



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

---

Universidad de Buenos Aires

# Monitoreo de un Túnel de Congelado

Autor:

Lic. Leandro Ciribé

Director:

Mg. Ing. Marcelo Pistarelli (UNR)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 30 de abril de 2021 y el 18 de junio de 2021.*

## Índice

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

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	30 de abril de 2021
1	Se completa hasta el punto 3 inclusive	13/05/2021
2	Se completa hasta el punto 7 inclusive	21/05/2021

## Acta de constitución del proyecto

Santa Fe, 30 de abril de 2021

Por medio de la presente se acuerda con el Lic. Leandro Ciribé que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Monitoreo de un Túnel de Congelado”, consistirá esencialmente en el sensado de parámetros útiles para obtener la información que permita identificar, predecir y alertar ante cualquier desvío o falla técnica, maximizando la disponibilidad de la central de frío, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$40.000, con fecha de inicio 30 de abril 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

Edgar A. Ciribé  
Edgar A. Ciribé S.A.

Mg. Ing. Marcelo Pistarelli  
Director del Trabajo Final

## Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

Edgar A. Ciribé S.A. es una empresa dedicada al procesamiento de cuartos de carne bovina con destino de consumo humano en el mercado interno y de exportación. El producto terminado se dispone en cajas que rondan los 23 kilos de peso y son almacenadas en cámaras de enfriado o congelado, dependiendo del destino final de comercialización y de los requerimientos de cada uno de sus clientes.

Para el proceso de congelado, la caja debe ingresarse en un “túnel de congelado” por 36 horas para que alcance una temperatura bajo cero y pueda ser luego trasladada a la cámara de congelado donde se almacenará a una temperatura aproximada de  $-24^{\circ}\text{C}$ .

Actualmente, el establecimiento frigorífico cuenta con un sistema de monitoreo y alertas de gran parte de sus instalaciones de frío; entre las cuales se incluyen el sensado de temperatura ambiente de todas las cámaras de la planta, el monitoreo de encendido y apagado de las mismas y el control de la central de congelado. Para toda esta implementación se utilizó hardware de sensado basado en el controlador WiFi ESP8266 y una gran integración de distintos sistemas de software para la visualización de los valores en tiempo real y el almacenamiento de los datos recolectados para su posterior análisis. Para el sistema de alertas se utiliza el correo electrónico, dado que es el medio más efectivo para el personal de mantenimiento.

El presente proyecto se destaca especialmente por incorporar al sistema actual el monitoreo del túnel de congelado, que es una de las actividades claves en el proceso de conservación y almacenamiento de la carne con destino a exportación, como se puede observar en la figura 1 dentro del modelo Canvas.



Figura 1. Modelo Canvas

Comprendiendo la importancia de suministrar alimentos seguros y saludables, la Dirección de la Empresa, toma el compromiso de implementar y mantener un sistema de Control de Calidad basado en los lineamientos del Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP), para todos sus productos. Debido a esto, el control de temperatura tanto de carnes como de cámaras de almacenamiento, juega un papel fundamental. Además, al ser una central frigorífica con casi 22 años de edad, es imperioso contar con un sistema de monitoreo en tiempo

real de las instalaciones críticas para poder predecir anomalías que pueden ser de un costo muy significativo para la empresa y su misión.

En cuanto a la parte técnica, la central de frío del túnel de congelado consta de dos compresores alemanes marca Bock de 25 hp, un banco de condensadores, dos placas de intercambio y un circuito con una bomba de circulación de agua y glicol que enfría las placas de congelamiento por contacto. Como se puede observar en la figura 2, la central de refrigeración realiza su ciclo normal de enfriado con el objetivo de llevar el líquido circulante a temperaturas bajo cero, mientras es conducido hacia las estanterías de congelado por contacto.

