



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

Sistema de sensores autónomos para monitoreo de redes de distribución de baja tensión mediante LoRaWAN

Autor:

Ing. Milton Eduardo Sosa

Director:

Ing. Marcelo E. Romeo (UNSAM)

Jurados:

Nombre y Apellido (1) (pertenencia (1))

Nombre y Apellido (2) (pertenencia (2))

Nombre y Apellido (3) (pertenencia (3))

*Este trabajo fue realizado en el curso de Gestión de proyectos
entre el 22 de junio de 2020 y el 22 de Agosto de 2020.*

Índice

Registros de cambios	3
Acta de Constitución del Proyecto	4
Descripción técnica-conceptual del Proyecto	5
Identificación y análisis de los interesados	7
1. Propósito del proyecto	8
2. Alcance del proyecto	8
3. Supuestos del proyecto	9
4. Requerimientos	9
5. Entregables principales del proyecto	10
6. Desglose del trabajo en tareas	11
7. Diagrama de Activity On Node	13
8. Diagrama de Gantt	13
9. Matriz de uso de recursos de materiales	14
10. Presupuesto detallado del proyecto	14
11. Matriz de asignación de responsabilidades	15
12. Gestión de riesgos	15
13. Gestión de la calidad	16
14. Comunicación del proyecto	17
15. Gestión de Compras	17
16. Seguimiento y control	17
17. Procesos de cierre	17

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	22/06/2020
1.2	Avances hasta el desglose de trabajo en tareas.	10/07/2020
1.3	Se corrigen errores ortográficos y espaciado entre párrafos. Se agranda el tamaño de las figuras 1 y 2. Marcelo E. Romeo pasa a ocupar el rol de cliente. Se corrigen los requerimientos y estimaciones del desglose del trabajo en tareas.	17/07/2020

Acta de Constitución del Proyecto

Buenos Aires, 22 de junio de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Milton Eduardo Sosa que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema de sensores autónomos para monitoreo de redes de distribución de baja tensión mediante LoRaWAN”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un sistema embebido que sea capaz de determinar valores eficaces de corriente alterna en redes de distribución de baja tensión y enviarlos a un centro de operaciones. Será no invasivo y autónomo. Tendrá un presupuesto preliminar estimado de 671 hs de trabajo y \$100.000, cien mil pesos argentinos, con fecha de inicio 22 de junio de 2020 y fecha de presentación pública 22 de Diciembre de 2020.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Ing. Marcelo E. Romeo
Universidad Nacional de San Martín

Ing. Marcelo E. Romeo
Director del Trabajo Final

Nombre y Apellido (1)
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (2)
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (3)
Jurado del Trabajo Final

Descripción técnica-conceptual del Proyecto

El presente trabajo surge como idea del autor, en base a la necesidad de permitir a las redes de distribución metropolitanas y megalopolitanas integrar características de las así llamadas Ciudades Inteligentes y así enmarcarlas dentro del concepto de Internet de las Cosas (IoT). Una ciudad inteligente, es aquella que hace uso de las diferentes tecnologías de información y comunicación disponibles con el objetivo de lograr su desarrollo sostenible, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y hacer un uso eficiente de los recursos energéticos.

Se siguen las premisas de minimizar impactos y costos de implementación en las redes de distribución actual y a la vez lograr un aumento en la calidad de servicio de energía eléctrica haciendo uso de los datos relevados.

Es menester mencionar que este trabajo es parte de un proyecto de una PyME de base tecnológica con el objeto de prestar servicios a diferentes empresas distribuidoras de energía eléctrica en Sudamérica, como así también a personas que deseen monitorear el estado de una carga eléctrica en particular haciendo uso de una estructura de red de comunicación de largo alcance.

El sistema que se propone implementar, ocuparía un mínimo espacio físico adicional en la red. Sin embargo, la información que proporcionaría sería de gran relevancia para realizar un relevamiento en tiempo semi real del estado de operación de la red de distribución de energía eléctrica.

