



Detección de obstáculos para navegación autónoma aplicada al agro

Autor:

Agustín Lucas Baffo

Director:

No definido (No definido)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 24 de Junio de 2021 y el 12 de Agosto 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	8
5. Supuestos del proyecto.	8
6. Requerimientos	9
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	12
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	24 de Junio de 2021
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	08 de Julio de 2021
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive	05 de Julio de 2021

Acta de constitución del proyecto

Rosario, 24 de Junio de 2021

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Agustín Lucas Baffo que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Inteligencia Artificial se titulará “Detección de obstáculos para navegación autónoma aplicada al agro”, consistirá esencialmente en el desarrollo de un algoritmo que permita la detección de obstáculos en tiempo real en terrenos agrícolas, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 610 hs de trabajo y **\$XXX**, con fecha de inicio 24 de Junio 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

Ariel G. Moreno
Plantium S.A.

No definido
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El sector agropecuario es uno de los principales sectores económicos de Argentina, potenciado por la creciente demanda de alimentos a nivel mundial. Las empresas dedicadas al desarrollo agropecuario han acompañado históricamente este crecimiento con importantes avances tecnológicos. Esto les ha permitido a los productores de alimentos satisfacer dicha demanda e incrementar en gran medida su capacidad productiva.

Plantium S.A. es una empresa especializada en agricultura de precisión que busca brindar soluciones tecnológicas al sector agropecuario. Actualmente, se encuentra en proceso de desarrollo un vehículo autónomo capaz de realizar pulverización selectiva de agroquímicos en los cultivos, con el objetivo de eliminar las malezas. Mediante el uso de cámaras y sensores, y la aplicación de técnicas de inteligencia artificial, logra diferenciar las malezas de los cultivos. Esto permite realizar la aplicación del producto de manera selectiva a través de la apertura y el cierre de las válvulas que controlan el flujo del producto, según se requiera. De esta forma, se logra un ahorro de hasta el 80 % del producto aplicado. Adicionalmente, esta forma de trabajo protege al medioambiente y evita aumentar la resistencia de las malezas.

Este proyecto fue denominado “Terran” y en la Figura 1 puede observarse un modelo 3D del prototipo.



Figura 1. Modelo 3D de Terran

Actualmente, existe construido un prototipo que cuenta con un sistema de navegación y control que le permite circular de manera autónoma sobre trayectorias predefinidas. Además, el módulo responsable de aplicación selectiva se encuentra en funcionamiento. Sin embargo, no hay implementado ningún mecanismo inteligente para detectar, reconocer y esquivar obstáculos y evitar así posibles colisiones.

Con este fin, Terran cuenta con un sensor LiDAR integrado en la placa de desarrollo que se comunica con los demás módulos del vehículo. Haciendo uso de este sensor, el vehículo es capaz de detectar objetos y detenerse para evitar la colisión. Si posteriormente el obstáculo es removido, se envía una señal de avance al módulo de control y continúa la circulación sobre la trayectoria definida.

Por otro lado, la lógica de detección de obstáculos actualmente implementada no se basa en un algoritmo inteligente. Para definir si un objeto es o no un obstáculo, la nube de puntos generada por el sensor LiDAR es procesada y dividida en dos partes mediante una línea horizontal

u “horizonte”. Todos los puntos que se encuentren en la parte inferior de esta división son descartados y no son tenidos en cuenta en la detección de objetos. Por el contrario, cualquier conjunto de puntos que se encuentre por encima de este horizonte es considerado un obstáculo, y obligará al vehículo a detenerse.

Es evidente que este sistema no cuenta con la robustez necesaria para realizar una navegación autónoma satisfactoria. Se ha comprobado que el vehículo no logra diferenciar correctamente entre personas, nubes de polvo o yuyos y malezas de gran altura. Además, será necesario realizar la detección de pozos y zanjones, haciendo uso de los puntos inferiores descartados o de datos provenientes de nuevos sensores.