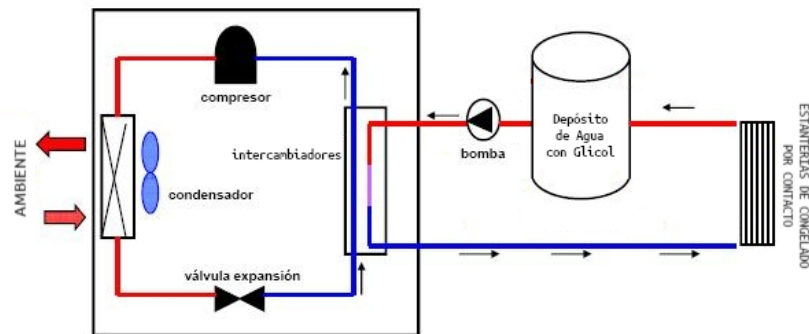


Figura 2. Ciclo de refrigeración con depósito de agua y glicol

A nivel general, el sistema debe poder cumplir con el objetivo de predecir fallas y alertar ante situaciones críticas que surjan del monitoreo de la central y, de esta manera, lograr reducir los costos de mantenimiento prolongando el tiempo de uso de los equipos. Para poder cumplir con estos requerimientos se necesitan medir los siguientes puntos:

- Consumo en Amperes de cada compresor,
- Temperatura de succión y de salida de cada compresor,
- Temperatura de los intercambiadores,
- Temperatura de retorno del banco de condensadores,
- Consumo en Amperes de la bomba de agua,
- Temperatura de cada estantería de congelado por contacto,
- Temperatura ambiente del túnel de congelado, y
- Temperatura exterior (ambiental).

Cada uno de estos puntos de sensado proporciona datos que pueden ser transformados en información extremadamente útil. Por ejemplo, una temperatura de succión muy baja, por un período de tiempo prolongado, puede indicar que está retornando líquido al compresor, lo cual es de una gravedad considerable.

Siguiendo el comportamiento del sistema que ya ha sido implementado parcialmente por la empresa (ver figura 3), la información recolectada por el hardware de monitoreo debe enviarse por WiFi al servidor Blynk a través del protocolo MQTT. El servidor Blynk presenta una API REST para que los datos puedan ser accedidos desde Python y almacenados en una base de datos PostgreSQL para su posterior utilización y análisis. Al momento de ir sensando y

recolectando cada dato se ejecutan las validaciones correspondientes que activan alertas por correo electrónico al personal de mantenimiento. A su vez, los usuarios pueden visualizar los datos en tiempo real desde la aplicación en Blynk, ya sea dentro o fuera de la empresa, en cuyo caso la conexión se realiza a través de una red privada virtual (VPN). Para consultar, visualizar o graficar la información recolectada se utilizan páginas web en Django; y en determinados puntos críticos de control se puede acceder a información histórica específica a través de web services.

