



# Sistema de detección de interrupciones para subestaciones transformadoras de distribución de baja tensión

Autor:

Lucas Gabriel Robles

Director:

- (-)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 20 de octubre de 2022 y el 8 de diciembre de 2022.*

## Índice

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

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	20 de octubre de 2022
1	Redacción del acta de constitución del proyecto Redacción de la descripción técnica-conceptual Identificación y análisis de los interesados Definición del propósito y alcance del proyecto	3 de noviembre de 2022

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 20 de octubre de 2022

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Lucas Gabriel Robles que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema de detección de interrupciones para subestaciones transformadoras de distribución de baja tensión”, consistirá esencialmente en una red de sensores inalámbricos que detecten la ausencia de tensión y/o corriente en una subestación transformadora de distribución de baja tensión, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo, con fecha de inicio 20 de octubre de 2022 y fecha de presentación pública a confirmar.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Ing. Adrián Abella  
EDET SA

-  
Director del Trabajo Final

## 1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

Uno de los principales objetivos de una empresa de distribución eléctrica es mantener los índices de calidad de servicio y producto técnico dentro de determinados parámetros predefinidos para garantizar que el usuario final goce de una buena calidad de suministro eléctrico. Es por esta razón que la gestión de la calidad de producto técnico se ocupa de que la onda de tensión suministrada se encuentre dentro de los umbrales establecidos por la entidad reguladora, mientras que la gestión de la calidad de servicio técnico se encarga de minimizar el tiempo y la frecuencia de las interrupciones del suministro eléctrico. Gracias al avance tecnológico, se pudieron adoptar nuevos sistemas capaces de optimizar la gestión de reclamos por falta de suministro, lo que permitió agilizar el proceso de restablecimiento del servicio y, por consiguiente, aminorar el tiempo en el que un cliente se encuentra desenergizado. A pesar de ello, estos sistemas pueden carecer de precisión al momento de determinar las posibles causas y las zonas afectadas por la interrupción, lo que en ocasiones resulta en una mala gestión de los recursos y las tareas. Por esta razón, se propone implementar la utilización de un sistema electrónico embebido que sea capaz de sensar a nivel de cada subestación transformadora de baja tensión el estado del suministro eléctrico, lo que permitirá, en caso de ocurrir una interrupción, detectarla inmediatamente y así poder contar con una mayor velocidad de respuesta, mayor precisión, menor tiempo de reposición del servicio y menor cantidad de personal abocado a estas tareas. En la figura 1 se muestra el diagrama en bloques del sistema propuesto, en el que se pueden diferenciar dos componentes principales: el nodo sensor (izquierda) y el concentrador o *Gateway* (derecha).

