

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
1.1 Introducción	5
1.2 Motivación	5
1.3 El cliente	6
1.4 Situación actual (<i>as-is</i>)	7
1.5 Preguntas centrales	9
1.6 Estado del arte	9
1.7 Glosario de siglas	11
2. Identificación y análisis de los interesados	12
3. Propósito del proyecto	13
4. Alcance del proyecto	13
5. Supuestos del proyecto	14
6. Requerimientos	14
6.1 Funcionales (FR)	14
6.2 Documentación (DOC)	15
6.3 Testing (TEST)	16
6.4 Interfaz de usuario (UI)	16
6.5 Datos (DATA)	17
6.6 De despliegue/DevOps (DEV)	17
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>)	17
8. Entregables principales del proyecto	18
9. Desglose del trabajo en tareas	19
10. Diagrama de Activity On Node	19
11. Diagrama de Gantt	20
12. Presupuesto detallado del proyecto	23
13. Gestión de riesgos	23
14. Gestión de la calidad	25
15. Procesos de cierre	25

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
1.1 Introducción	5
1.2 Motivación	5
1.3 El cliente	6
1.4 Situación actual (<i>as-is</i>)	7
1.5 Preguntas centrales	9
1.6 Estado del arte	9
1.7 Glosario de siglas	11
2. Identificación y análisis de los interesados	12
3. Propósito del proyecto	13
4. Alcance del proyecto	13
5. Supuestos del proyecto	14
6. Requerimientos	14
6.1 Funcionales (FR)	15
6.2 De documentación (DOC)	16
6.3 De testing (TEST)	16
6.4 De interfaz de usuario (UI)	17
6.5 De datos (DATA)	17
6.6 De despliegue/DevOps (DEV)	18
6.7 De capacitación (TRAIN)	18
6.8 De regulaciones y Normas (REG)	19
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>)	19
7.1 Backlog inicial	19
8. Entregables principales del proyecto	20
9. Desglose del trabajo en tareas (EDT/WBS)	20
10. Diagrama de Activity On Node	23
11. Diagrama de Gantt	25
12. Presupuesto detallado del proyecto	26
13. Gestión de riesgos	27
14. Gestión de la calidad	29
15. Procesos de cierre	32

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	26 de agosto de 2025
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	10 de septiembre de 2025

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	26 de agosto de 2025
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	10 de septiembre de 2025
2	Se completa hasta el punto 7 inclusive	25 de septiembre de 2025
3	Se completa hasta el punto 15 inclusive	4 de octubre de 2025

Acta de constitución del proyecto

CDMX, 26 de agosto de 2025

Por medio de la presente se acuerda con el Lic. Osvaldo Daniel Muñoz que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Inteligencia Artificial se titulará “SPCP: Sistema Probabilístico y de ML para Seguimiento y Control de Proyectos” y consistirá en diseñar y validar un sistema de estimación probabilística para la gestión de proyectos que, a partir de evidencias observadas en el tiempo, entregue pronósticos calibrados y accionables, buscando mejorar con modelos de ML la calibración de las predicciones, indicadores y ratios. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de **TBD** horas y un costo estimado de **\$ XXX**, con fecha de inicio el 26 de agosto de 2025 y fecha de presentación pública el **TBD**.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Acta de constitución del proyecto

CDMX, 26 de agosto de 2025

Por medio de la presente se acuerda con el Lic. Osvaldo Daniel Muñoz que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Inteligencia Artificial se titulará “SPCP: Sistema Probabilístico y de ML para Seguimiento y Control de Proyectos” y consistirá en diseñar y validar un sistema de estimación probabilística para la gestión de proyectos que, a partir de evidencias observadas en el tiempo, entregue pronósticos calibrados y accionables, buscando mejorar con modelos de ML la calibración de las predicciones, indicadores y ratios. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de **640** horas y un costo estimado de US\$ 43,080, con fecha de inicio el 26 de agosto de 2025 y fecha de presentación pública el **TBD**.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Ing. Fernando Calatayud Cataño
ITSC Digital Value

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Ing. Fernando Calatayud Cataño
ITSC Digital Value

MBA Ing. Luis Villanueva Canales
Director del Trabajo Final

MBA Ing. Luis Villanueva Canales
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

1.1. Introducción

La compañía ITSC Digital Value ofrece servicios de (PMO) *Project Management Office* para la planificación, gestión, control y entrega de proyectos de tecnologías de la información bajo los estándares y mejores prácticas dictadas por el PMI (*Project Management Institute*), desarrolladas en su guía PMBOK (*Project Management Body Of Knowledge*).