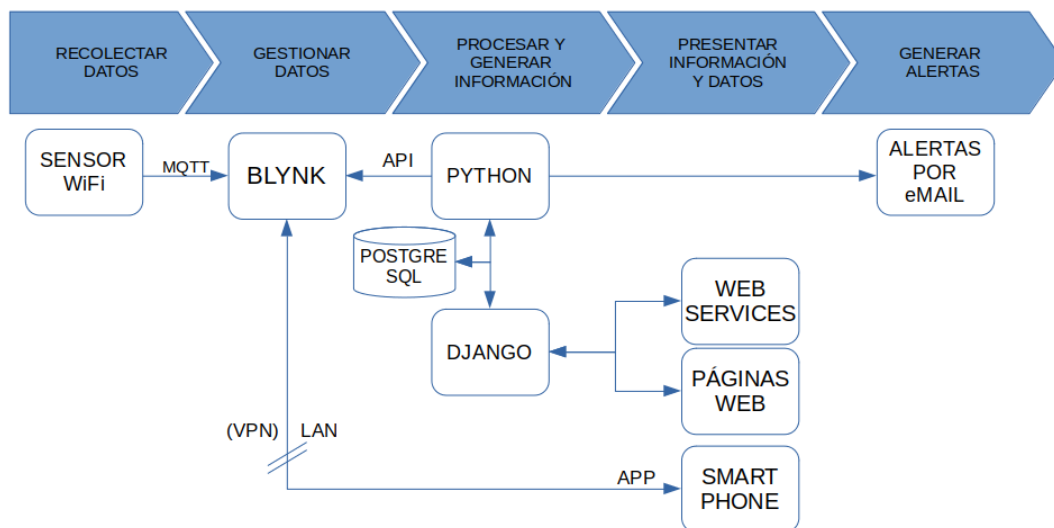


Figura 3. Diagrama de bloques del sistema

## Identificación y análisis de los interesados

A continuación se pueden observar las personas interesadas en este proyecto y el rol que cada una va a desempeñar.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	Edgar A. Ciribé	Edgar A. Ciribé S.A.	Presidente
Cliente	Edgar A. Ciribé	Edgar A. Ciribé S.A.	Presidente
Impulsor	Hernán Ciribé	Edgar A. Ciribé S.A.	Gerente Gral.
Responsable	Lic. Leandro Ciribé	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Andrés Giacomino	YACO Refrigeración	Dueño
Orientador	Mg. Ing. Marcelo Pistarelli	UNR	Director Trabajo final
Equipo	Lucas Tondo Ignacio Abendaño	Edgar A. Ciribé S.A.	Operarios Mantenimiento
Usuario final	Lucas Tondo Ignacio Abendaño Hernán Ciribé Leandro Ciribé	Edgar A. Ciribé S.A.	Gerencia y Mantenimiento

Las principales características de cada interesado son:

- Auspiciante: está muy interesado en poder reducir los costos de mantenimiento. Estima realizar una inversión inferior al costo del arreglo de un compresor, que puede llegar a rondar los 40.000 pesos.
- Cliente: es una persona que necesita poder constatar las mejoras obtenidas, en cuanto a ahorro monetario, debido a un mantenimiento preventivo realizado correctamente y a tiempo.
- Impulsor: persona que está muy interesada en incorporar adelantos tecnológicos que reduzcan los costos y mejoren la operatoria de la empresa.
- Responsable: está muy interesado en maximizar el tiempo de disponibilidad de los equipamientos y reducir los índices de roturas particularmente en compresores.
- Colaboradores: es la persona indicada para ayudar a evacuar cualquier duda sobre tecnologías de centrales frigoríficas. Tener en cuenta que a veces su tiempo disponible es escaso.
- Orientador: es una persona idónea para consultar y definir los objetivos a seguir en el proyecto.
- Equipo: ambas personas son responsables y proactivas en incorporar nuevas tecnologías que mejoren su trabajo.
- Usuario Final: están urgidos en disponer de la información para poder tomar las mejores decisiones dentro de su área de trabajo.

## **1. Propósito del proyecto**

El propósito de este proyecto es disponer de información útil para identificar cambios en el comportamiento normal de una central de frío, poder aprender a predecir fallas que sean de un costo significativo para la empresa y maximizar el tiempo de disponibilidad de la central frigorífica.

## **2. Alcance del proyecto**

En el presente proyecto se incorporarán nuevos sensores para medir el consumo de cada compresor y sensores de temperatura en lugares claves de la central del túnel de congelado (como ya se ha detallado anteriormente en este documento). También se utilizarán datos de sensores ya existentes en el sistema y se incorporarán las líneas de código necesarias para adaptar los nuevos sensores al sistema vigente. En el proyecto no se incluye el sensado de presión, como así tampoco el monitoreo de la central de media temperatura que será implementado en una etapa posterior.

## **3. Supuestos del proyecto**

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:



- La empresa dispondrá de los materiales necesarios, como por ejemplo los controladores WiFi y demás sensores.
- El personal de mantenimiento asistirá en las tareas de instalación y conexión del hardware.
- El área de informática otorgará los permisos y la infraestructura necesaria para la implementación.

## 4. Requerimientos

Se detallan a continuación los distintos requerimientos del sistema.

