



# Predicción de series de tiempos aplicado al trading de criptomonedas usando la arquitectura de Transformers

Autor:

Ing. Martín Leonardo Centurión

Director:

Director a definir (pertenencia)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 15 de octubre de 2024 y el 03 de diciembre de 2024.*

## 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
7.1 Roles . . . . .	8
7.2 Product backlog . . . . .	8
7.2.1 Inversor . . . . .	8
7.2.2 Ingeniero de Operaciones . . . . .	8
7.2.3 Gerente de inversiones . . . . .	8
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	9
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	9
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	10
11. Diagrama de Gantt . . . . .	10
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	15 de octubre de 2024
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	30 de octubre de 2024
1	Se completa hasta el punto 9 inclusive	4 de noviembre de 2024

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 15 de octubre de 2024

Por medio de la presente se acuerda con Ing. Martín Leonardo Centurión que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Inteligencia Artificial se titulará “Predicción de series de tiempos aplicado al trading de criptomonedas usando la arquitectura de Transformers” y consistirá en la implementación de un sistema de predicción de series de tiempos aplicado al trading de criptomonedas usando la arquitectura de Transformers. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 horas y un costo estimado de \$37.500.000, con fecha de inicio el 15 de octubre de 2024 y fecha de presentación pública en diciembre de 2025.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Nombre del cliente  
Empresa del cliente

Director a definir  
Director del Trabajo Final

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

Este es un proyecto personal con el objetivo de estudiar, en el contexto de análisis y predicción de series de tiempo, el desempeño de la arquitectura de Transformers. Esta tecnología es una pieza fundacional del estado del arte actual en deep learning en general y en predicción de series de tiempos en particular.

Para dicho estudio se propone la aplicación a un sistema de trading de criptomonedas con el que se espera obtener rendimiento y, al mismo tiempo, regular el nivel de riesgo incurrido.

Es valioso explorar el uso de Transformers y sus variantes, ya que permitiría obtener una ventaja comparativa con respecto a otras soluciones mediante la utilización de nuevos modelos basados que presenten mejor poder de predicción.

El objetivo del trading consiste en obtener una ganancia al comprar instrumentos, en este caso criptomonedas, a un precio menor al que se los vende. Se caracteriza por tener un plazo de tiempo acotado, ya que en el largo plazo las fluctuaciones del mercado pierden relevancia frente a las condiciones fundamentales del instrumento en cuestión. Esto es: el precio del bitcoin (BTC) de hoy a diez años depende más de tendencias macroeconómicas que de otras fluctuaciones. Al otro extremo está el trading de alta frecuencia donde se realizan varias operaciones por segundo y requiere del uso de hardware y redes especializadas. Por expuesto se decide acotar el plazo de predicción entre un minuto y una semana.

El resultado final, como ilustra la figura 1, constará de un sistema capaz de comprar y vender criptomonedas de forma autónoma realizando consultas a un modelo preentrenado con datos históricos sobre cotizaciones pertinentes.

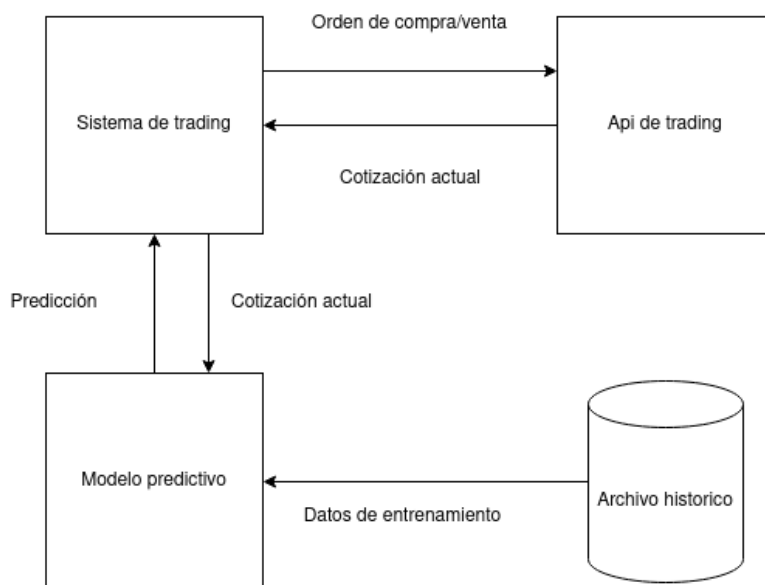


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Responsable	Ing. Martín Leonardo Centurión	FIUBA	Alumno
Orientador	Director a definir	pertenencia	Director del Trabajo Final

- Orientador: Director a definira definir.
- Responsable: El alumno encargado de llevar a cabo la planificación e implementación.
- Potencial cliente: Individuos con capital disponible para invertirlo.