Los lineamientos del PMI establecen el ciclo de vida de un proyecto en 5 fases, que se representan en la figura 1, y donde delimitamos el alcance de este proyecto a las fases 3 de ejecución, y 4 de monitoreo y control:

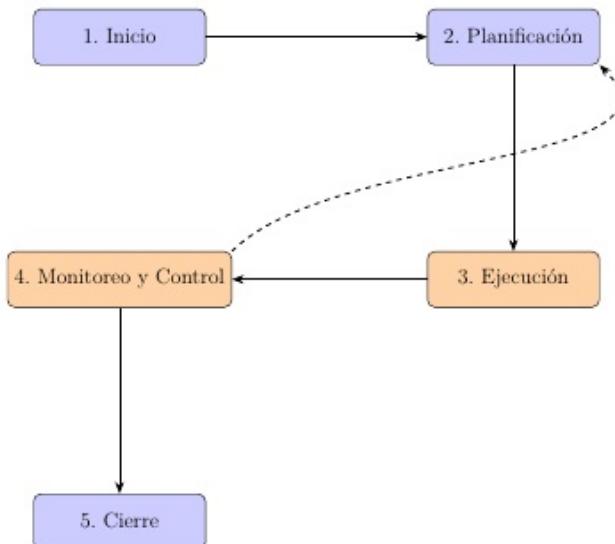


Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto según PMI/PMBOK. Fases 3 (Ejecución) y 4 (Monitoreo y Control) como alcance del proyecto.

1.2. Motivación

En su recorrido profesional, los *projects managers* han tenido que enfrentar retos y desafíos íntimamente relacionados **a** la gestión, seguimiento y control de proyectos, en los que la planificación se realiza principalmente con argumentos y bases de verosimilitud razonable, pero en el despliegue surgen desfases, incumplimientos y subestimaciones, entre otros factores, que derivan en impactos como:

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

1.1. Introducción

La compañía ITSC Digital Value ofrece servicios de (PMO) *Project Management Office* para la planificación, gestión, control y entrega de proyectos de tecnologías de la información bajo los estándares y mejores prácticas dictadas por el PMI (*Project Management Institute*), desarrolladas en su guía PMBOK (*Project Management Body Of Knowledge*).

Los lineamientos del PMI establecen el ciclo de vida de un proyecto en 5 fases, que se representan en la figura 1, y donde delimitamos el alcance de este proyecto a las fases 3 de ejecución, y 4 de monitoreo y control:

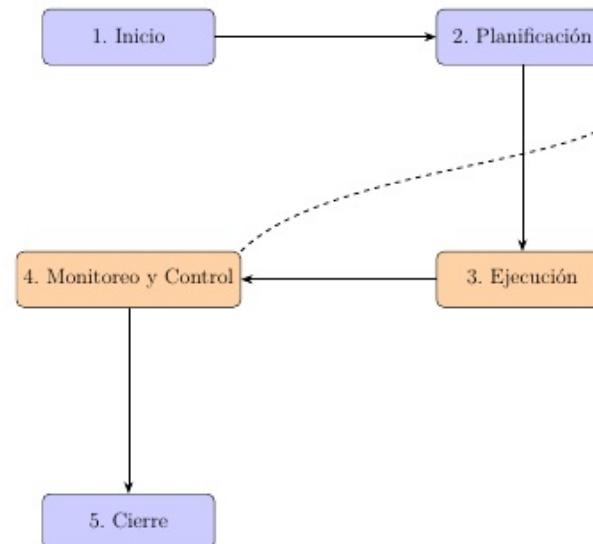


Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto según PMI/PMBOK. Fases 3 (Ejecución) y 4 (Monitoreo y Control) como alcance del proyecto.

1.2. Motivación

En su recorrido profesional, los *projects managers* han tenido que enfrentar retos y desafíos íntimamente relacionados **con** la gestión, seguimiento y control de proyectos, en los que la planificación se realiza principalmente con argumentos y bases de verosimilitud razonable, pero en el despliegue surgen desfases, incumplimientos y subestimaciones, entre otros factores, que derivan en impactos como:

- Objetivos estratégicos.
- Reprogramación de entregables y sus fechas.
- Sobrecostos.
- Incumplimiento parcial o total de la relación costo/beneficio establecida.
- Credibilidad y confianza en el equipo de trabajo.
- Otras iniciativas dependientes en la organización.