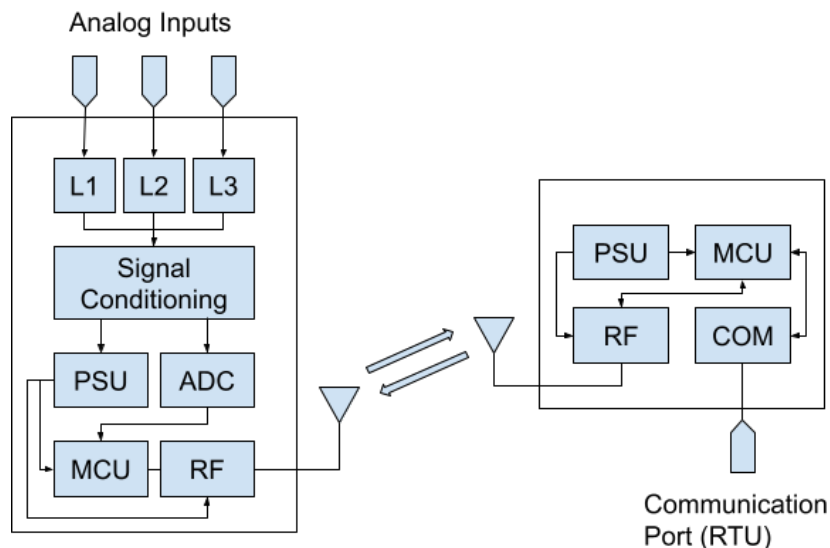


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

El concentrador o *Gateway* será el encargado de gestionar y monitorear la red de nodos sensores y de almacenar la información que luego será consultada por la *RTU*. Estará conformado por un microcontrolador de 32 bits, una fuente de alimentación que puede adicionalmente funcionar como cargador de baterías, un módulo de conectividad inalámbrica mediante el cual se comunicará con los nodos sensores y un puerto de comunicaciones para la conexión con la *RTU*. Respecto al módulo RF, en principio se propone utilizar alguna tecnología *LPWAN* (*Low Power Wide Area Network*) para minimizar el consumo de energía y proporcionar un largo alcance. En cuanto a las comunicaciones con la unidad remota, se propone utilizar el protocolo Modbus-RTU o Modbus-TCP. Los nodos sensores serán los encargados de traducir las variables analógicas (tensiones y/o corrientes) en señales digitales ON-OFF que se activarán

si se superan unos umbrales predefinidos; luego, estas serán transmitidas hacia el concentrador. Se propone que sea de esta manera para minimizar la cantidad de información enviada, lo que permitirá ahorrar espacio de almacenamiento, reducir la cantidad de información transmitida hacia el sistema SCADA y reducir los tiempos de actualización de los estados y las alarmas. También se prevé que cada nodo sensor posea una fuente de alimentación capaz de obtener su energía sin necesidad de conectarla a la red de 220V, siendo las opciones más probables las que operen con energía solar o inducción magnética. La intención de esta prestación es la de facilitar la instalación del sistema, además de reducir el riesgo eléctrico al eliminar la necesidad de conectarse directamente a la red de baja tensión. Al igual que el concentrador, los nodos también contarán con un microcontrolador de 32 bits, aunque se espera que estos sean de baja potencia o que admitan trabajar en modos de ultra bajo consumo o *deep-sleep*. También se utilizarán los mismos módulos RF *LPWAN* para la comunicación con el *Gateway*.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Adrián Abella	EDET SA	Jefe de Calidad de Servicio
Responsable	Lucas Gabriel Robles	FIUBA	Alumno
Orientador	-	-	Director Trabajo final
Usuario final	EDET SA		

## 3. Propósito del proyecto

Mejora de la calidad del servicio eléctrico brindado por la distribuidora mediante la obtención de información precisa y en tiempo real sobre el estado del suministro eléctrico en subestaciones transformadoras (SETS) de baja tensión a través de un sistema distribuido de sensores inalámbricos que detecten la presencia de tensión y/o corriente en cada una de las salidas de baja tensión de las SETS.

## 4. Alcance del proyecto

Se encuentra dentro del alcance de este proyecto el desarrollo del hardware y del firmware de ambos componentes principales: concentrador y nodo sensor. Se espera desarrollar al menos una unidad del primero y al menos dos del segundo. Los nodos sensores deberán ser capaces de convertir las señales analógicas de tensión y/o corriente en señales digitales binarias y transmitirlas hacia el concentrador. El concentrador deberá ser capaz de recibir la información enviada por los nodos sensores, almacenarla en una memoria no volátil y organizarla de acuerdo con las especificaciones del protocolo Modbus. También deberá proveer un método o interfaz que le permita a una unidad terminal remota acceder a dicha información.

No se incluye en el desarrollo del proyecto la encriptación de la información transmitida desde los sensores hacia el concentrador. Tampoco se incluye el desarrollo de una interfaz humano-máquina (HMI) para la configuración de los dispositivos y la visualización de la información.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se podrá adquirir todos los componentes necesarios para el desarrollo de los dispositivos
- Se podrán realizar pruebas de campo en instalaciones reales
- Se podrá utilizar una unidad de transmisión remota de la distribuidora para enviar la información al sistema SCADA

## 6. Requerimientos

Los requerimientos deben numerarse y de ser posible estar agruparlos 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.