Entre las características técnicas que sobresalen de este sistema se encuentra la utilización de tecnologías de comunicación de largo alcance y bajo consumo de energía, como por ejemplo LoRa y redes LoRaWAN, para reportar el estado de operación de un nodo en particular de la red. También propone el uso de formas de conversión y acumulación de energía eléctrica de bajo impacto medioambiental con el objeto de lograr autonomía de operación aún en condiciones meteorológicas desfavorables y operando en régimen 24/7.

Finalmente, es la intención de que este prototipo se mantenga independiente de la frecuencia y tensión de operación otorgando así, facilidad a la hora de realizar el comisionamiento en diferentes redes.

El sistema propuesto se compondrá por un hardware (HW) a desarrollar para cada nodo y los servicios interconectados en la nube también llamados backend services (BES).

El diagrama de bloques del HW a desarrollar es presentado en la Figura 1. Este posee cinco etapas:

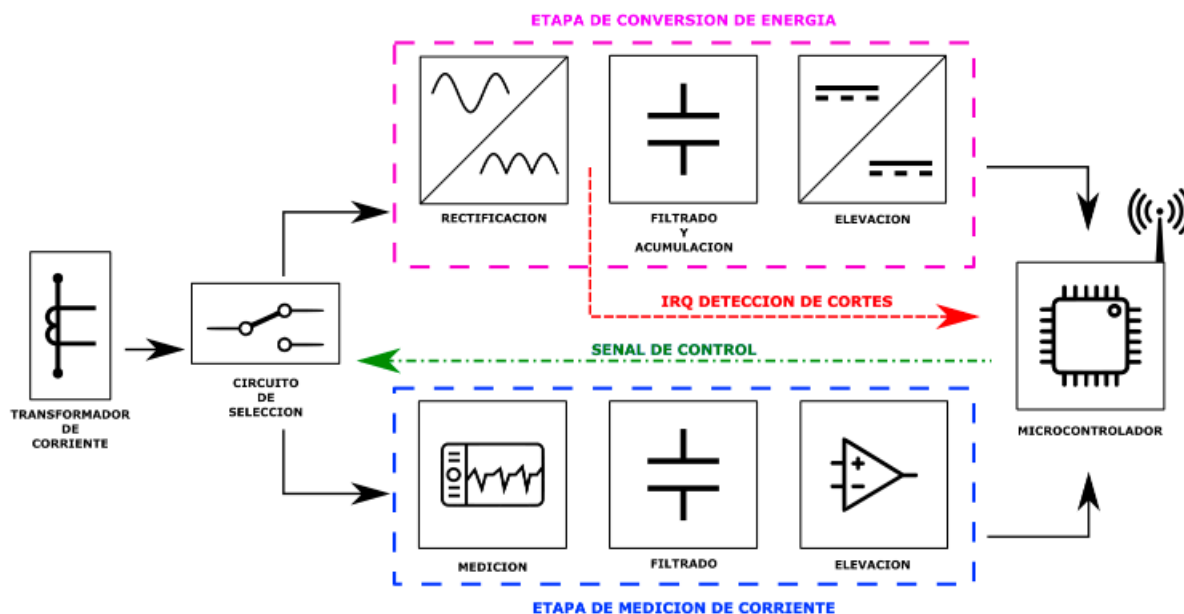


Figura 1: Diagrama en bloques del hardware asociado al sistema.

- Transformador de corriente (TI): encargado de proveer de corriente eléctrica para la carga del acumulador, como así también actuar como transductor de corriente para la medición de su valor eficaz.
- Etapa de conversión y acumulación de energía: compuesta por un rectificador de baja caída, un acumulador y un convertor DC/DC.
- Etapa de medición/detección de corriente: encargado de las mediciones de valor eficaz de corriente alterna junto a un circuito de acondicionamiento de señal.
- Circuito de selección de modo: compuesto por un relay (RL) acorde al TI y su circuito de excitación.
- Etapa de procesamiento, control y comunicaciones: compuesto por un microcontrolador (uC) y un módulo de comunicaciones (MC) LoRa.

Para lograr la recuperación de datos generados por el HW y enviados a la red LoRaWAN, es necesario contar con un conjunto de servicios privados de backend (BES). Estos deberán estar integrados de manera permanente con la red LoRaWAN, que se considera preexistente, y cuya infraestructura es presentada en la Figura 2.