En este contexto surge la necesidad de dotar de inteligencia al sistema de navegación del vehículo, lo que plantea dos desafíos:

- El primero es la integración de sensores para poder lograr un mapeo completo del terreno en 360 grados y en diferentes condiciones climáticas. Esto implica embeber los sensores al hardware desarrollado y lograr la recolección de los datos. El conjunto de sensores propuesto está formado por:
 - LiDAR (ya instalado)
 - Cámaras
 - Radar
- La segunda etapa es la de procesar los datos obtenidos y aplicar técnicas de inteligencia artificial que permitan la correcta detección de obstáculos y la estimación de las condiciones del terreno para proceder con el cálculo de una nueva trayectoria. En este sentido, existen dos grandes conjuntos de tareas que deben ser implementadas:
 - El procesamiento de imágenes capturadas por las cámaras para poder realizar la detección de obstáculos y eventualmente de pozos y zanjones.
 - La fusión de los datos proveniente de los sensores, con el fin de utilizar esta información de manera conjunta y lograr mejores resultados al momento de tomar decisiones en la navegación.

Es dentro del marco de ejecución de esta segunda etapa en donde se desarrollará el proyecto propuesto en el actual documento. En términos generales, el objetivo será dotar de inteligencia al vehículo para mejorar la toma de decisiones en la navegación, de forma tal que le permitan calcular nuevas trayectorias para evitar posibles colisiones con obstáculos.

En la Figura 2 se presenta el diagrama de bloques del sistema. Se observa que los datos crudos obtenidos por el conjunto de sensores (cámaras, LiDAR y radar) son procesados de manera independiente con el objetivo de mejorar la calidad de los datos. En esta etapa se debe identificar y eliminar datos que pueden considerarse ruido, rellenar valores faltantes, resolver redundancia y corregir inconsistencias.

Estos datos preprocesados son combinados en una segunda etapa donde se aplican técnicas de fusión de datos (*sensor fusion*) e inteligencia artificial para tomar decisiones en la navegación basadas en la información del entorno capturados por todos los sensores. En base a esto, el módulo de navegación realiza el cálculo de las trayectorias y las envía al sistema de control responsable del movimiento del vehículo.

El siguiente proyecto se desarrollará sobre las etapas de pre-procesamiento y fusión de datos. Por su parte, la etapa de navegación y control se encuentra actualmente implementada.