En este sentido, podemos identificar que los métodos clásicos de la gestión de proyectos tienen limitaciones por el enfoque determinístico, y no proporcionan suficiente información ni predicciones asertivas para tomar decisiones oportunas que mitiguen y/o eviten los impactos en los proyectos descriptos en el párrafo anterior.

1.3. El cliente

ITSC Digital Value es una empresa mexicana fundada en el año 2013 a la que los clientes le solicitan servicios de consultoría en *project management* (PM). Su staff de profesionales generalmente son ingenieros certificados en las metodologías del PMI/PMBOK, y en ocasiones también en tecnologías específicas que les permiten desarrollar su labor principal como PM, así como el complemento de conocimientos específicos como telecomunicaciones o ingeniería civil para proyectos de construcción.

La misión y visión de la empresa está expresada en estos términos en la figura 2:



NUESTRA HISTORIA

ITSC se constituyó en el mes de marzo de 2013, como una sociedad civil mexicana ofreciendo actividades en la Ciudad de México.

Nuestro compromiso es ofrecer a nuestros clientes servicios de consultoría estratégica de negocios bajo los estándares más altos de calidad.

MISIÓN Y VISIÓN

• MISIÓN

Proveer consultoría estratégica de negocios y soluciones empresariales a nuestros clientes, brindándoles un servicio de calidad, siendo rentable y financieramente estable en beneficio de nuestros socios y colaboradores.

• VISIÓN

Ser una empresa reconocida por sus clientes como líder en consultoría estratégica de negocios, y por la calidad de los servicios brindados.

Figura 2. Misión y visión de ITSC Digital Value.

- Objetivos estratégicos.
- Reprogramación de entregables y sus fechas.
- Sobrecostos.
- Incumplimiento parcial o total de la relación costo/beneficio establecida.
- Credibilidad y confianza en el equipo de trabajo.
- Otras iniciativas dependientes en la organización.

En este sentido, podemos identificar que los métodos clásicos de la gestión de proyectos tienen limitaciones por el enfoque determinístico, y no proporcionan suficiente información ni predicciones asertivas para tomar decisiones oportunas que mitiguen y/o eviten los impactos en los proyectos descriptos en el párrafo anterior.

1.3. El cliente

ITSC Digital Value es una empresa mexicana fundada en el año 2013 a la que los clientes le solicitan servicios de consultoría en *project management* (PM). Su staff de profesionales generalmente son ingenieros certificados en las metodologías del PMI/PMBOK, y en ocasiones también en tecnologías específicas que les permiten desarrollar su labor principal como PM, así como el complemento de conocimientos específicos como telecomunicaciones o ingeniería civil para proyectos de construcción.

La misión y visión de la empresa está expresada en estos términos en la figura 2:



NUESTRA HISTORIA

ITSC se constituyó en el mes de marzo de 2013, como una sociedad civil mexicana ofreciendo actividades en la Ciudad de México.

Nuestro compromiso es ofrecer a nuestros clientes servicios de consultoría estratégica de negocios bajo los estándares más altos de calidad.

MISIÓN Y VISIÓN

• MISIÓN

Proveer consultoría estratégica de negocios y soluciones empresariales a nuestros clientes, brindándoles un servicio de calidad, siendo rentable y financieramente estable en beneficio de nuestros socios y colaboradores.

• VISIÓN

Ser una empresa reconocida por sus clientes como líder en consultoría estratégica de negocios, y por la calidad de los servicios brindados.

Figura 2. Misión y visión de ITSC Digital Value.

1.4. Situación actual (*as-is*)

El macro proceso clásico compuesto de 5 fases para la gestión de proyectos, según los lineamientos del PMI/PMBOK, es el que adoptan y despliegan los profesionales asignados a los contratos con los clientes, como se ve en la figura 3:



Figura 3. Macro-proceso del ciclo de vida de un proyecto (PMI/PMBOK).

Las entradas y salidas que requieren y generan cada una de las cinco fases se describen en las figuras 4 a 8 como sigue:



Figura 4. Fase 1: Inicio — Entradas y salidas principales.

