



# Telemetría y posicionamiento de antena para interferometría

Autor:

Valdez Gastón

Director:

Elias Fliger (IAR)

Codirector:

Guillermo Gancio (IAR)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 30 de abril de 2022 y el 18 de junio de 2021.*

## Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
2. Identificación y análisis de los interesados . . . . .	7
3. Propósito del proyecto . . . . .	7
4. Alcance del proyecto . . . . .	7
5. Supuestos del proyecto. . . . .	8
6. Requerimientos . . . . .	8
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	9
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	9
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	10
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	10
11. Diagrama de Gantt . . . . .	11
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	14
13. Gestión de riesgos . . . . .	14
14. Gestión de la calidad . . . . .	15
15. Procesos de cierre . . . . .	16

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	30 de abril de 2022

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 30 de abril de 2022

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Valdez Gastón que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Telemetría y posicionamiento de antena para interferometría”, consistirá en la implementación de un sistema de posicionamiento y telemetría de una antena de plato parabólico y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 800 hs de trabajo, con fecha de inicio 30 de abril de 2022 y fecha de presentación pública 15 de mayo de 2022.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Responsable del área de electrónica  
Instituto Argentino de Radioastronomía

Elias Fliger  
Director del Trabajo Final

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

En este trabajo, se realiza un sistema de posicionamiento y telemetría para una antena parabólica de 5 m de diámetro. Esta antena, pertenece a un grupo de antenas, las cuales forman un interferómetro. Este proyecto, es un subsistema del proyecto principal, denominado Interferómetro MIA (Multipurpose Interferometric Array) y Estación terrena, dentro de la institución. La antena perteneciente a la estación terrena es idéntica a la del interferómetro. En principio, se están construyendo tres antenas. Se realiza un único desarrollo, y se replica para cada antena.



Figura 1. Antena en proceso de construcción para interferómetro MIA

Este posicionador pertenece a dos proyectos principales y estratégicos dentro de la institución. En el caso del interferómetro, se trata de una nueva tecnología hasta ahora inexistente en el observatorio y permitiría incrementar la capacidad científica, tecnológica y observacional del Instituto; mientras que la estación terrena, permitirá establecer enlaces de comunicación con pequeños satélites como parte de las actividades del IAR en el segmento aeroespacial.

Actualmente el posicionador que se ha desarrollado se encuentra instalado pero tiene la limitación de funcionar con un solo programa (Gpredict), y no puede realizar el seguimiento de radiofuentes. A Este software debe agregar estas radiofuentes, o adicionarle la comunicación con otro software de seguimiento.

Se desea mejorar incluyendo independencia de software, o mecanismos de manejo remoto, mediante protocolos existentes para las antenas principales. En la figura 2 se muestran las dos antenas principales del organismo.

El sistema de apuntamiento, debe realizar el seguimiento automático (de posición astronómica) de los puntos del cielo, ya sean satélites o radiofuentes. En el caso de no realizar seguimientos, debe permanecer en la posición denominada cenit. En este caso, el sistema debe ser a lazo cerrado todo el tiempo, siguiendo una referencia, que viene dada por una computadora/software, dentro de ciertos márgenes. Adicionalmente, al estar en un lugar remoto, dentro del organismo, debe poseer telemetría, ya que pueden existir condiciones climáticas adversas en las cuales la antena

no podría operarse (ejemplo, viento, granizo, ya que en estos casos, la antena actúa como una vela de barco). El sistema a realizar tiene el diagrama en bloques mostrado en la figura 3