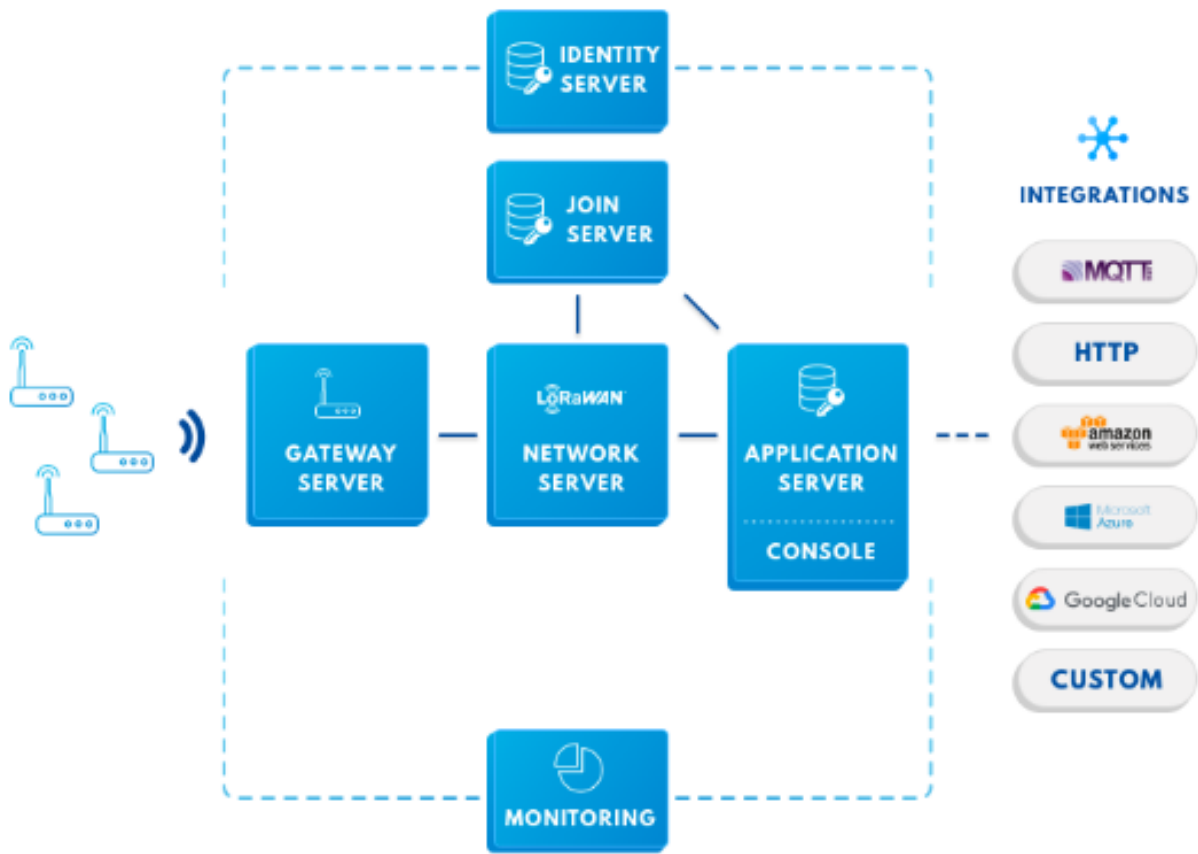


Figura 2: Diagrama en bloques de la red LoRaWAN a utilizar y sus posibles integraciones con terceras partes.

Esta integración se logrará a través de APIs HTTP o mediante suscripciones a tópicos de agentes de mensajería.

Los BES privados a desarrollar en este proyecto serán 3:

1. Servicio de Recuperación de Datos: encargado de recuperar los datos enviados por los nodos a través de la API proporcionada por la red LoRaWAN y almacenarlos en una base de datos.
2. Base de datos (DB): encargado de almacenar los valores históricos de los nodos sensores y generar diferentes métricas para los reportes de estado.
3. Interfaz Gráfica de Usuario (GUI): encargada de presentar el último estado recuperado de cada nodo al usuario final del sistema.

Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Marcelo E. Romeo	UNSAM	Docente investigador
Responsable, auspiciante e impulsor	Ing. Milton E. Sosa	Universidad Nacional de Misiones	Egresado
Orientador	Ing. Marcelo E. Romeo	UNSAM	Docente investigador
Colaborador	Dr. Ing. Eduardo O. Sosa	Universidad Nacional de Misiones	Docente Investigador
Colaborador	Ing. Germán A. Xánder	Universidad Nacional de Misiones	Docente Investigador

- Ing. Marcelo E. Romeo, de vasta experiencia profesional en el ámbito de la microelectrónica e investigación y desarrollo para diferentes entidades y universidades nacionales.
- Dr. Ing. Eduardo O. Sosa, cuenta con más de 20 años de experiencia en el área de las TELCO, ex miembro colaborador de la RIU, profesor titular de la cátedra de Física en la Universidad Nacional de Misiones y lidera proyectos bilaterales entre Argentina y Alemania en el ámbito de WSN.

1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un sistema formado por un circuito electrónico autónomo y un conjunto de software dedicado a la recuperación y almacenamiento de datos generados y transmitidos por el circuito.

El sistema debe ser capaz de permitir a las actuales redes de distribución de energía eléctrica reportar su estado actual de operación a un centro de monitoreo.

2. Alcance del proyecto

Se pretende desarrollar un prototipo de HW capaz de ser autosuficiente en cuanto a la conversión, acumulación y gestión de energía eléctrica con el objeto de alimentar y permitir su operación en estado autónomo y permanente. Para ello se desarrollará un circuito de *micro energy harvesting* basado en rectificadores de bajas pérdidas, acumuladores aptos para la aplicación final y un conversor DC/DC de alta eficiencia.

Se desarrollará una etapa de medición de valor eficaz de corriente alterna, con el objeto de medir la intensidad de corriente que actualmente circula por el conductor conectado a la salida de baja tensión e inmediatamente después del fusible aéreo de protección.

Agregado a los módulos mencionados anteriormente, un microcontrolador se encargará de la gestión de energía de todo el HW y de digitalizar todas las mediciones realizadas para finalmente,

enviarlas al centro de operaciones a través de un módulo de comunicación.

Los BES se albergarán en una computadora de bajo costo que proporcionará suficientes recursos para su operación y ensayo en la etapa de desarrollo.

No es parte del alcance del presente proyecto llegar a una etapa de lanzamiento del producto a clientes finales, sino la de lograr un demostrador tecnológico. Sin embargo, si los tiempos lo permiten y se logra contar con una infraestructura adecuada, se desean realizar ensayos *end-to-end* en laboratorio sobre el sistema, involucrando los prototipos de hardware que fueran desarrollados, y una integración mínima entre los BES y la red LoRaWAN ya existente.

3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- El autor del trabajo no tendrá ningún problema para hacerse de los insumos necesarios para alcanzar los objetivos recurriendo a distribuidores de componentes en el mercado local.
- Al momento de ensayar el sistema se contará con conectividad a internet.
- El responsable no tendrá en ningún momento limitaciones de movilidad.
- En caso de ser necesario realizar ensayos *end-to-end*, el responsable deberá fabricar un banco de ensayos apropiado para simular los casos de uso y probar el sistema en su conjunto, como así disponer de instrumentos patrones para contrastar y verificar el correcto funcionamiento.
- Los ensayos *end-to-end* no demorarán la fecha de finalización del proyecto.

4. Requerimientos

1. Grupo de requerimientos asociados con hardware

- 1.1. El dispositivo deberá ser de tipo *plug and play*.
- 1.2. El circuito impreso no deberá ocupar un volumen mayor a 10x10x5 cm.
- 1.3. Basarse en un microcontrolador ESP32 y disponer de:
 - 4 entradas analógicas.
 - 3 salidas digitales.
 - Unidad UART.
 - Integrar un módulo de comunicaciones LoRa.
- 1.4. Deberá tener al menos 12 horas de autonomía de funcionamiento.
- 1.5. Bajo consumo en modo ocioso: el consumo del hardware en total, no deberá superar los 5 mA cuando no está midiendo ni transmitiendo.