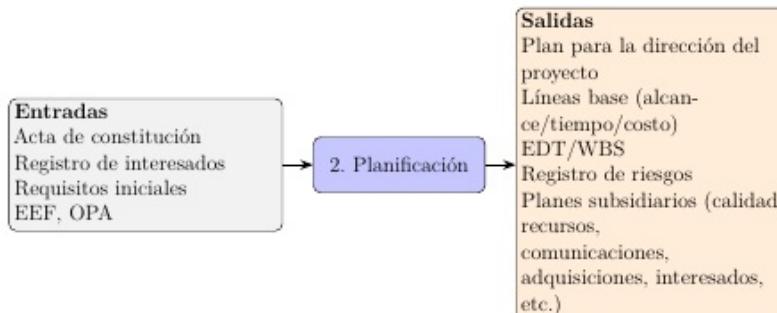


Figura 5. Fase 2: Planificación — Entradas y salidas principales.

1.4. Situación actual (*as-is*)

El macro proceso clásico compuesto de 5 fases para la gestión de proyectos, según los lineamientos del PMI/PMBOK, es el que adoptan y despliegan los profesionales asignados a los contratos con los clientes, como se ve en la figura 3:

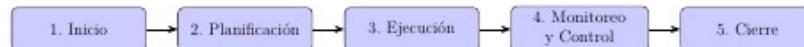


Figura 3. Macro-proceso del ciclo de vida de un proyecto (PMI/PMBOK).

Las entradas y salidas que requieren y generan cada una de las cinco fases se describen en las figuras 4 a 8 como sigue:

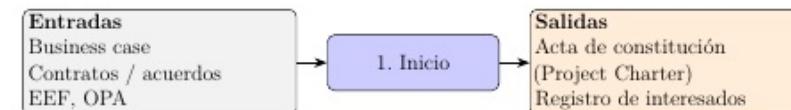


Figura 4. Fase 1: Inicio — Entradas y salidas principales.

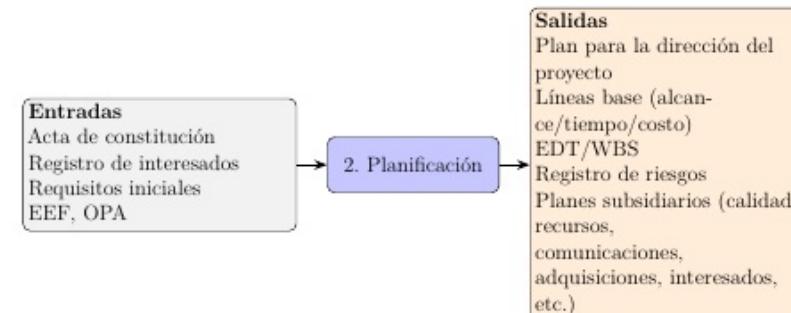


Figura 5. Fase 2: Planificación — Entradas y salidas principales.

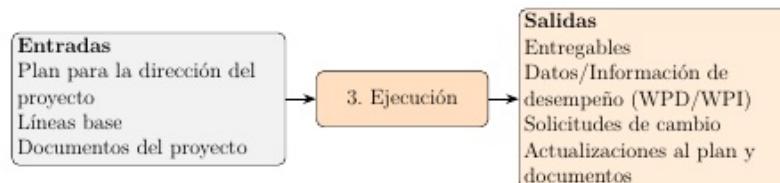


Figura 6. Fase 3: Ejecución — Entradas y salidas principales.

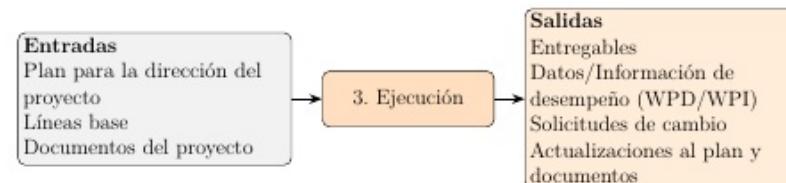


Figura 6. Fase 3: Ejecución — Entradas y salidas principales.