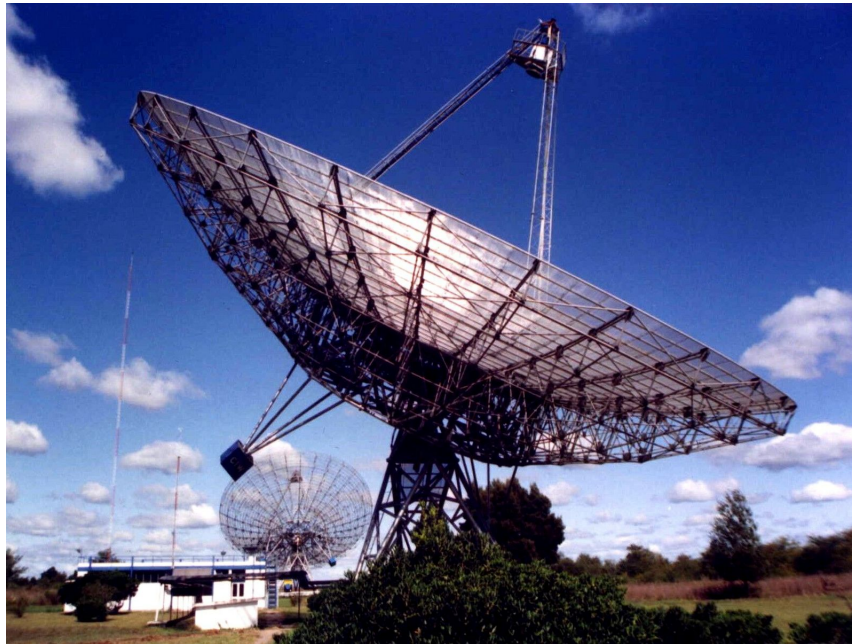


Figura 2. Antenas principales del IAR

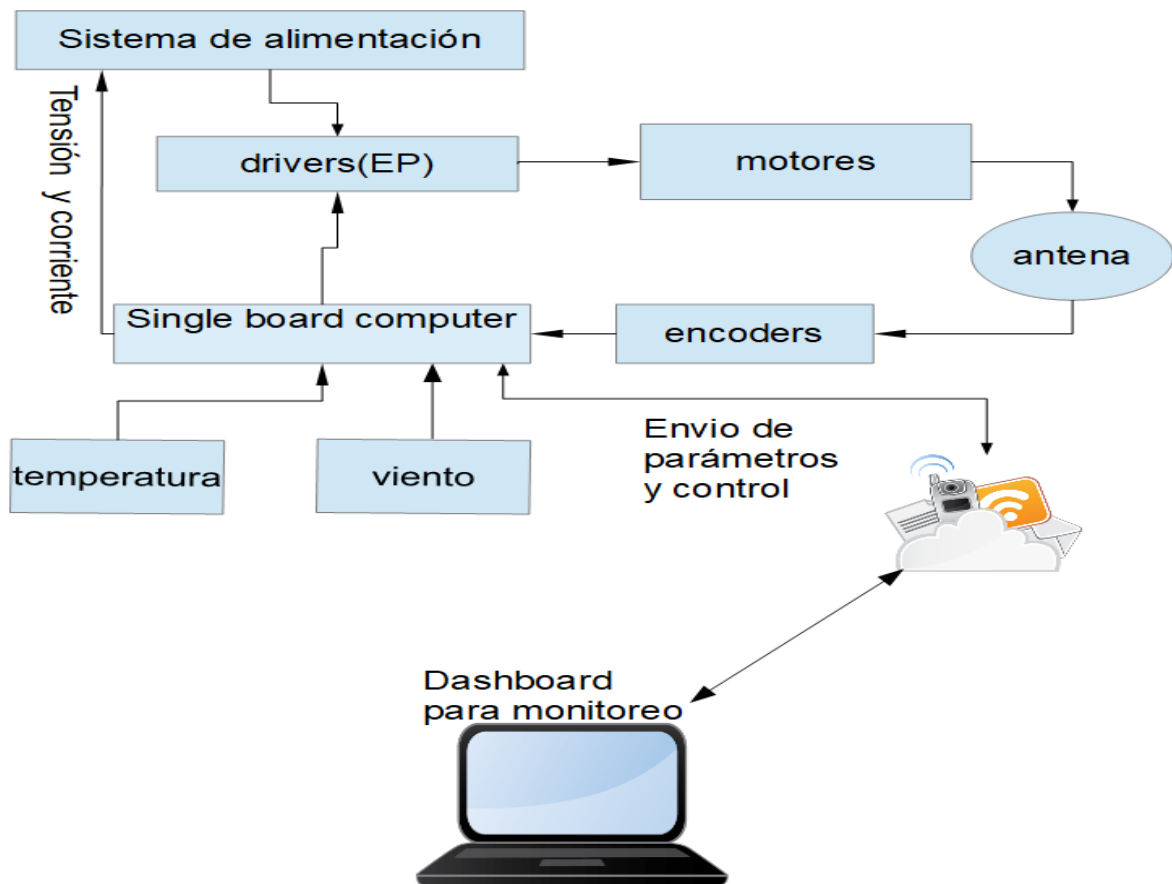


Figura 3. Diagrama en bloques del sistema

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	-	-	-
Cliente	-	-	-
Impulsor	-	-	-
Responsable	Valdez Gastón	IAR	Ing desarrollo firmware/hardware
Colaboradores	Martín Salibe Guillermo Gancio	IAR IAR	Responsable de transferencia Responsable de observatorio
Orientador	Elias Fliger	IAR	Director Trabajo final
Equipo	Eliseo Diaz Matias Contreras	IAR	Responsables de fabricación de PCB y 3D
Opositores	-	-	-
Usuario final	Facundo Aquino	IAR	Operador de antena y diseñador PCB

## 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es realizar un sistema de apuntamiento para una antena (ver figura 1), esta antena, debe ponerse en el cenit, en caso de no realizarse ningún tipo de seguimiento, ya que este punto, es el punto de equilibrio mecánico. Una vez finalizado este desarrollo, se va a replicar en otras tres antenas de iguales características.

