



**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	14
11. Gestión de riesgos	14
12. Gestión de la calidad	16
13. Procesos de cierre	19

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	30/04/2021
1	Se completa hasta el punto 3 inclusive	13/05/2021
2	Se completa hasta el punto 7 inclusive	21/05/2021
3	Se completa hasta el punto 10 inclusive con presupuesto	28/05/2021
4	Se completa el plan con proceso de cierre	04/06/2021

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°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 monitoreo 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.

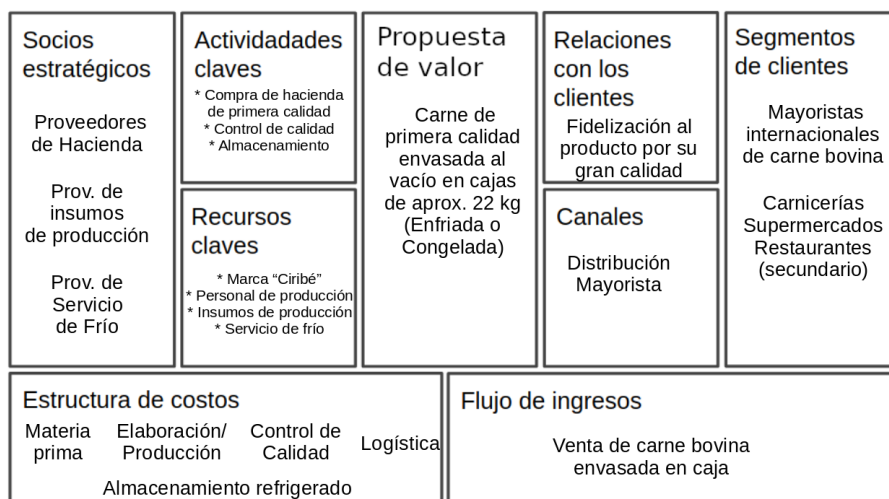


Figura 1. Modelo Canvas

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.

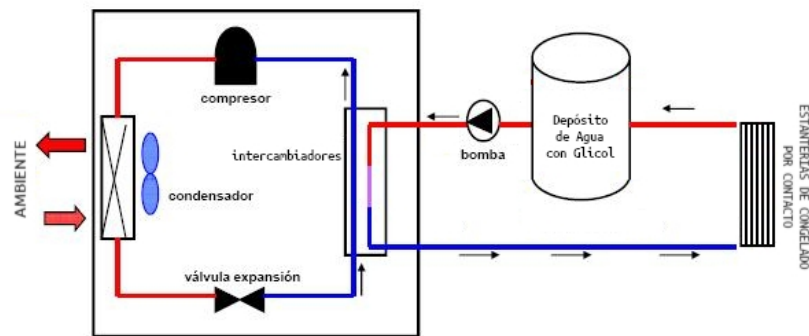


Figura 2. Ciclo de refrigeración con depósito de agua y glicol

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 bases de datos PostgreSQL y ORACLE para su posterior 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.