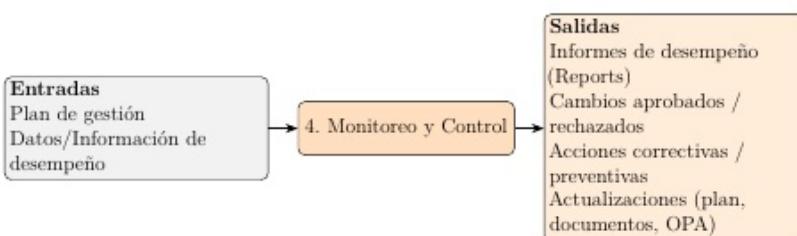


Figura 7. Fase 4: Monitoreo y Control — Entradas y salidas principales.

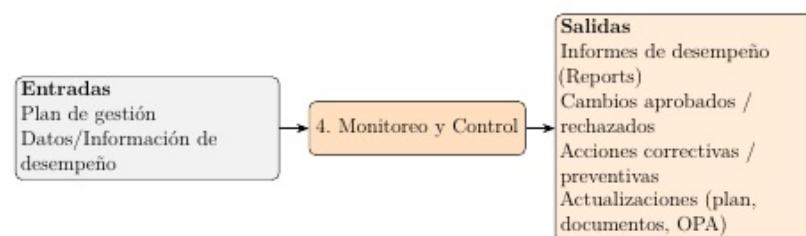


Figura 7. Fase 4: Monitoreo y Control — Entradas y salidas principales.

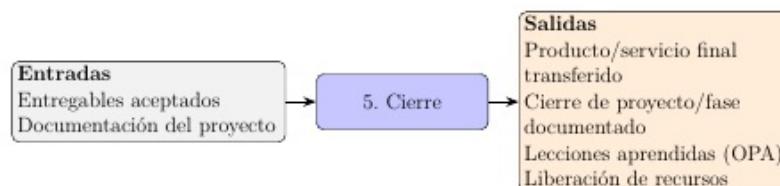


Figura 8. Fase 5: Cierre — Entradas y salidas principales.

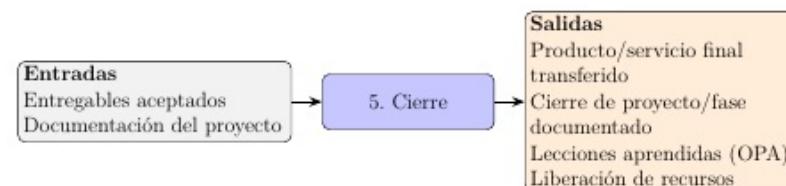


Figura 8. Fase 5: Cierre — Entradas y salidas principales.

De acuerdo a la experiencia del cliente, los proyectos se gestionan en las fases 3 (ejecución) y 4 (monitoreo y control), con un grado de incertidumbre variable, dependiendo de:

- La complejidad.
- Experiencia de los recursos asignados.
- Claridad y fluidez en la comunicación.
- Grado de compromiso hacia la producción de los entregables.
- Disponibilidad oportuna de los recursos financieros y materiales presupuestados.
- Eficiencia del modelo de gobierno.
- Habilidades y conocimientos de la oficina de gerencia del proyecto (PMO).

Debido a los grados de incertidumbre que existen en las fases 3 y 4 de la gestión de proyectos, el cliente requiere contar con un modelo que le proporcione, a partir de los datos que genera el modelo clásico, información complementaria y confiable mediante indicadores y ratios para tomar decisiones oportunas. Y de esta manera poder anticipar, mitigar y, en lo posible, evitar los desvíos e impactos en los resultados esperados del proyecto en cuanto a alcance, tiempo, costo y calidad propuestos al inicio en el *statement of work* (SOW).

1.5. Preguntas centrales

Dado el historial de un proyecto y sus artefactos:

- ¿Cuál es la probabilidad de exceder el baseline vigente en cada dimensión (tiempo, alcance, costo)?
- ¿Cómo evolucionan los indicadores de riesgos e incidentes para anticipar desvíos?
- Con modelos de *machine learning* (ML) (*boosting* cuantílico; TCN/LSTM), ¿mejoran el error y la calibración de los pronósticos de $\frac{\Delta E}{EAC}$ y P (atraso/sobrecosto) frente a EVM/PERT/ARIMA?

1.6. Estado del arte

Aunque los métodos estadísticos clásicos constituyen una base sólida, resultan limitados para capturar no linealidades y efectos de interacción entre variables (p. ej., SPI/CPI, cambios de alcance, riesgos, incidentes). En este contexto, los enfoques de ML tabular y secuencial permiten explotar dichas interacciones y patrones temporales, ofreciendo bandas de predicción y probabilidades mejor calibradas. Asimismo, se priorizará la interpretabilidad (SHAP, PDP) y se establecerán comparaciones rigurosas frente a los baselines estadísticos, en línea con el enfoque requerido.