## 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es la investigación y aplicación de arquitecturas de Transformers para el trading de criptomonedas. Se buscará explorar esta nueva tecnología y comparar su desempeño con otros modelos previamente utilizados en la industria.

## 4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye:

- El desarrollo de un sistema que realice trading de criptomonedas de forma no supervisada.
- Análisis y visualización de los datos históricos correspondientes a las cotizaciones de las criptomonedas seleccionadas.
- La exploración de modelos del estado del arte para el análisis y predicción de series de tiempo.
- El rango temporal máximo a predecir es de una semana.
- El rango temporal mínimo a predecir no implica el uso de hardware especializado ni la conexión a redes especiales.

El proyecto no incluye:

- Un servicio, ni una API para exponer el modelo.
- Aprovisionamiento de infraestructura para correr el modelo.
- Implementación de un modelo.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Existen API's con las que integrarse para realizar el trading.
- Existen datasets históricos para entrenar los modelos.
- La arquitectura de transformers es efectiva para la predicción de series de tiempo.
- Existen modelos adecuados para entrenarlos.

## 6. Requerimientos

### 1. Requerimientos funcionales:

- 1.1. El sistema debe poder operar de forma autónoma.
- 1.2. El usuario debe poder ingresar credenciales de una cuenta en un exchange de criptomonedas con la que operar.
- 1.3. El sistema debe poder detenerse de forma segura.
- 1.4. El sistema debe tener criterios configurables que determinen el nivel tolerable de riesgo, para un criterio de riesgo a definir.
- 1.5. Al sistema se le puede definir un monto máximo con el que operar.

### 2. Requerimientos de documentación:

- 2.1. Debe estar documentado como iniciar y detener el sistema de forma segura.
- 2.2. Debe estar documentado los parámetros de configuración y como afectan al comportamiento del sistema.

### 3. Requerimiento de testing:

- 3.1. El sistema contara con tests de integración contra la API del exchange elegido.
- 3.2. El sistema contara con tests de componente que validen las reglas de negocio del servicio. Por ejemplo: respetar el monto máximo o el limite de riesgo.
- 3.3. El modelo sera evaluado según su capacidad predicativa teniendo en cuenta los datos históricos disponibles.
- 3.4. Se diseñara una forma de monitorizar el rendimiento del sistema.

### 4. Requerimientos de la interfaz:

- 4.1. El sistema proveerá una interfaz de linea de comandos(CLI) para iniciar y detener el sistema.
- 4.2. La CLI sera clara en sus errores cuando faltase información necesaria para iniciar el sistema.

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

### 7.1. Roles

Se identifican los siguientes roles:

- **Inversor:** individuo registrado en el exchange que aporta la cuenta con capital disponible para operar.
- **Ingeniero de Operaciones:** individuo con conocimientos técnicos responsable de poner el sistema en marcha y velar por su correcto funcionamiento.
- **Gerente de inversiones:** individuo encargado de decidir los parámetros con los que se configurara el sistema en base a los objetivos de negocio.

### 7.2. Product backlog

#### 7.2.1. Inversor

1. **Como** inversor **quiero** proveer de forma segura las credenciales de mi cuenta **para** que se pueda operar con el capital disponible. *Story points:* 3 (complejidad: 1, dificultad: 1, incertidumbre: 1)

#### 7.2.2. Ingeniero de Operaciones

1. **Como** ingeniero de operaciones **quiero** poder levantar el sistema **para** corroborar que no haya errores de configuración. *Story points:* 3 (complejidad: 1, dificultad: 1, incertidumbre: 1)
2. **Como** ingeniero de operaciones **quiero** poder iniciar el sistema **para** que empiece a operar. *Story points:* 7 (complejidad: 2, dificultad: 2, incertidumbre: 3)
3. **Como** ingeniero de operaciones **quiero** poder detener el sistema **para** que deje de operar. *Story points:* 3 (complejidad: 1, dificultad: 1, incertidumbre: 1)
4. **Como** ingeniero de operaciones **quiero** poder detener el sistema de forma segura **para** que no queden transacciones sin finalizar. *Story points:* 5 (complejidad: 3, dificultad: 1, incertidumbre: 1)
5. **Como** ingeniero de operaciones **quiero** poder matar el sistema **para** que deje consumir recursos. *Story points:* 1 (complejidad: 1, dificultad: 1, incertidumbre: 1)
6. **Como** ingeniero de operaciones **quiero** ver logs del sistema **para** monitorizar errores. *Story points:* 1 (complejidad: 1, dificultad: 1, incertidumbre: 1)