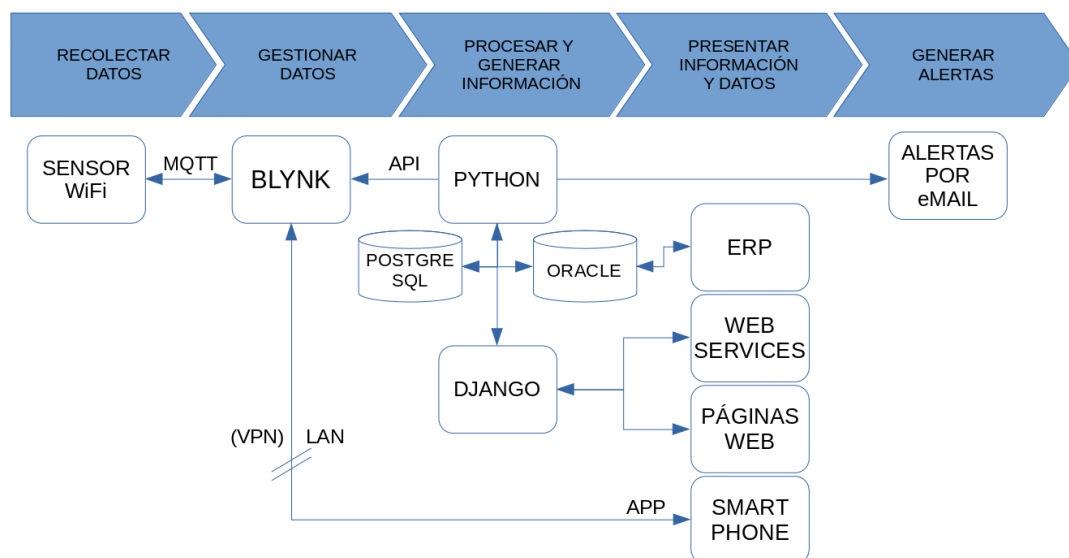


Figura 3. Diagrama de bloques del sistema

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 de entrada de los intercambiadores
- 2.9. El sistema debe medir la temperatura de salida de los intercambiadores
- 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

- Plaqueta del hardware desarrollado
- 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 plaqueta (40 hs)
 - 2.6. Soldado de componentes en plaqueta (20 hs)
 - 2.7. Verificación de sensores en plaqueta (20 hs)
 - 2.8. Prueba integral de la plaqueta (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

En la figura 4 se puede apreciar el camino crítico del presente proyecto. Las tareas están agrupadas por colores indicando su grupo principal.

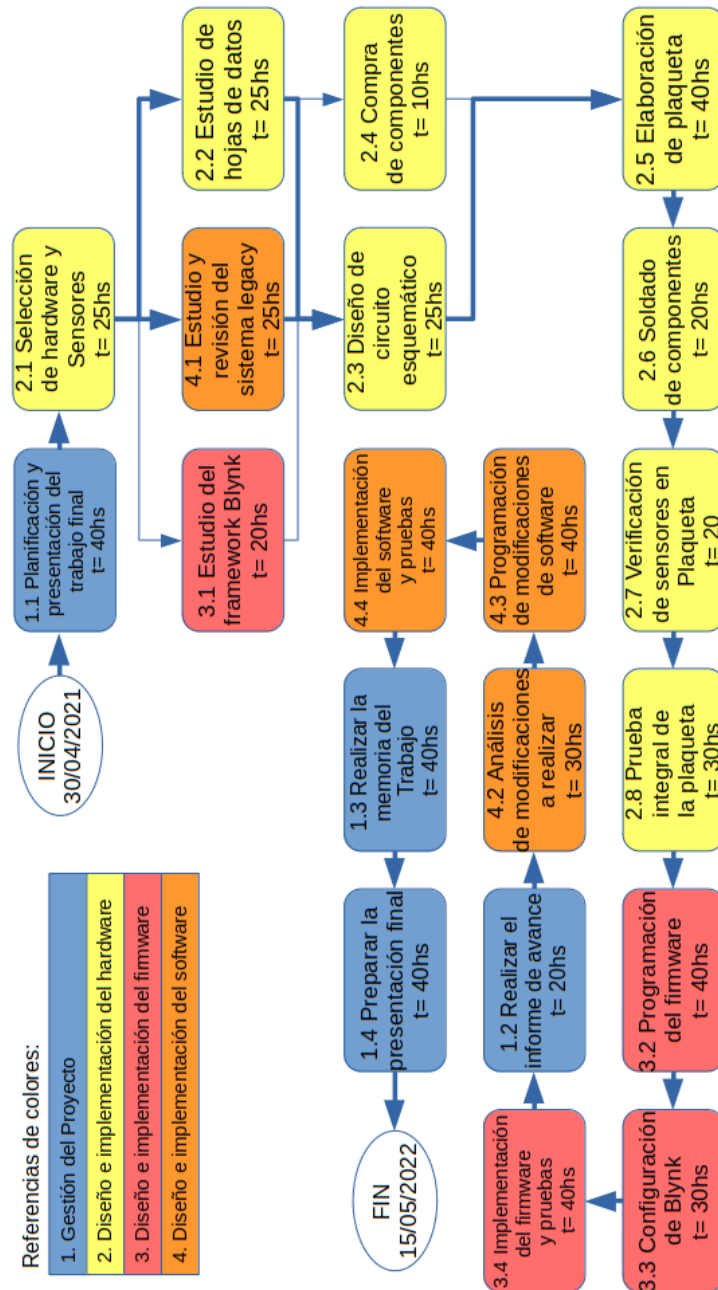


Figura 4. Diagrama en *Activity on Node*

9. Diagrama de Gantt

El siguiente diagrama nos muestra la planificación completa de nuestro proyecto discriminando sus tareas y responsables a lo largo del tiempo.