La figura 9 es un esquema de bloques de la solución propuesta:

De acuerdo a la experiencia del cliente, los proyectos se gestionan en las fases 3 (ejecución) y 4 (monitoreo y control), con un grado de incertidumbre variable, dependiendo de:

- La complejidad.
- Experiencia de los recursos asignados.
- Claridad y fluidez en la comunicación.
- Grado de compromiso hacia la producción de los entregables.
- Disponibilidad oportuna de los recursos financieros y materiales presupuestados.
- Eficiencia del modelo de gobierno.
- Habilidades y conocimientos de la oficina de gerencia del proyecto (PMO).

Debido a los grados de incertidumbre que existen en las fases 3 y 4 de la gestión de proyectos, el cliente requiere contar con un modelo que le proporcione, a partir de los datos que genera el modelo clásico, información complementaria y confiable mediante indicadores y ratios para tomar decisiones oportunas. Y de esta manera poder anticipar, mitigar y, en lo posible, evitar los desvíos e impactos en los resultados esperados del proyecto en cuanto a alcance, tiempo, costo y calidad propuestos al inicio en el *statement of work* (SOW).

1.5. Preguntas centrales

Dado el historial de un proyecto y sus artefactos:

- ¿Cuál es la probabilidad de exceder el baseline vigente en cada dimensión (tiempo, alcance, costo)?
- ¿Cómo evolucionan los indicadores de riesgos e incidentes para anticipar desvíos?
- Con modelos de *machine learning* (ML) (*boosting* cuantílico; TCN/LSTM), ¿mejoran el error y la calibración de los pronósticos de $\frac{\Delta E}{EAC}$ y P (atraso/sobrecosto) frente a EVM/PERT/ARIMA?

1.6. Estado del arte

Aunque los métodos estadísticos clásicos constituyen una base sólida, resultan limitados para capturar no linealidades y efectos de interacción entre variables (p. ej., SPI/CPI, cambios de alcance, riesgos, incidentes). En este contexto, los enfoques de ML tabular y secuencial permiten explotar dichas interacciones y patrones temporales, ofreciendo bandas de predicción y probabilidades mejor calibradas. Asimismo, se priorizará la interpretabilidad (SHAP, PDP) y se establecerán comparaciones rigurosas frente a los baselines estadísticos, en línea con el enfoque requerido.

La figura 9 es un esquema de bloques de la solución propuesta:

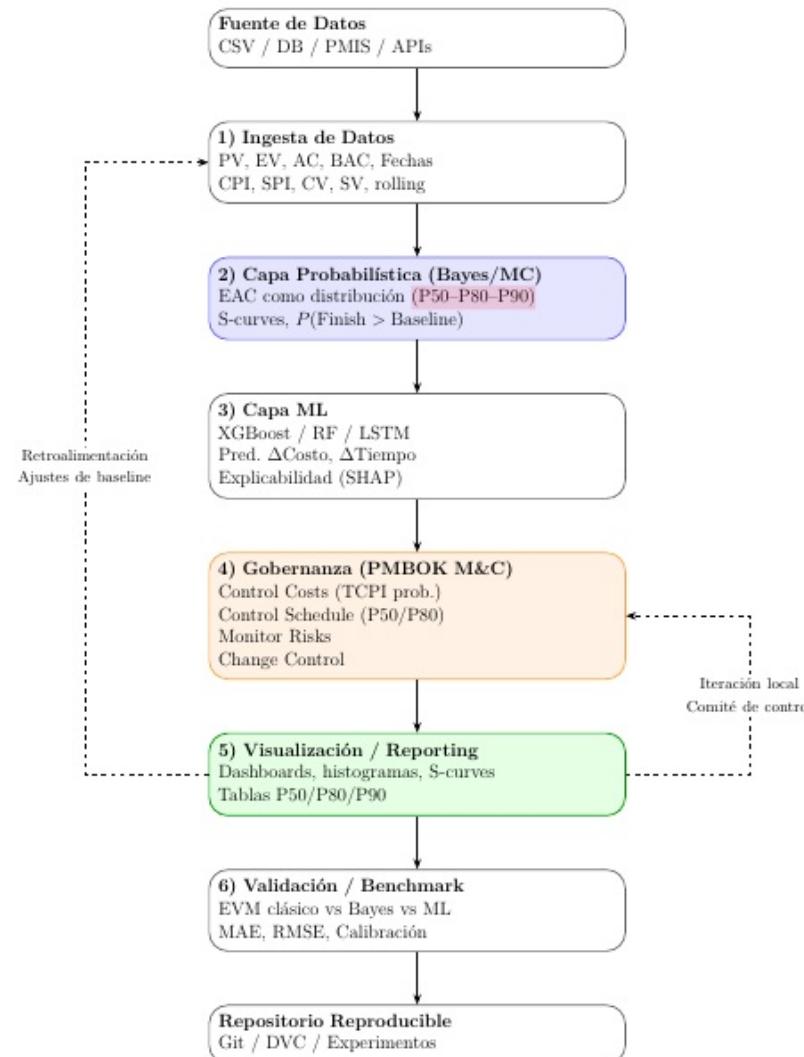


Figura 9. To-be - esquema vertical en bloques de la solución propuesta.

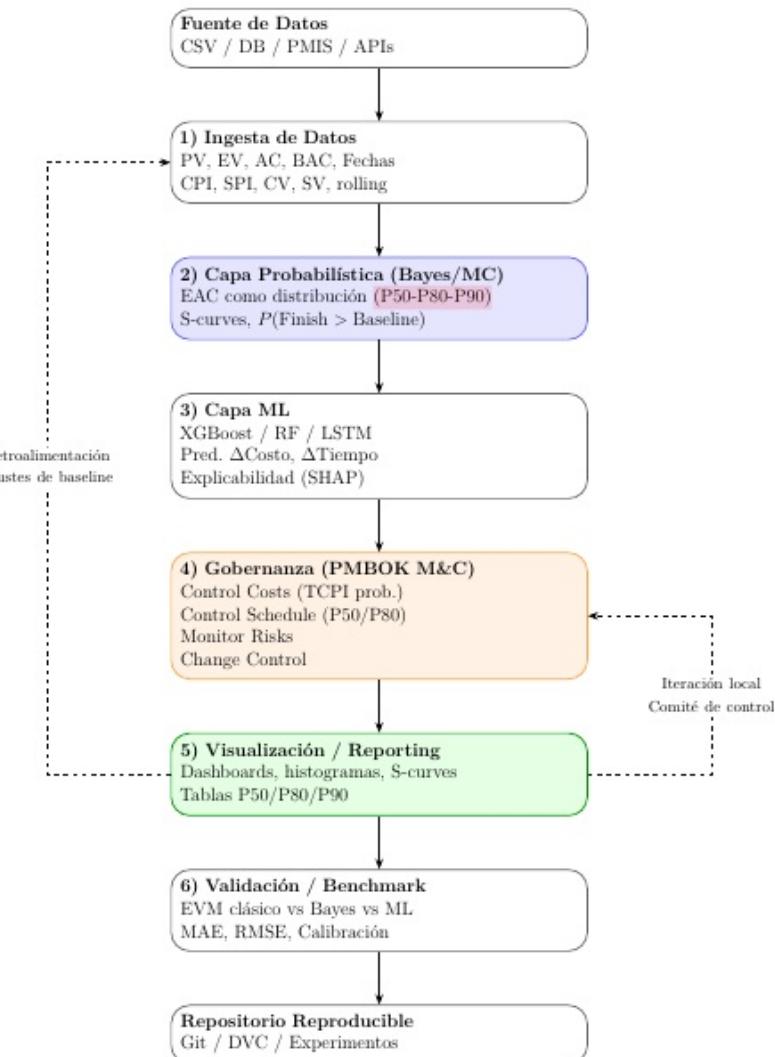


Figura 9. To-be - esquema vertical en bloques de la solución propuesta.