### 1. Requerimientos técnicos

- 1.1. Los valores sensados por el hardware deben transmitirse por WiFi al SSID: IOT\_FRIGOR
- 1.2. La red WiFi debe ser de 2.4Ghz con seguridad WPA/WPA2-Personal y encriptación AES o TKIP
- 1.3. Se debe disponer de línea de UPS en el sector para la conexión segura del hardware de monitoreo

### 2. Requerimientos funcionales

- 2.1. El sistema debe medir el consumo en amperes del compresor N°1
- 2.2. El sistema debe medir el consumo en amperes del compresor N°2
- 2.3. El sistema debe medir el consumo en amperes de la bomba recirculadora
- 2.4. El sistema debe medir la temperatura de succión del compresor N°1
- 2.5. El sistema debe medir la temperatura de succión del compresor N°2
- 2.6. El sistema debe medir la temperatura de salida de compresión del compresor N°1
- 2.7. El sistema debe medir la temperatura de salida de compresión del compresor N°2
- 2.8. El sistema debe medir la temperatura del intercambiador N°1
- 2.9. El sistema debe medir la temperatura del intercambiador N°2
- 2.10. El sistema debe medir la temperatura de retorno del banco de condensadores
- 2.11. El usuario debe poder visualizar en tiempo real los valores sensados desde su teléfono celular
- 2.12. El sistema debe alertar por correo electrónico cualquier desvío

### 3. Requerimientos de documentación

- 3.1. Se debe realizar un diagrama funcional del sistema legacy
- 3.2. Se debe realizar un diagrama esquemático de las conexiones del hardware de monitoreo a utilizar
- 3.3. Se debe realizar un diagrama de la instalación física a realizar
- 3.4. Se debe realizar un diagrama de flujos del sistema de alertas

### 4. Requerimiento de testing

- 4.1. Se debe realizar una prueba individual de cada sensor en laboratorio

- 4.2. Se debe realizar una prueba parcial del funcionamiento del hardware de monitoreo en laboratorio
- 4.3. Se debe realizar una prueba de las modificaciones realizadas al software principal en laboratorio
- 4.4. Se debe realizar una prueba del sistema de alertas en laboratorio
- 4.5. Se debe realizar una prueba final completa de toda la instalación antes de la puesta en marcha
5. Requerimientos de la interfaz
  - 5.1. Se debe utilizar la interfaz de la plataforma Blynk
6. Requerimientos interoperabilidad
  - 6.1. El nuevo módulo de monitoreo del túnel de congelado debe quedar integrado al sistema legacy

## 5. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Como encargado de mantenimiento quiero saber si un compresor presenta algún problema.  
Ponderación:  $5+5+2=12$ , Story Point: 13

Como encargado de mantenimiento quiero saber si la central no está funcionando como debería.  
Ponderación:  $5+5+2=12$ , Story Point: 13

Como encargado de mantenimiento quiero tener información que me oriente rápidamente por dónde puede estar el desperfecto. Ponderación:  $5+13+5=23$ , Story Point: 21

Como encargado de mantenimiento quiero enterarme al instante de cualquier falla en la central de congelado. Ponderación:  $3+1+2=6$ , Story Point: 5

Como usuario quiero saber si existe un problema de temperatura en el túnel de congelado.  
Ponderación:  $3+1+2=6$ , Story Point: 5

Como personal de mantenimiento quiero poder contrastar los valores medidos con los observados. Ponderación:  $1+1+2=4$ , Story Point: 3

Como gerente general quiero saber si un problema en la central de frío se extiende en el tiempo.  
Ponderación:  $5+5+5=15$ , Story Point: 13

Criterios que se toman para calcular los *story points* de cada historia:

Pesos criterios	Bajo	Medio	Alto
A) Dificultad	1	3	5
B) Complejidad	1	5	13
C) Incertidumbre	2	3	5

## 6. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Guía rápida de uso
- Diagrama de circuitos esquemáticos
- Código fuente del firmware
- Diagrama de instalación
- Informe final

## 7. Desglose del trabajo en tareas

El proyecto consta de las siguientes tareas:

1. Gestión del Proyecto (140 hs)
  - 1.1. Planificación y presentación del trabajo final (40 hs)
  - 1.2. Realizar el informe de avance (20 hs)
  - 1.3. Realizar la memoria del trabajo (40 hs)
  - 1.4. Preparar la presentación final (40 hs)
2. Diseño e implementación del hardware (195 hs)
  - 2.1. Selección de hardware de control y especificación de sensores (25 hs)
  - 2.2. Estudio de hojas de datos (25 hs)
  - 2.3. Diseño de circuito esquemático (25 hs)
  - 2.4. Compra de componentes (10 hs)
  - 2.5. Elaboración de placa (40 hs)
  - 2.6. Soldado de componentes en placa (20 hs)
  - 2.7. Verificación de sensores en placa (20 hs)
  - 2.8. Prueba integral de la placa (30 hs)
3. Diseño e implementación del firmware (130 hs)
  - 3.1. Estudio del framework Blynk (20 hs)
  - 3.2. Programación del firmware (40 hs)
  - 3.3. Configuración de Blynk (30 hs)
  - 3.4. Implementación del firmware y pruebas (40 hs)
4. Diseño e implementación del software (135 hs)
  - 4.1. Estudio y revisión del sistema legacy (25 hs)
  - 4.2. Análisis de modificaciones a realizar (30 hs)
  - 4.3. Programación de modificaciones de software (40 hs)
  - 4.4. Implementación del software y pruebas (40 hs)

Cantidad total de horas: 600 hs

## 8. Diagrama de Activity On Node

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

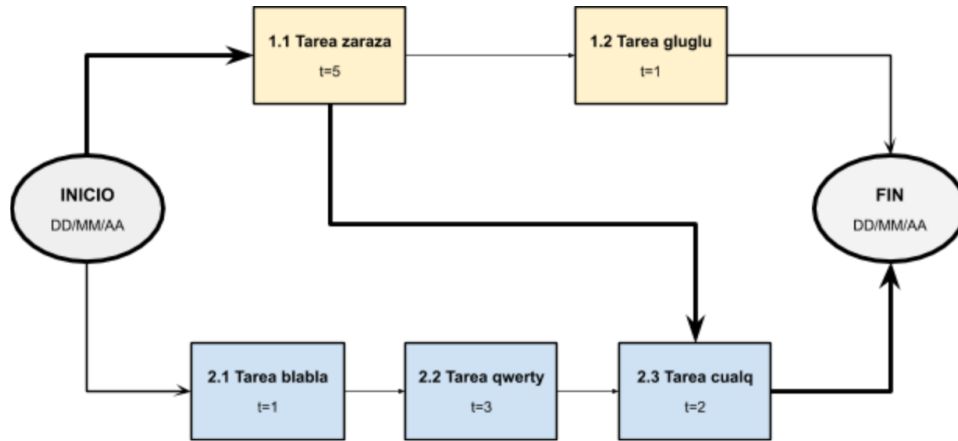


Figura 4. Diagrama en *Activity on Node*

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:

## 9. 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 5, 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.

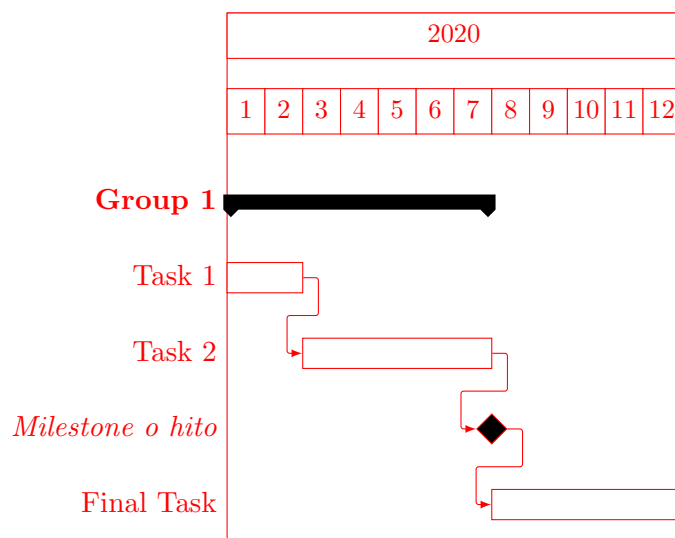


Figura 5. Diagrama de gantt de ejemplo

## 10. 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			

## 11. 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):
- Ocurrencia (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).

## 12. 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.

## 13. 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.