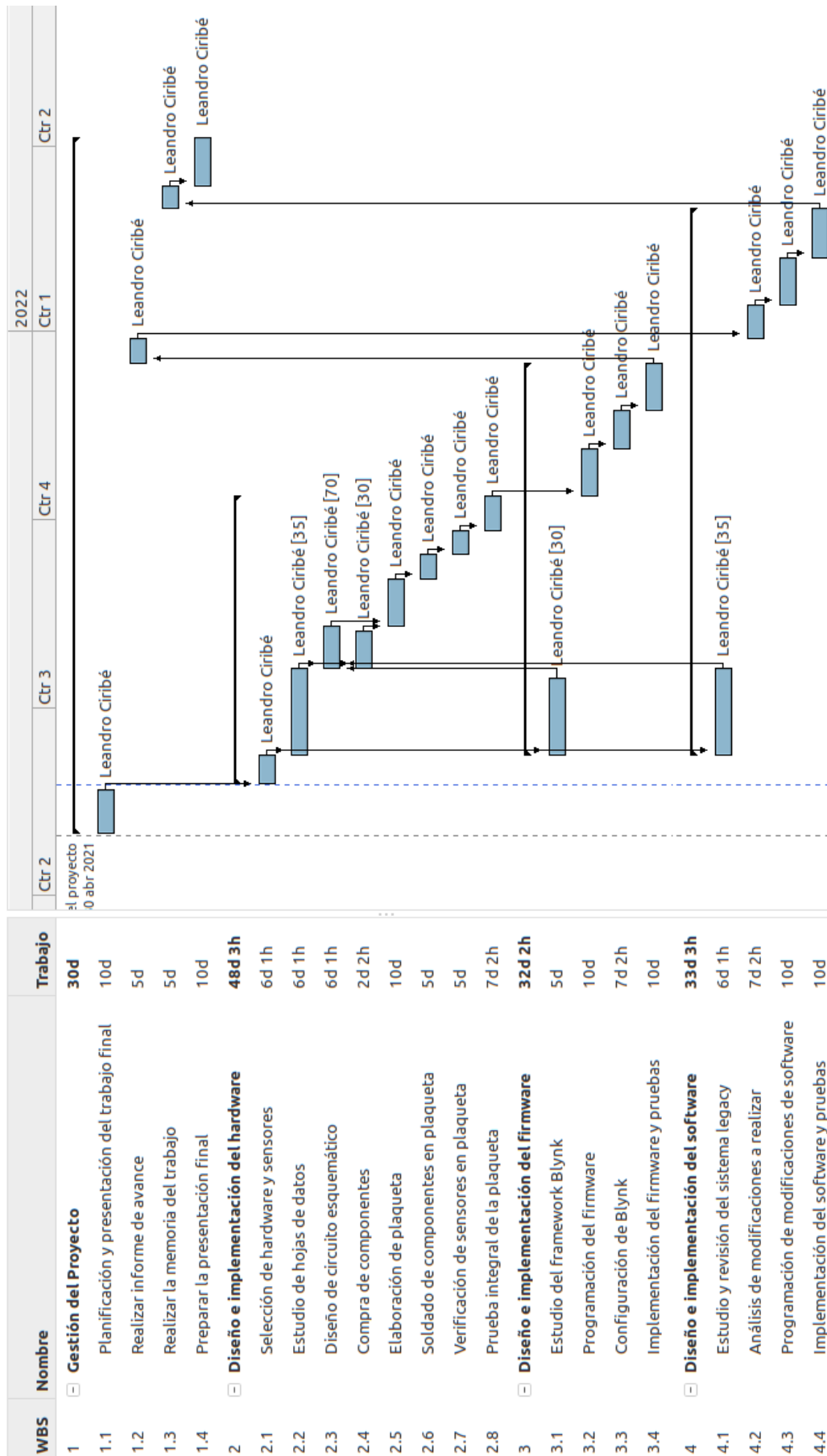


Figura 5. Diagrama de Gantt

10. Presupuesto detallado del proyecto

Para la elaboración del presupuesto no se incluyó el costo de horas de desarrollo porque se realiza con recursos humanos propios de la empresa. Los costos indirectos fueron estimados como el 29 % de los costos directos, en una primera aproximación.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Sensores de Temperatura DS18B20	7	400	2800
Sensor de Corriente 100A SCT013	9	1900	17100
NodeMcu ESP32	2	1500	3000
Plaqueta universal para PCB	1	2000	2000
Otros Insumos y componentes electrónicos	1	3100	3100
Encomiendas, viáticos y gastos varios	1	3000	3000
SUBTOTAL			31000
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
29 % de los costos directos	-	-	9000
SUBTOTAL			9000
TOTAL			40000