#### 7.2.3. Gerente de inversiones

1. **Como** gerente de inversiones **quiero** configurar el nivel de riesgo **para** evitar la pérdida de capital. *Story points:* 6 (complejidad: 1, dificultad: 2, incertidumbre: 3)



2. Como gerente de inversiones quiero configurar un limite de dinero a invertir para evitar la perdida de capital. *Story points: 5* (complejidad: 1, dificultad: 2, incertidumbre: 2)

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Documentación.
- Código fuente.
- Memoria del trabajo final.

## 9. Desglose del trabajo en tareas

### 1. Estudio del dominio del problema (176 h):

- 1.1. Búsqueda de bibliografía (8 h).
- 1.2. Estudio sobre trading (40 h).
- 1.3. Estudio sobre indicadores y análisis técnico (40 h).
- 1.4. Estudio sobre trading algorítmico (30 h).
- 1.5. Estudio sobre análisis de series de tiempo (48 h).
- 1.6. Estudio sobre compra/venta de criptomonedas (10 h).

### 2. Procuración y análisis de datos (38 h):

- Obtención de datos (3 h).
- Análisis y tratamiento (10 h).
- Exploración y visualización inicial (15 h).
- Entrenamiento y selección de un modelo simple para hacer de base (10 h).

### 3. Exploración de métodos tradicionales y estado del arte (150 h):

- 3.1. Métodos tradicionales: Moving averages, autoregresión, ARIMA, State Space Models, etc. (50 h).
- 3.2. Estado del arte: RNN, CNN, Hybrids, Prophet, DeepAR, etc. (50 h).
- 3.3. Entrenamiento y selección de modelos (30 h).
- 3.4. Visualización y exploración (20 h).

### 4. Exploración del uso de transformers en series de tiempo (100 h):

- 4.1. Investigación redes neuronales, transformers, estado del arte, etc. (20 h).
- 4.2. Entrenamiento y selección de modelos (50 h).
- 4.3. Visualización y exploración (20 h).
- 4.4. Comparativa con estado del arte (10 h).

### 5. Implementación del sistema de trading (100 h):

5.1. Integración con la API del exchange para compra/venta (20 h).

5.2. Parametrización de las variables riesgo, monto a operar, etc. (15 h).

5.3. Integración con la API del exchange para cotizaciones (15 h).

5.4. Implementación de la lógica de decisión de compra/venta (15 h).

5.5. Integración con el modelo (10 h).

5.6. Productización de la CLI (15 h).

5.7. Desarrollo de la lógica de monitorización del rendimiento (20 h).

5.8. Documentación (5 h).

6. Escritura de las memorias (50 h).

Cantidad total de horas: 614.

## 10. Diagrama de Activity On Node

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

Una herramienta simple para desarrollar los diagramas es el Draw.io (<https://app.diagrams.net/>). Draw.io

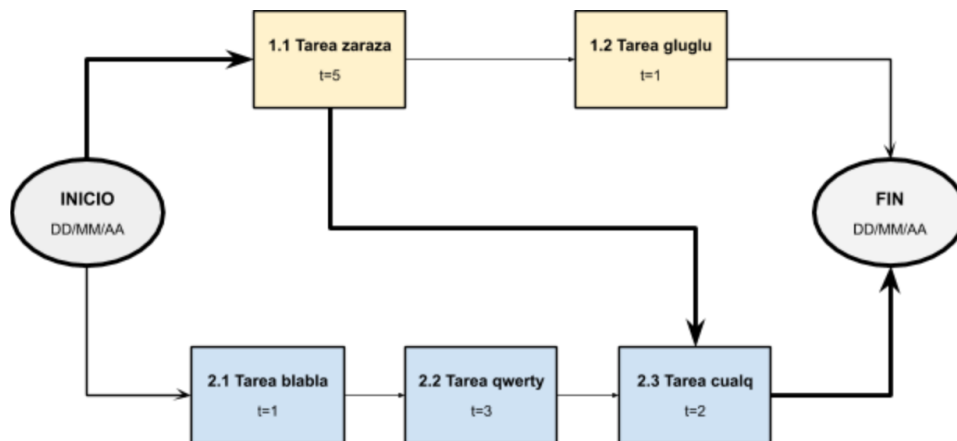


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semi críticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color.