- 1.6. El circuito elevador de tensión DC-DC deberá:
 - Funcionar con tensiones menores a 2V en la entrada.
 - Otorgar 5 Volts a la salida.
 - Ser capaz de otorgar 300 miliamperes a la salida.
- 1.7. El transformador de corriente debe:
 - Ser de tipo núcleo partido.
 - Admitir 100 Amperes de corriente en el circuito primario y un máximo 5 Amperes en el circuito secundario.
- 1.8. El relay encargado de cambiar el modo de operación debe:
 - Ser de tipo doble inversor sin retención.
 - Su bobina debe poder energizarse con 5V o menos.
 - Soportar al menos 5 Amperes de corriente por los contactos.
- 1.9. Debe funcionar de manera independiente a la frecuencia de operación de la red 50/60 Hz.
- 1.10. Debe funcionar de manera independiente a la tensión de fase del sistema de distribución 110/220 Voltios.
2. Grupo de requerimientos asociados con el firmware
 - 2.1. Debe manejar un módulo de comunicación LoRa y protocolo LoRaWAN.
 - 2.2. Deberá tener un porcentaje de cobertura de tests unitarios del 60% como mínimo.
 - 2.3. Antes configurarse en modo ocioso, debe desenergizar la etapa de medición de corriente y el módulo de comunicaciones con el objeto de ahorrar energía.
3. Grupo de requerimientos asociados con los BES
 - 3.1. Todos los servicios deben poder correr en una Raspberry Pi 3.
 - 3.2. El software de los BES se desarrollará en lenguaje Python.
 - 3.3. Recuperar los datos de la red LoRaWAN.
 - 3.4. Almacenar los datos en una tabla de MySQL.
 - 3.5. GUI basada en Grafana.
4. Grupo de requerimientos asociados con ensayos de integración y *end-to-end*
 - 4.1. El banco de ensayos de hardware debe contar con una carga fantasma de al menos 10 Amperes y permitir realizar interrupciones de corriente de manera programada mediante una computadora adicional tipo Raspberry Pi o de manera manual.
 - 4.2. Los BES deben estar operativos al momento de realizar los ensayos.
 - 4.3. Contar con un gateway de acceso a una red LoRaWAN como por ejemplo *The Things Network*.

5. Entregables principales del proyecto

- Diagrama esquemático
- Lista de materiales
- Código fuente del firmware
- Diagrama de instalación
- Informe final

6. Desglose del trabajo en tareas

1. Grupo de tareas asociadas a planificación (Total: 35 hs)
 - 1.1. Diseño de la arquitectura global del proyecto. (15 hs)
 - 1.2. Documentación del plan de proyecto. (20 hs)
2. Grupo de tareas asociadas al hardware (Total: 300 hs)
 - 2.1. Transductor de corriente. (Total: 16 hs)
 - 1) Análisis de transductores aptos para el hardware a desarrollar. (5 hs)
 - 2) Selección de componentes. (3 hs)
 - 3) Ensayo y evaluación del transductor de manera individual. (4 hs)
 - 4) Documentación de resultados del ensayo del transductor. (4 hs)
 - 2.2. Etapa de circuito de selección. (Total: 24 hs)
 - 1) Análisis de alternativas disponibles en el mercado. (10 hs)
 - 2) Selección de relays aptos en base a los requerimientos: tensión de bobina de 5 Volts y 5 Amperes de corriente. (6 hs)
 - 3) Ensayo del circuito de selección de manera individual. (4 hs)
 - 4) Documentación de ensayo. (4 hs)
 - 2.3. Etapa de rectificación y filtrado. (Total: 49 hs)
 - 1) Análisis comparativo de alternativas para técnicas de rectificación. (30 hs)
 - 2) Selección de componentes encargados de la etapa de rectificación. (10 hs)
 - 3) Ensayo de la etapa de rectificación de manera individual. (5 hs)
 - 4) Documentación de ensayos. (4 hs)
 - 2.4. Etapa de acumulación de energía. (Total: 35 hs)
 - 1) Análisis comparativo y selección de alternativas viables acorde al requerimiento de autonomía de operación. (10 hs)
 - 2) Ensayo de carga y descarga del acumulador de manera individual. (10 hs)
 - 3) Evaluación de resultados y estimación de la autonomía de operación en función de diferentes perfiles de consumo. (10 hs)
 - 4) Documentación ensayos. (5 hs)
 - 2.5. Etapa de elevación de tensión. (Total: 20 hs)
 - 1) Análisis de alternativas técnicas para elevación de tensión aptas para el hardware a desarrollar. (15 hs)
 - 2) Ensayo y evaluación de la etapa de elevación de tensión de manera individual. (5 hs)
 - 2.6. Etapa de medición de corriente. (Total: 34 hs)
 - 1) Análisis comparativo y selección de un circuito integrado dedicado a realizar la medición del valor eficaz de corriente. (20 hs)
 - 2) Ensayo y evaluación de la etapa de medición de valor eficaz de manera individual. (10 hs)
 - 3) Documentación de ensayos. (4 hs)
 - 2.7. Etapa de acondicionamiento de señal posterior a la medición de corriente. (Total: 13 hs)
 - 1) Análisis de alternativas técnicas para filtrado y amplificación. (4 hs)