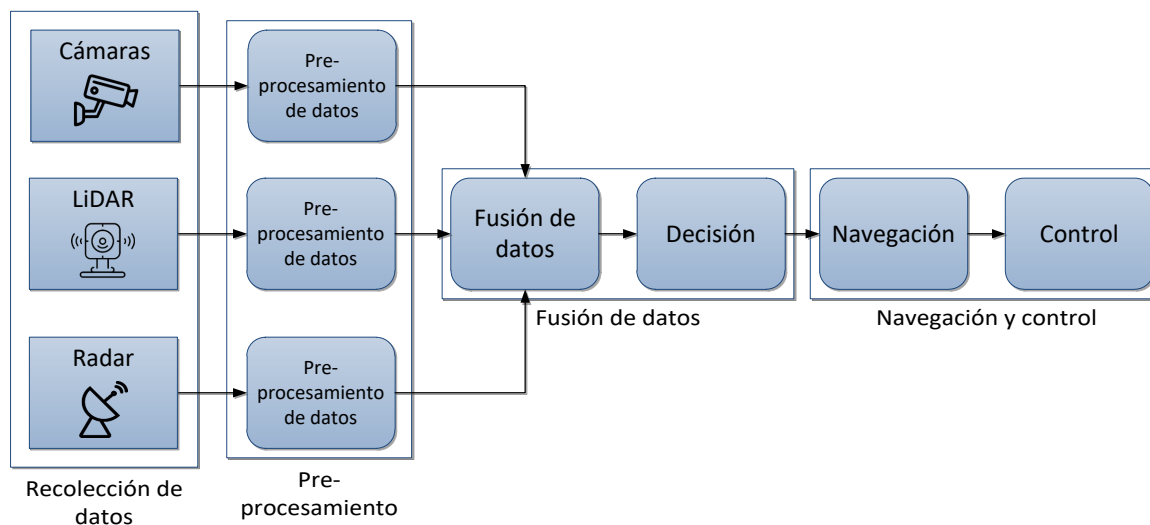


Figura 2. Diagrama de bloques del sistema

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ariel G. Moreno	Plantium S.A.	Project manager
Responsable	Agustín Lucas Baffo	FIUBA	Alumno
Orientador	No definido	No definido	Director trabajo final
Equipo	Andres Benso Manuel Valentin Mateo Cervilla	Plantium S.A. Plantium S.A. Plantium S.A.	Team Leader Robotic Engineer Software Developer
Opositores	Empresas competidoras orientadas a la robótica para el agro	-	-
Usuario final	Productores agropecuarios	-	-

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un sistema de navegación inteligente en parcelas agrícolas que permita detectar obstáculos y estimar las condiciones del terreno. Estas estimaciones se utilizarán para mejorar la toma de decisiones en la navegación mediante el cálculo de nuevas trayectorias que eviten posibles colisiones con los distintos obstáculos. En una etapa posterior, el sistema inteligente se integrará con los módulos de navegación existentes con el objetivo de lograr un vehículo completamente autónomo capaz de realizar la pulverización selectiva en los terrenos.

4. Alcance del proyecto

Si bien la etapa de adquisición y procesamiento de datos del proyecto Terran incluye una gran cantidad de actividades, el alcance del presente proyecto se limita a cumplir los siguientes objetivos y tareas:

- Correcta detección y clasificación en tiempo real de personas y malezas.
- Minimizar los falsos positivos causados por las nubes de polvo.
- Integración de datos provenientes de los distintos sensores.
- Investigar metodologías y tecnologías a utilizar relacionadas al procesamiento de datos (algoritmos, bibliotecas, frameworks, etc.).
- Creación de datasets necesarios para entrenar y evaluar los modelos utilizados.

Adicionalmente, durante el desarrollo del proyecto se evaluará el agregado de detección de pozos y zanjones como objetivo complementario. De igual manera, se tendrá en cuenta la posibilidad de incrementar la cantidad de clases a detectar y clasificar (además de personas y malezas).

Por otra parte, no se consideran incluidas en este proyecto las tareas relacionadas con:

- Integración de sensores al hardware.
- Implementación de la comunicación de los sensores con el módulo de procesamiento de datos. Tampoco se incluirá la comunicación entre este último módulo y el sistema de navegación.
- Cálculo de nuevas trayectorias.
- Tareas relacionadas a la navegación, control y seguimiento de trayectoria.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- La etapa previa que incluye la integración de sensores al hardware se encuentra implementada y en correcto funcionamiento.
- Se cuenta con el hardware necesario para la realización del proyecto. Esto incluye:
 - Servidor para almacenar y procesar datos.
 - Cámaras.
 - LiDAR.
 - Radar.
- Tanto el hardware como las licencias de software que se necesiten serán adquiridos sin inconvenientes, siendo la empresa quien cubra los gastos que surjan en esos casos.

6. Requerimientos

1. Requerimientos funcionales

- 1.1. El sistema debe poder clasificar a las personas como *obstáculos* con un error menor al 10 %, en buenas condiciones de iluminación.
- 1.2. El sistema debe poder clasificar a las grandes malezas como *no obstáculo* con un error menor al 20 %, en buenas condiciones de iluminación.
- 1.3. El sistema debe poder clasificar a las nubes de polvo como *no obstáculo* con un error menor al 10 %, en buenas condiciones de iluminación.
- 1.4. La salida del sistema debe ser una variable que informe si existe o no un obstáculo en el camino.
- 1.5. El sistema debe poder operar en tiempo real (prioridad menor).

2. Requerimientos de documentación

- 2.1. Los códigos desarrollados deben estar debidamente documentados.
- 2.2. Confección de una memoria técnica.
- 2.3. Confección de un manual de uso.

3. Requerimientos de testeo

- 3.1. Debe probarse la efectividad del sistema en terrenos agropecuarios y en distintas condiciones ambientales.