11. Gestión de riesgos

Los riesgos que figuran a continuación serán cuantificados de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Severidad (S): mientras más severo es el riesgo, más alto es el número a utilizar. Rango del 1 al 10.
- Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable es que ocurra el riesgo, más alto es el número. Rango del 1 al 10.

Riesgo 1: No cumplir con la fecha de entrega acordada.

- Severidad (10): este riesgo conlleva a no poder aprobar la especialización en IoT.
- Ocurrencia (6): llegado el caso que surgieran cuestiones de mayor prioridad para la empresa se podrían estirar los plazos de entrega, ya que el proyecto se realizará en horas de trabajo. Al ser un proyecto importante para la empresa es medianamente probable que suceda.

Riesgo 2: Cumplir parcialmente con los requerimientos pactados con la empresa.

- Severidad (8): conlleva a la entrega de un producto que no funciona como es esperado por el cliente o con funcionalidad disminuida.
- Ocurrencia (3): un sistema similar ya ha sido realizado por la empresa en otros equipos de refrigeración, por lo tanto, la probabilidad de que esto ocurra es muy baja.

Riesgo 3: Mala elección del hardware de desarrollo.

- Severidad (9): conlleva a la modificación del alcance del proyecto.
- Ocurrencia (8): dado la gran cantidad de sensores a utilizar puede ser que la experiencia previa de la empresa, utilizando hardware más limitado, no sea la adecuada para este proyecto.

Riesgo 4: No contar a tiempo con el hardware necesario.

- Severidad (10): conlleva a no poder realizar el proyecto.
- Ocurrencia (2): algunos sensores ya han sido comprados y otros componentes, que son fáciles de conseguir, están por encargarse.

Riesgo 5: Cancelación del proyecto por parte de la empresa.

- Severidad (10): conlleva a no poder realizar el proyecto y la no aprobación de la especialización en IoT.
- Ocurrencia (1): la ocurrencia es muy baja porque la firma del contrato ya está por realizarse y la empresa está muy interesada en este proyecto.

Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como $RPN = S \times O$)

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
1-No cumplir con la fecha de entrega acordada	10	6	50	9	3	27
2-Cumplir parcialmente con los requerimientos pactados con la empresa	8	3	24			
3-Mala elección del hardware de desarrollo	9	8	72	7	4	28
4-No contar a tiempo con el hardware necesario	10	2	20			
5-Cancelación del proyecto por parte de la empresa	10	1	10			

Criterio adoptado:

- Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 35

Nota: los valores marcados con (*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación. Ambos casos se aprecian resaltados en colores.

Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:

Riesgo 1: No cumplir con la fecha de entrega acordada.

- Plan de mitigación: poner énfasis en el seguimiento y control del plan de trabajo. Asignar horas no planificadas fuera del horario de trabajo.
- Severidad (9): la severidad bajará levemente sabiendo que se trabajará después de hora en caso que sea necesario para mitigar el riesgo. Pero sigue siendo alta si no se cumple la fecha de entrega.
- Ocurrencia (3): al poner especial énfasis en la gestión del plan de trabajo y en la posibilidad de uso de horas fuera del horario laboral, la probabilidad de ocurrencia baja a la mitad.

Riesgo 3: Mala elección del hardware de desarrollo.

- Plan de mitigación: profundo estudio de las distintas placas disponibles en el mercado antes de la elección.
- Severidad (7): la severidad bajará sabiendo que se profundizará en el estudio del hardware a utilizar. Pero sigue siendo alto el impacto si se necesita cambiar de placa.
- Ocurrencia (4): al estudiar en profundidad cada placa, la probabilidad de esta ocurrencia disminuye notablemente.

12. Gestión de la calidad

A continuación se detallan todos los requerimientos del sistema junto con la verificación y validación a ser llevada a cabo por parte del responsable del proyecto.