- 2) Selección de componentes. (2 hs)
- 3) Ensayo y evaluación de la etapa de filtrado y amplificación de manera individual. (4 hs)
- 4) Documentación de ensayos. (3 hs)
- 2.8. Microcontrolador y módulo de comunicaciones. (Total: 50 hs)
 - 1) Análisis y selección de microcontroladores y módulos de comunicaciones aptos para la aplicación. (30 hs)
 - 2) Pruebas de laboratorio del microcontrolador y módulo de comunicaciones de manera individual. (20 hs)
- 2.9. Circuito impreso. (Total: 59 hs)
 - 1) Ruteo del circuito impreso. (40 hs)
 - 2) Inspección. (6 hs)
 - 3) Montaje y soldado de componentes. (8 hs)
 - 4) Prueba y depuración. (5 hs)
3. Grupo de tareas asociadas al software (Total: 271 hs)
 - 3.1. Tareas asociadas al firmware del microcontrolador (Total: 110 hs)
 - 1) Definición de la "lógica de negocio" que regirá la operación del hardware a instalar *in-situ*. (10 hs)
 - 2) Prototipado del firmware. (60 hs)
 - 3) Depuración de errores. (20 hs)
 - 4) Pruebas unitarias. (20 hs)
 - 3.2. Tareas asociadas a los BES (Total: 96 hs)
 - 1) Diseño de la arquitectura y lógica de operación de cada servicio. (14 hs)
 - 2) Instalación de los servicios. (30 hs)
 - 3) Creación de tablas en base de datos para el almacenamiento de valores históricos. (4 hs)
 - 4) Desarrollo del software encargado de recuperar los datos de la red LoRaWAN y almacenar en la base de datos. (20 hs)
 - 5) Desarrollo de la interfaz gráfica en Grafana. (8 hs)
 - 6) Pruebas de integración. (15 hs)
 - 7) Depuración de errores. (5 hs)
4. Grupo de tareas asociadas a pruebas *end-to-end*. (Total: 65 hs)
 - 4.1. Definición de los casos de ensayo. (20 hs)
 - 4.2. Desarrollo del software. (20 hs)
 - 4.3. Ejecución de las pruebas. (15 hs)
 - 4.4. Depuración de errores. (10 hs)

Cantidad total de horas: (671 hs)