El formato propuesto es: como [rol] quiero [tal cosa] para [tal otra cosa].”

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

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son (ejemplo):

- Manual de uso
- Diagrama de circuitos esquemáticos
- Código fuente del firmware
- Diagrama de instalación
- Informe 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
  - 1.1. Tarea 1 (tantas hs)
  - 1.2. Tarea 2 (tantas hs)
  - 1.3. Tarea 3 (tantas hs)
2. Grupo de tareas 2
  - 2.1. Tarea 1 (tantas hs)
  - 2.2. Tarea 2 (tantas hs)
  - 2.3. Tarea 3 (tantas hs)



### 3. Grupo de tareas 3

- 3.1. Tarea 1 (tantas hs)
- 3.2. Tarea 2 (tantas hs)
- 3.3. Tarea 3 (tantas hs)
- 3.4. Tarea 4 (tantas hs)
- 3.5. Tarea 5 (tantas hs)

Cantidad total de horas: (tantas hs)

Se recomienda que no haya ninguna tarea que lleve más de 40 hs.

## 10. Diagrama de Activity On Node

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

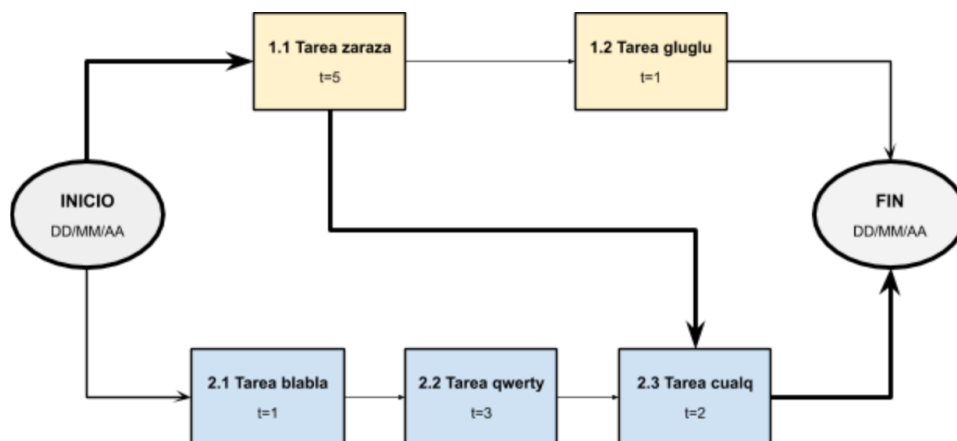


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

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 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.