1. Requerimientos técnicos

1.1. Los valores sensados por el hardware deben transmitirse por WiFi al SSID: IOT_FRIGOR:

- Verificación: revisar que el firmware apunte en su configuración de WiFi al SSID mencionado.
- Validación: probar la comunicación por WiFi y su conexión satisfactoria.

1.2. La red WiFi debe ser de 2.4Ghz con seguridad WPA/WPA2-Personal y encriptación AES o TKIP

- Verificación: revisar que el hardware elegido soporte esta frecuencia y niveles de seguridad.
- Validación: realizar una conexión del hardware por WiFi y validar que su conexión sea satisfactoria.

1.3. Se debe disponer de línea de UPS en el sector para la conexión segura del hardware de monitoreo

- Verificación: revisar que llegue 220 V de UPS al sector en cuestión.
- Validación: realizar la conexión de cualquier dispositivo de 220 V y proceder a cortar la energía eléctrica para validar su correcto funcionamiento con UPS.

2. Requerimientos funcionales

2.1. El sistema debe medir el consumo en amperes del compresor N°1

- Verificación: solicitar el consumo del compresor al sector mantenimiento y verificar que la medición sea similar.
- Validación: realizar una medición con pinza amperométrica y contrastar valores.

2.2. El sistema debe medir el consumo en amperes del compresor N°2

- Verificación: solicitar el consumo del compresor al sector mantenimiento y verificar que la medición sea similar.
- Validación: realizar una medición con pinza amperométrica y contrastar valores.

2.3. El sistema debe medir el consumo en amperes de la bomba recirculadora

- Verificación: solicitar el consumo de la bomba recirculadora al sector mantenimiento y verificar que la medición sea similar.
- Validación: realizar una medición con pinza amperométrica y contrastar valores.

2.4. El sistema debe medir la temperatura de succión del compresor N°1

- Verificación: solicitar la gráfica de temperaturas de succión al sector mantenimiento y verificar que la medición sea similar.
- Validación: realizar una medición con termómetro patrón láser y contrastar valores.

2.5. El sistema debe medir la temperatura de succión del compresor N°2

- Verificación: solicitar la gráfica de temperaturas de succión al sector mantenimiento y verificar que la medición sea similar.
- Validación: realizar una medición con termómetro patrón láser y contrastar valores.

2.6. El sistema debe medir la temperatura de salida de compresión del compresor N°1

- Verificación: solicitar la gráfica de temperaturas de salida al sector mantenimiento y verificar que la medición sea similar.
- Validación: realizar una medición con termómetro patrón láser y contrastar valores.

2.7. El sistema debe medir la temperatura de salida de compresión del compresor N°2

- Verificación: solicitar la gráfica de temperaturas de salida al sector mantenimiento y verificar que la medición sea similar.
- Validación: realizar una medición con termómetro patrón láser y contrastar valores.

2.8. El sistema debe medir la temperatura de entrada de los intercambiadores

- Verificación: inspeccionar visualmente la temperatura del intercambiador en el tablero principal y verificar que la medición sea similar.
- Validación: realizar una medición con termómetro patrón láser y contrastar valores.

2.9. El sistema debe medir la temperatura de salida de los intercambiadores

- Verificación: inspeccionar visualmente la temperatura del intercambiador en el tablero principal y verificar que la medición sea similar.
- Validación: realizar una medición con termómetro patrón láser y contrastar valores.