## 4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye los siguientes alcances

- Desarrollo de firmware/software/hardware para realizar el movimiento de los motores de posición
- Documentación de software/firmware/hardware por separado
- Desarrollo del protocolo de comunicación entre encoders y PC
- Integración del producto con el sistema mecánico de movimiento
- Planes de testing para software y hardware.

El proyecto, no contempla aspectos relacionados a la seguridad de la información, y selección de los motores para el posicionamiento.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo, se supone que se tiene acceso a los siguientes items :

- Máquina con sistema operativo linux o similar.
- Los recursos de hardware y software se proveen por la institución, así como su documentación
- Se tiene acceso a los desarrollos previos realizados para el control de la antena.
- El sistema mecánico se debe armar antes de octubre/noviembre 2022, que esta a cargo del departamento de mecánica. En caso de no realizarse, se verá la forma de simular en algún tipo de software
- El proyecto esta inmerso dentro de un plan estratégico dentro de la institución
- Los componentes se encuentran en el mercado local, y en el caso de importarse, se realizará con la suficiente antelación.
- La estructura mecánica de movimiento de la antena, estará lista antes de la finalización del presente proyecto.

## 6. Requerimientos

### 1. Requerimientos funcionales

- 1.1. Debe tener un sistema de control de posición
- 1.2. Debe poseer un Webserver embebido para monitoreo de variables ambientales y indicar su estado de operación (tracking, untracking, zenit, y calibrate).
- 1.3. Debe implementarse lecturas de posicionamiento, lecturas de viento, temperatura y potencia consumida por el mismo.
- 1.4. Debe conectarse a red local LAN, mediante cable ethernet RJ45
- 1.5. Cortar el uso cuando el viento supere la velocidad máxima de operación mecánica de la antena, y volverla a su posición de equilibrio en el zenit
- 1.6. Debe tener un sistema de calibración a demanda por el operario de la antena
- 1.7. Realizar de un software central con capacidad de manejar los periféricos del single board computer, y lectura de viento, tensión, corriente, y posición angular de la antena
- 1.8. Realizar un software que se pueda conectar con los programas Gpredict, Stellarium y el existente en el IAR para el manejo de las antenas principales.
- 1.9. En caso de adicionar otro programa distinto(Gpredict, stellarium o ya existente en el IAR) se debe actualizar el software del sistema posicionador.
- 1.10. Solo puede realizar una operación de seguimiento. En caso de estar realizando el seguimiento de algún satellite/radiofuente, se le debe informar de dicha operación, y el operario tendrá que esperar que se termine la operación actual

### 2. Requerimientos de documentación

- 2.1. Debe seguir la numeración y formato de los documentos establecidos por el IAR.



- 2.2. Documentación sobre protocolos de comunicación via ethernet y de los programas involucrados, y trama de mensajes
- 2.3. Manual de operación de la antena para operarios
- 2.4. Manual de operación para actualización de software
- 2.5. Documentación de software y hardware.
- 2.6. Manual de procedimientos de testing de software y hardware
3. Requerimientos de interfaces
  - 3.1. Los encoders estarán alineados con los dos ejes principales de movimiento de la antena
  - 3.2. Deberá utilizarse una red electrica para conectar el posicionador
4. Requerimiento de testing
  - 4.1. Medir señal de control de posición de los motores
  - 4.2. Webserver embebido, testing de señales sobre la placa con osciloscopio
  - 4.3. Realizar el seguimiento de una radiofuente, e intentar realizar más de una conexión simultanea.
  - 4.4. Ver la señal de control mínima a partir de la cual los motores son capaces de mover la antena.
  - 4.5. Realizar experiencia de rebote lunar con stellarium (esto ya se ha realizado con anterioridad con las antenas principales de la institución). El objetivo es corroborar la calibración del mismo y la comunicación con el software

## 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.

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:

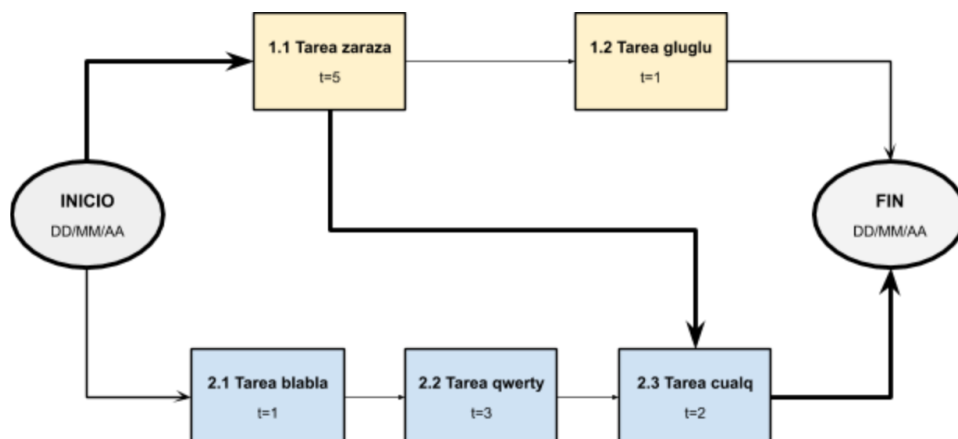


Figura 4. Diagrama en *Activity on Node*

## 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 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

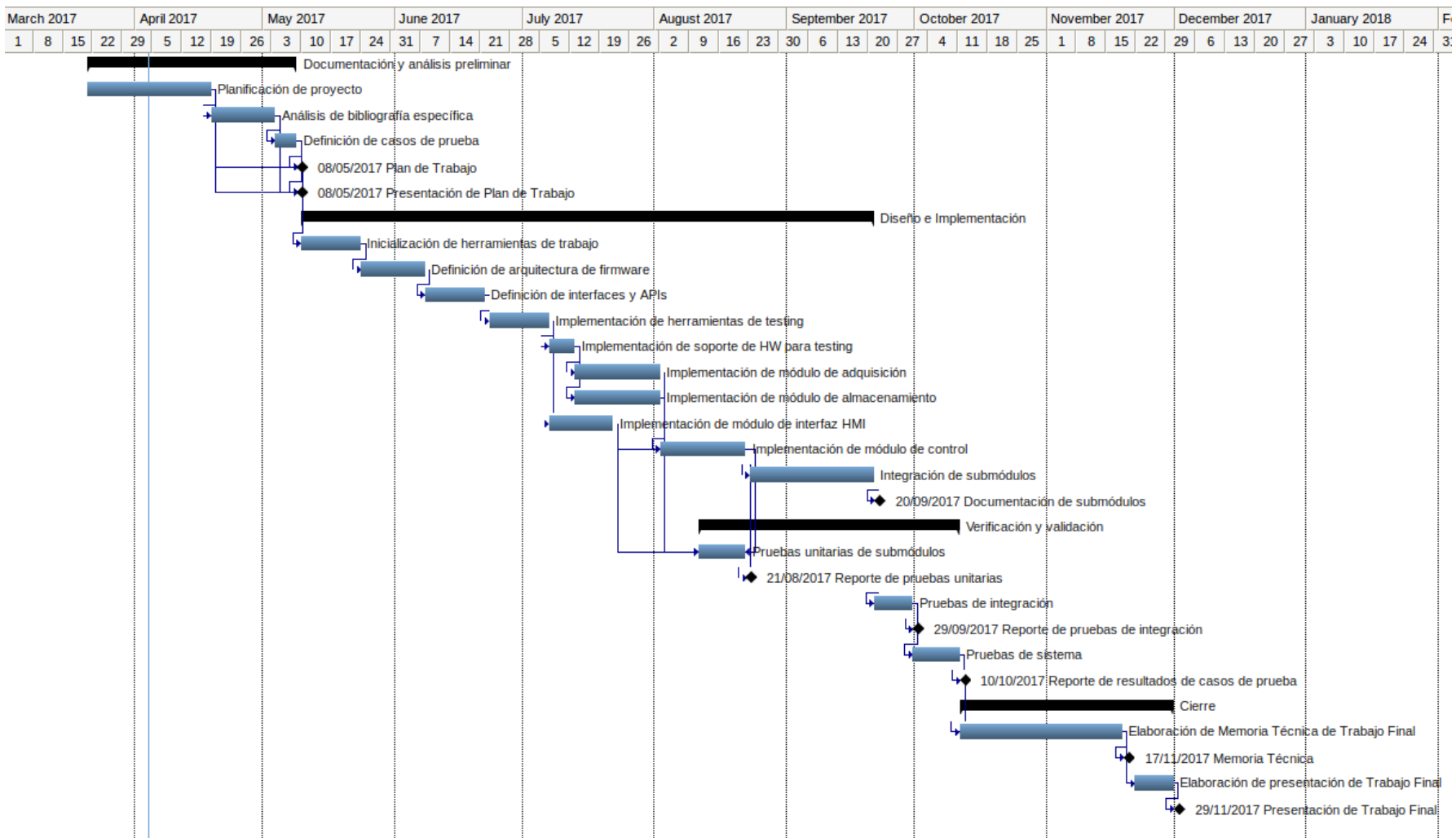


Figura 6. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

## 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):

■ 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).

## 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.