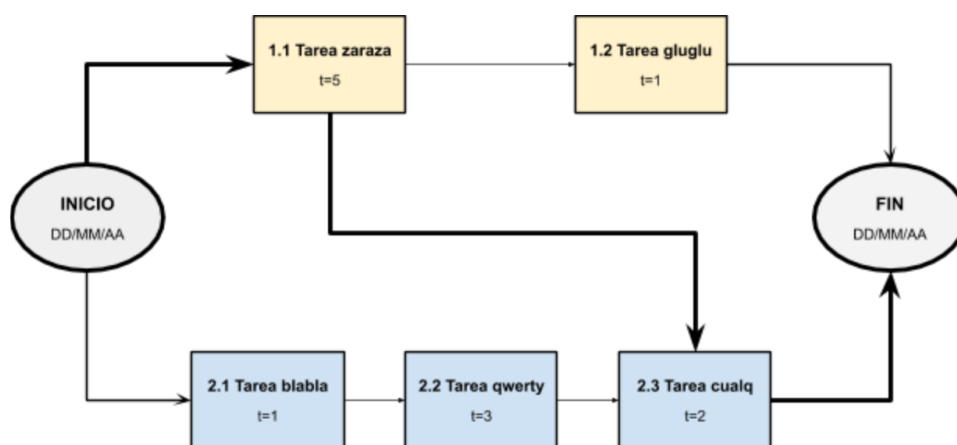


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

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.

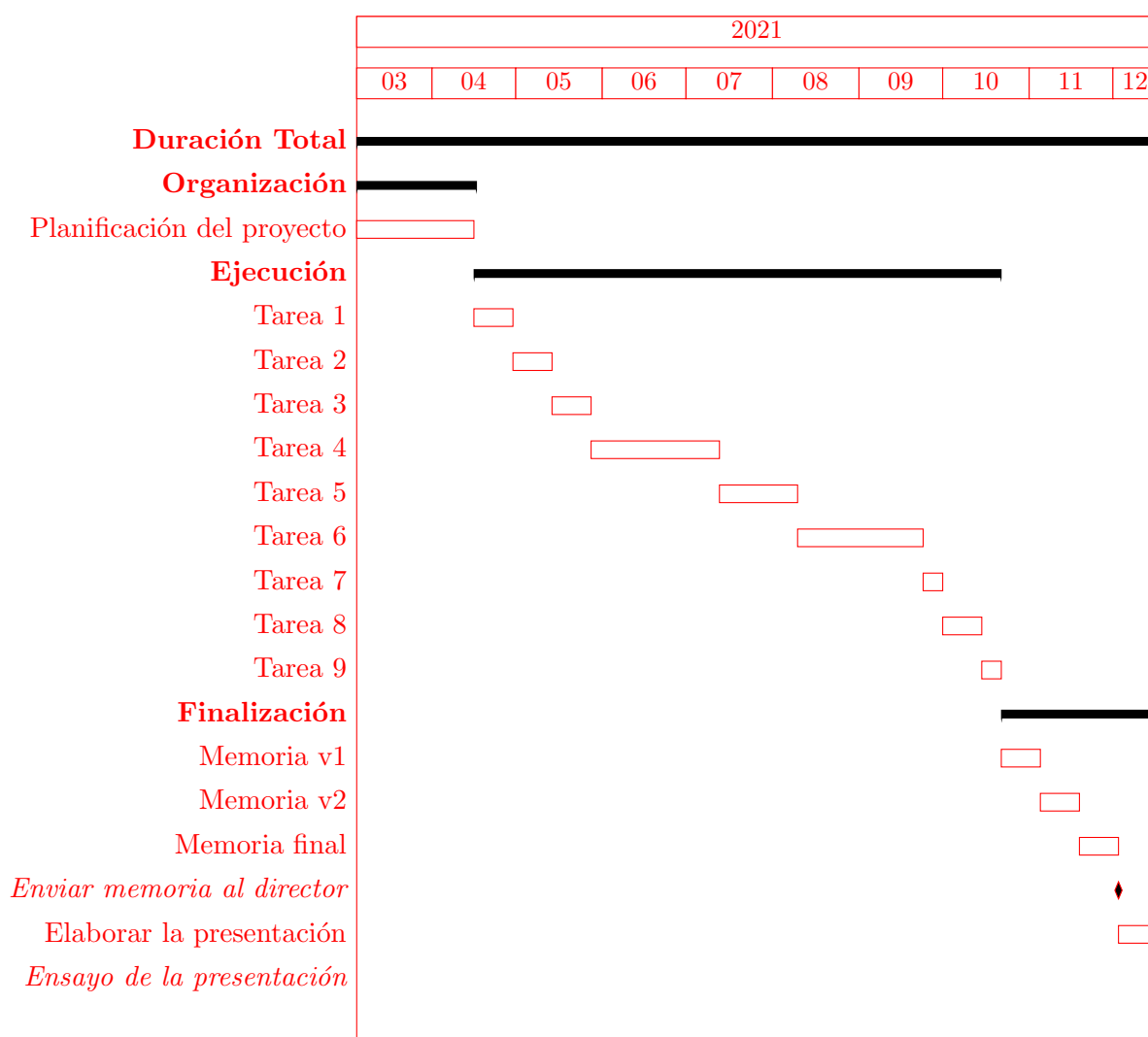


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo



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...

- Ocurrecia (O): Y.
Justificación...

Riesgo 3:

- Severidad (S): X.
Justificación...
- Ocurrecia (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.