4. Requerimientos opcionales

- 4.1. Opcionalmente, el sistema podría detectar y reconocer pozos y zanjones.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Los criterios para el cálculo de las ponderaciones (*history points*) de las historias de usuarios son los siguientes:

- Dificultad: Es la cantidad de trabajo a realizar. Involucra el total de horas y recursos empleados en la tarea.
- Complejidad: Es el nivel de sofisticación del trabajo. Hace referencia al nivel de conocimientos o habilidades requeridos para realizar la tarea.
- Riesgo: Es el nivel de incertidumbre que involucra realizar la tarea.

A cada criterio se le asigna un peso que se corresponden con los números del 1 al 13 de la serie de Fibonacci (1, 2, 3, 5, 8, 13). El peso total de la historia de usuario será el número de la serie de Fibonacci más cercano a la suma de los pesos de cada criterio.

Historia 1: "Como empresa sugiero que el diseño del sistema sea modular para poder incorporar nuevos sensores en el futuro."

- Dificultad: 5. Se requiere estudiar técnicas de fusión de datos que permitan variar la cantidad de sensores.
- Complejidad: 5. Afecta sólo a las primeras etapas de pre-procesamiento de datos. Si se utilizan nuevos tipos de sensores, los datos deben ser acondicionados para fusionarlos con los existentes.
- Riesgo: 5. Enfocarse en un diseño modular puede llevar a que no se aproveche al 100 % las características de los sensores actuales.

Peso total: 13

Historia 2: "Como usuario final quiero que el vehículo pueda funcionar de noche para poder trabajar el terreno las 24hs."

- Dificultad: 5. Se requieren horas de investigación para mejorar la calidad de los datos de noche.
- Complejidad: 13. La confiabilidad de las cámaras es baja a la noche. Su utilidad depende completamente de la iluminación provista por el vehículo.
- Riesgo: 1. No existen mayores riesgos a excepción de la pérdida de precisión en la clasificación de obstáculos en estas condiciones.

Peso total: 21

Historia 3: "Como empresa quiero que el sistema sea fácilmente reentrenable para poder mejorar la precisión con datos futuros."

- Dificultad: 5. No afecta demasiado al diseño pero se requiere asignar tiempo para documentación en manuales y códigos.
- Complejidad: 2. La complejidad es baja y radica en diseñar las entradas del modelo de manera amigable.
- Riesgo: 3. Modificar el modelo podría llegar a impactar en la precisión de manera negativa. Sin embargo, es fácil volver a modelos previos en caso de que ocurra este inconveniente.

Peso total: 8

Historia 4: "Como empresa me interesa que el sistema pueda reconocer también vehículos para futuras aplicaciones"

- Dificultad: 13. Se deberá dedicar mucho tiempo al armado de datasets que contengan distintos vehículos.
- Complejidad: 2. El proceso de entrenamiento y el modelo a utilizar no se afectan demasiado.
- Riesgo: 3. Agregar nuevas clases puede afectar a la eficiencia del modelo sobre las predicciones de las clases originales.

Peso total: 21

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Código fuente
- Dataset con datos originales
- Dataset con datos pre-procesados.
- Memoria técnica.
- Documentación de uso del modelo.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Gestión de proyecto (20hs)

- 1.1. Desarrollo de plan de trabajo (20hs)

2. Investigación previa (75hs)

- 2.1. Investigación sobre trabajos similares (20hs)
- 2.2. Investigación de técnicas para preprocesado de datos (20hs)
- 2.3. Investigación de técnicas para fusión de datos (20hs)
- 2.4. Investigación sobre modelos existentes y pre entrenados (15hs)

3. Generación de dataset (85hs)

- 3.1. Búsqueda de datasets existentes (10hs)
- 3.2. Definición de buenas prácticas para la generación de datasets (10hs)
- 3.3. Recolección de datos con los sensores (40hs)
- 3.4. Etiquetado de datos (25hs)

4. Fusión de datos (100hs)

- 4.1. Diseño e implementación de pipeline para preprocesado de imágenes (30hs)
- 4.2. Diseño e implementación de pipeline para preprocesado de datos de LiDAR (30hs)
- 4.3. Fusión de los datos de los sensores (40hs)