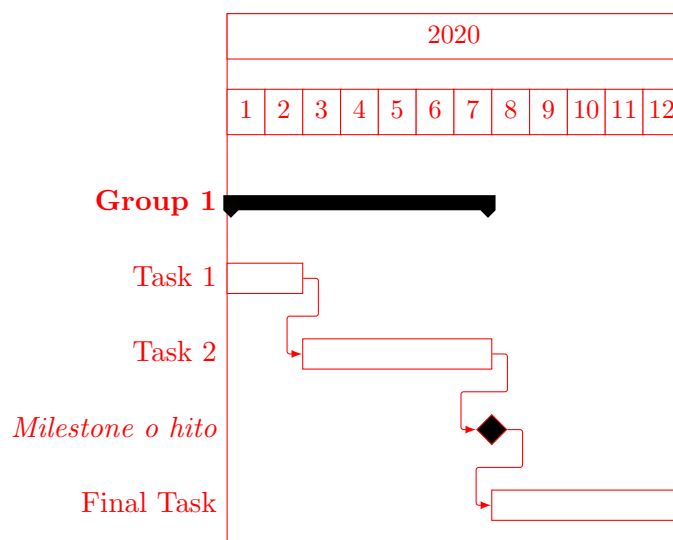


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo

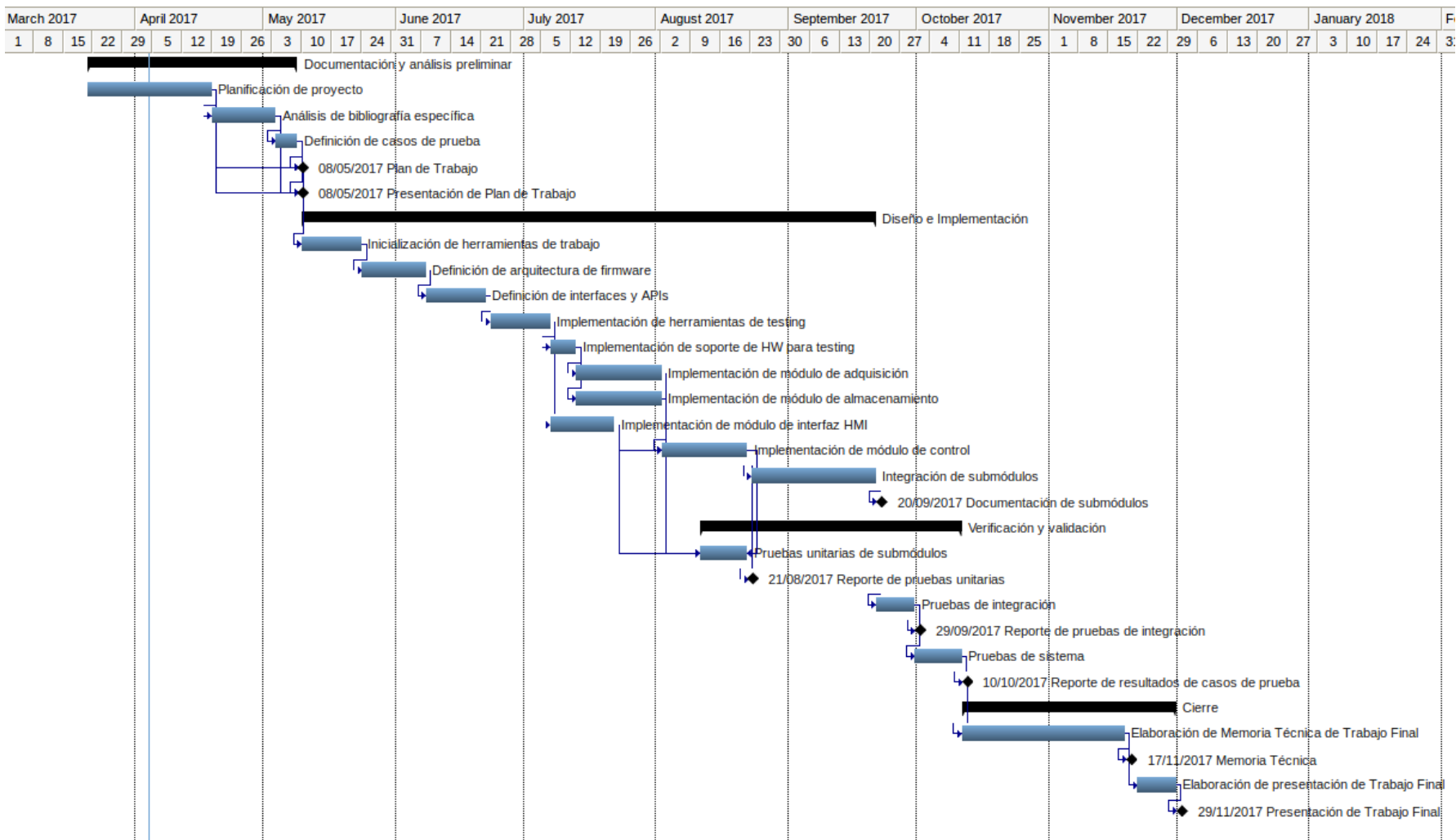


Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

## 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):

■ Ocurrecia (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.