- 2.10. El sistema debe medir la temperatura de retorno del banco de condensadores
 - Verificación: solicitar la gráfica de temperaturas de retorno al sector mantenimiento y verificar que la medición sea aproximada.
 - Validación: realizar una medición con termómetro patrón láser y contrastar valores.
- 2.11. El usuario debe poder visualizar en tiempo real los valores sensados desde su teléfono celular
 - Verificación: abrir la aplicación y visualizar valores en tiempo real.
 - Validación: Contrastar valores visualizados en tiempo real contra tablero principal y medición a través de instrumentos patrones.
- 2.12. El sistema debe alertar por correo electrónico cualquier desvío
 - Verificación: ejecutar un script de programación para verificar el correcto envío del correo electrónico.
 - Validación: realizar casos de prueba donde se superen los umbrales de notificación y validar la llegada del correo electrónico correspondiente.
3. Requerimientos de documentación
 - 3.1. Se debe realizar un diagrama funcional del sistema legacy
 - Verificación: comprobar que el diagrama sea acorde al funcionamiento del sistema legacy.
 - Validación: realizar varios casos de prueba del funcionamiento siguiendo el diagrama.
 - 3.2. Se debe realizar un diagrama esquemático de las conexiones del hardware de monitoreo a utilizar
 - Verificación: comprobar minuciosamente que el diagrama de conexiones sea acorde al hardware realizado.
 - Validación: realizar pruebas exhaustivas del funcionamiento del hardware.
 - 3.3. Se debe realizar un diagrama de la instalación física a realizar
 - Verificación: comprobar que el diagrama de instalación sea factible físicamente.
 - Validación: realizar pruebas de la instalación a realizar.
 - 3.4. Se debe realizar un diagrama de flujos del sistema de alertas
 - Verificación: comprobar que el diagrama de flujos sea acorde al funcionamiento del sistema de alertas.
 - Validación: realizar casos de pruebas exhaustivos del funcionamiento de las alertas.
4. Requerimiento de testing
 - 4.1. Se debe realizar una prueba individual de cada sensor en laboratorio
 - Verificación: comprobar el funcionamiento correcto de cada sensor de forma individual y que la medición sea correcta.
 - Validación: realizar pruebas en distintos valores de medición y contrastar con mediciones de dispositivo patrón.
 - 4.2. Se debe realizar una prueba parcial del funcionamiento del hardware de monitoreo en laboratorio
 - Verificación: comprobar el funcionamiento correcto de todo el hardware de monitoreo y que los valores obtenidos sean correctos.
 - Validación: realizar pruebas prolongadas variando los valores sensados y contrastar con mediciones de dispositivo patrón.

4.3. Se debe realizar una prueba de las modificaciones realizadas al software principal en laboratorio

- Verificación: comprobar el funcionamiento correcto del software y que las modificaciones realizadas no afecten el funcionamiento general del sistema.
- Validación: realizar pruebas exhaustivas del software para validar su funcionamiento.

4.4. Se debe realizar una prueba del sistema de alertas en laboratorio

- Verificación: alterar un script de programación para verificar el correcto envío del correo electrónico de alerta.
- Validación: tomar un sensor y generarle una variación para que supere los umbrales de notificación y validar la llegada del correo electrónico.

4.5. Se debe realizar una prueba final completa de toda la instalación antes de la puesta en marcha

- Verificación: controlar que todos los sensores estén en su lugar y generando sus lecturas correctamente.
- Validación: poner en marcha todo el sistema para una prueba completa y validar con pruebas exhaustivas y prolongadas las funcionalidades requeridas.

5. Requerimientos de la interfaz

5.1. Se debe utilizar la interfaz de la plataforma Blynk

- Verificación: controlar que todos los valores medidos se puedan visualizar desde la interfase de Blynk.
- Validación: mostrar como se visualizan fácilmente los datos medidos en tiempo real y contrastar con sistemas patrones y tableros.

6. Requerimientos interoperabilidad

6.1. El nuevo módulo de monitoreo del túnel de congelado debe quedar integrado al sistema legacy

- Verificación: revisar que el nuevo módulo de monitoreo esté integrado con el sistema legacy.
- Validación: mostrar al cliente que la información necesaria para el sistema legacy es accesible.

13. Procesos de cierre

Una vez concluido el proyecto, se procederá a su cierre o proceso de finalización. Para esto, se contemplan las siguientes actividades:

- Análisis de las pautas de trabajo:
 - Persona responsable: Lic. Leandro Ciribé
 - Procedimiento: Se analizará si se respetó el plan de proyecto original, contemplando que se haya cumplido con la fecha de finalización pautada, la cantidad de horas asignadas y el porcentaje de requerimientos cumplidos.

- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron:
 - Persona responsable: Lic. Leandro Ciribé
 - Procedimiento: Se analizarán y evaluarán las técnicas y procedimientos que resultaron útiles para lograr los objetivos, su nivel de cumplimiento y las acciones no planificadas que se tomaron para asegurarlos.
- Acto formal de cierre:
 - Persona responsable: Lic. Leandro Ciribé
 - Procedimiento: El responsable del proyecto estará a cargo de realizar el acto de cierre, con el objetivo de agradecer a todos los involucrados en el proyecto, miembros del jurado, docentes y autoridades competentes.