## 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.

Las fechas pueden ser calculadas utilizando alguna de las herramientas antes citadas. Sin embargo, el siguiente ejemplo fue elaborado utilizando esta [hoja de cálculo](#).

Es importante destacar que el ancho del diagrama estará dado por la longitud del texto utilizado para las tareas (Ejemplo: tarea 1, tarea 2, etcétera) y el valor  $x$  *unit*. Para mejorar la apariencia del diagrama, es necesario ajustar este valor y, quizás, acortar los nombres de las tareas.

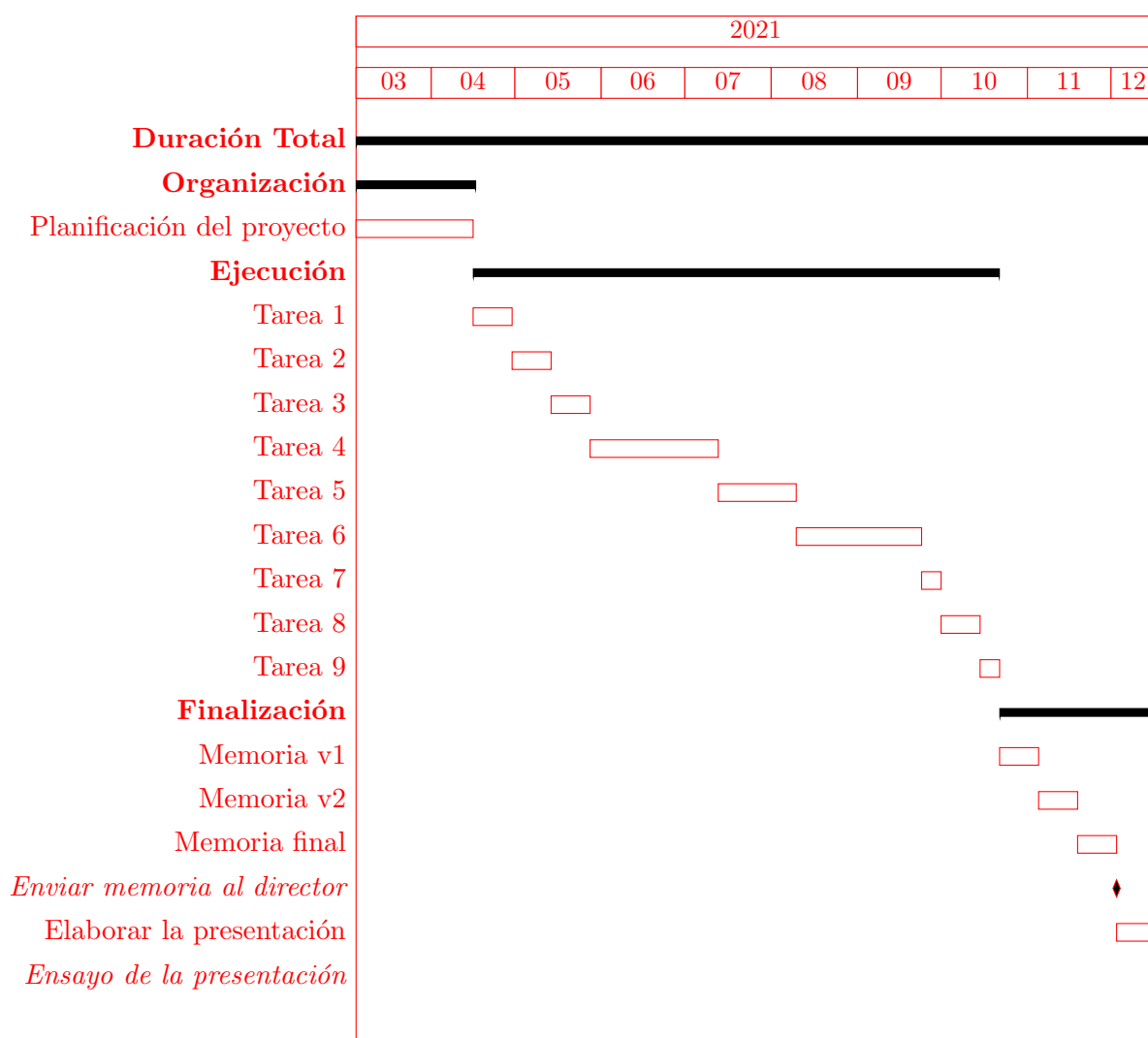


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo

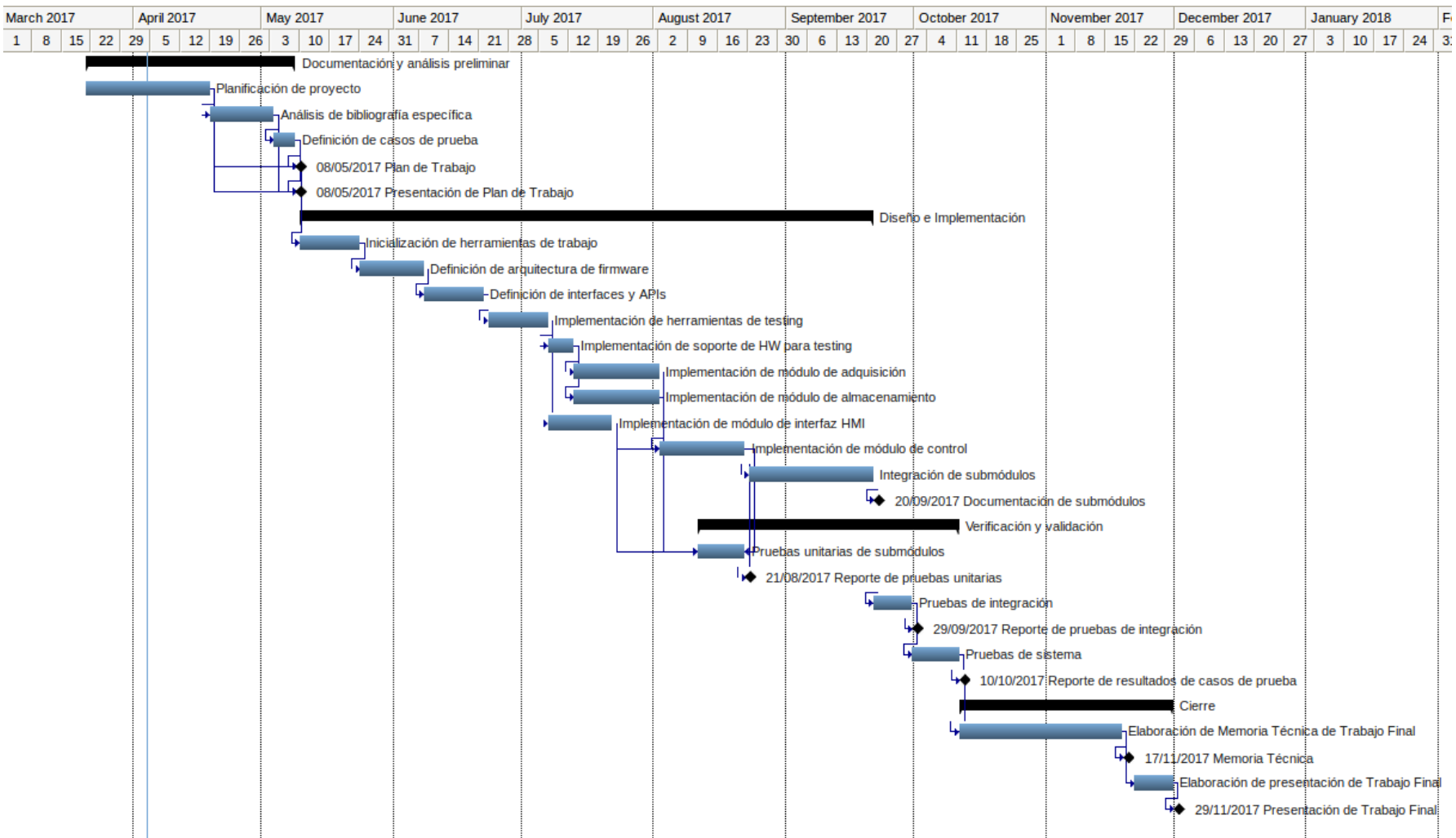


Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt (apaisado).

## 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**.

Incluir la aclaración de si se emplea como moneda el peso argentino (ARS) o si se usa moneda extranjera (USD, EUR, etc). Si es en moneda extranjera se debe indicar la tasa de conversión respecto a la moneda local en una fecha dada.

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): X.  
Justificación...

- Ocurriencia (O): Y.  
Justificación...

Riesgo 3:

- Severidad (S): X.  
Justificación...
- Ocurriencia (O): Y.  
Justificación...

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

Elija al menos diez requerimientos que a su criterio sean los más importantes/críticos/que aportan más valor y para cada uno de ellos indique las acciones de verificación y validación que permitan asegurar su cumplimiento.

- Req #1: copiar acá el requerimiento con su correspondiente número.

- 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, 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.