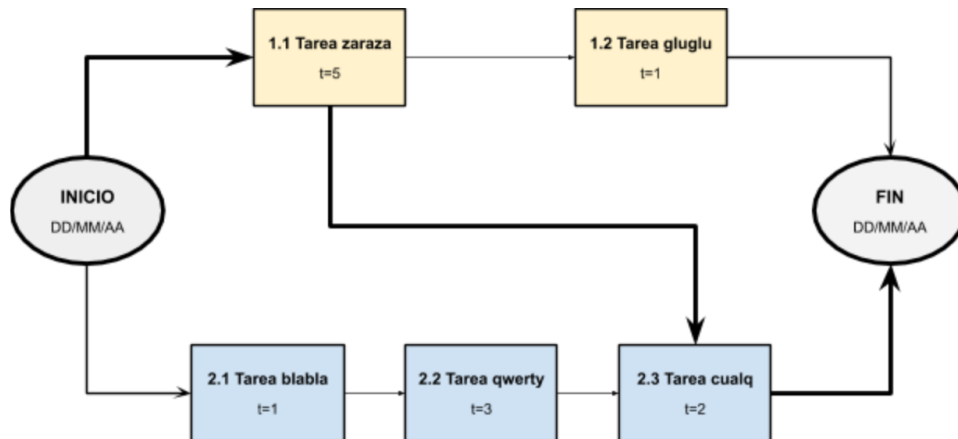


Figura 3: Diagrama en *Activity on Node*

7. Diagrama de Activity On Node

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

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:

8. Diagrama de Gantt

Utilizar el software Ganttter for Google Drive o alguno similar para dibujar el diagrama de Gantt.

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de gantt, entre las 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.

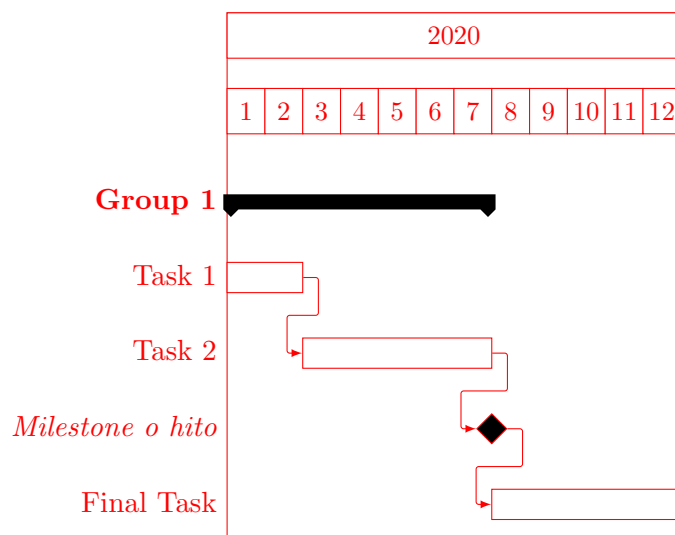


Figura 4: Diagrama de gantt de ejemplo

9. Matriz de uso de recursos de materiales

Código WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)			
		Material 1	Material 2	Material 3	Material 4

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. Matriz de asignación de responsabilidades

Establecer la matriz de asignación de responsabilidades y el manejo de la autoridad completando la siguiente tabla:

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable Ing. Milton Eduardo Sosa	Orientador Ing. Marcelo E. Romeo	Equipo Nombre de alguien	Cliente Ing. Marcelo E. Romeo

Referencias:

- P = Responsabilidad Primaria
- S = Responsabilidad Secundaria
- A = Aprobación
- I = Informado
- C = Consultado

Una de las columnas debe ser para el Director, ya que se supone que participará en el proyecto. A su vez se debe cuidar que no queden muchas tareas seguidas sin “A” o “I”.

Importante: es redundante poner “I/A” o “I/C”, porque para aprobarlo o responder consultas primero la persona debe ser informada.

12. 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)

- 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)

13. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: Copiar acá el requerimiento.
Verificación y validación:

- 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, etc.

14. Comunicación del proyecto

El plan de comunicación del proyecto es el siguiente:

PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO					
¿Qué comunicar?	Audiencia	Propósito	Frecuencia	Método de comunicac.	Responsable

15. Gestión de Compras

En caso de tener que comprar elementos o contratar servicios: a) Explique con qué criterios elegiría a un proveedor. b) Redacte el Statement of Work correspondiente.

16. Seguimiento y control

Para cada tarea del proyecto establecer la frecuencia y los indicadores con los se seguirá su avance y quién será el responsable de hacer dicho seguimiento y a quién debe comunicarse la situación (en concordancia con el Plan de Comunicación del proyecto).

El indicador de avance tiene que ser algo medible, mejor incluso si se puede medir en % de avance. Por ejemplo, se pueden indicar en esta columna cosas como “cantidad de conexiones ruteadas” o “cantidad de funciones implementadas”, pero no algo genérico y ambiguo como “%”, porque el lector no sabe porcentaje de qué cosa.

17. 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.

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.

- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, 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.