5. Generación del modelo (160hs)

- 5.1. Creación de diferentes prototipos de modelos (30hs)
- 5.2. Evaluación de desempeño de prototipos y selección de modelo a utilizar (15hs)
- 5.3. Perfeccionamiento del modelo utilizando dataset original (40hs)
- 5.4. Ajuste de modelo posterior a las pruebas en simulación (30hs)
- 5.5. Ajuste de modelo posterior a las pruebas en campo (30hs)
- 5.6. Documentación del código (15hs)

6. Testeo y evaluación (100hs)

- 6.1. Investigación y definición de criterios de evaluación del modelo (10hs)
- 6.2. Diseño de casos de prueba y tests a realizar (10hs)
- 6.3. Testeo de modelo en entorno de simulación (25hs)
- 6.4. Testeo de modelo en campo (30hs)
- 6.5. Pruebas finales del modelo (15hs)
- 6.6. Documentación de pruebas (10hs)

7. Documentos finales (70hs)

- 7.1. Confección de manual de uso de modelo (15hs)
- 7.2. Confección del informe de avance (10hs)
- 7.3. Confección de la memoria del trabajo (30hs)
- 7.4. Preparación de la presentación final (15hs)

Cantidad total de horas: 610hs

10. Diagrama de Activity On Node

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

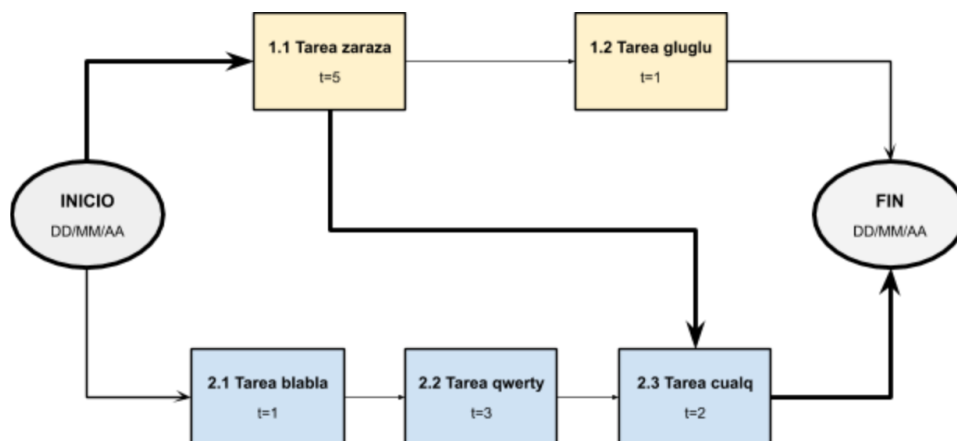


Figura 3. Diagrama en *Activity on Node*

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.

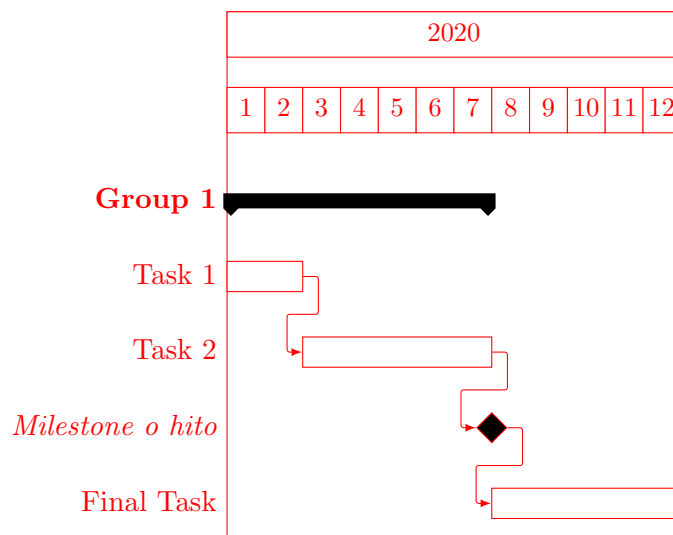


Figura 4. Diagrama de gantt de ejemplo



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):

■ Ocurrecencia (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.