1.7. Glosario de siglas

Cuadro 1. Siglas utilizadas en este documento y su significado

Sigla	Concepto / significado
PMI	<i>Project Management Institute.</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge.</i>
WBS/EDT	<i>Work Breakdown Structure / Estructura de Desglose del Trabajo.</i>
AoN	<i>Activity on Node</i> (Diagrama de actividades con nodos).
PV	<i>Planned Value</i> (Valor planificado) — valor del trabajo planificado a la fecha [\\$].
EV	<i>Earned Value</i> (Valor ganado) — valor del trabajo realmente completado [\\$].
AC	<i>Actual Cost</i> (Costo real) — costo incurrido a la fecha [\\$].
BAC	<i>Budget at Completion</i> (Presupuesto al completar) [\\$].
CPI	<i>Cost Performance Index</i> — $CPI = EV/AC$ (> 1 = eficiente).
SPI	<i>Schedule Performance Index</i> — $SPI = EV/PV$ (> 1 = adelantado).
CV	<i>Cost Variance</i> — $CV = EV - AC$ [\\$].
SV	<i>Schedule Variance</i> — $SV = EV - PV$ [\\$].
EAC	<i>Estimate at Completion</i> (Estimación al completar).
ETC	<i>Estimate to Complete</i> — $ETC = EAC - AC$ [\\$].
VAC	<i>Variance at Completion</i> — $VAC = BAC - EAC$ [\\$].
TCPI	<i>To-Complete Performance Index</i> (Índice de desempeño requerido).
PERT	Duraciones a, m, b (optimista, más probable, pesimista) para Beta-PERT.
P50/P80/P90	Percentiles de costo/fecha (medidas probabilísticas).
RPN	<i>Risk Priority Number</i> — $RPN = S \times O$ (Severidad \times Ocurrencia).
ML	<i>Machine Learning.</i>

Fórmulas e interpretación

Indicadores EVM *Earn Value Management*

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (> 1 \text{ favorable, eficiencia de costo})$$

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (> 1 \text{ adelantado en cronograma})$$

$CV = EV - AC$ (\$ positivo = ahorro, negativo = sobrecosto)

$SV = EV - PV$ (\$ positivo = adelantado, negativo = atraso)

Pronósticos de costo

1.7. Glosario de siglas

En el contexto del proyecto se utilizan siglas y abreviaturas de uso común en la gestión de proyectos y en el ámbito de la inteligencia artificial. A continuación, se presenta una tabla con las siglas más relevantes y su significado:

Cuadro 1. Siglas utilizadas en este documento y su significado

Sigla	Concepto / significado
PMI	<i>Project Management Institute.</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge.</i>
WBS/EDT	<i>Work Breakdown Structure / Estructura de Desglose del Trabajo.</i>
AoN	<i>Activity on Node</i> (Diagrama de actividades con nodos).
PV	<i>Planned Value</i> (Valor planificado) — valor del trabajo planificado a la fecha [\\$].
EV	<i>Earned Value</i> (Valor ganado) — valor del trabajo realmente completado [\\$].
AC	<i>Actual Cost</i> (Costo real) — costo incurrido a la fecha [\\$].
BAC	<i>Budget at Completion</i> (Presupuesto al completar) [\\$].
CPI	<i>Cost Performance Index</i> — $CPI = EV/AC$ (> 1 = eficiente).
SPI	<i>Schedule Performance Index</i> — $SPI = EV/PV$ (> 1 = adelantado).
CV	<i>Cost Variance</i> — $CV = EV - AC$ [\\$].
SV	<i>Schedule Variance</i> — $SV = EV - PV$ [\\$].
EAC	<i>Estimate at Completion</i> (Estimación al completar).
ETC	<i>Estimate to Complete</i> — $ETC = EAC - AC$ [\\$].
VAC	<i>Variance at Completion</i> — $VAC = BAC - EAC$ [\\$].
TCPI	<i>To-Complete Performance Index</i> (Índice de desempeño requerido).
PERT	Duraciones a, m, b (optimista, más probable, pesimista) para Beta-PERT.
P50/P80/P90	Percentiles de costo/fecha (medidas probabilísticas).
RPN	<i>Risk Priority Number</i> — $RPN = S \times O$ (Severidad \times Ocurrencia).
ML	<i>Machine Learning.</i>

Fórmulas e interpretación

Indicadores EVM *Earn Value Management*

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (> 1 \text{ favorable, eficiencia de costo})$$

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (> 1 \text{ adelantado en cronograma})$$

$CV = EV - AC$ (\$ positivo = ahorro, negativo = sobrecosto)

$SV = EV - PV$ (\$ positivo = adelantado, negativo = atraso)

Pronósticos de costo

$$EAC_1 = \frac{BAC}{CPI}$$

Asume que el desempeño actual de costos continúa

$$EAC_2 = AC + (BAC - EV)$$

Asume ejecución futura al costo presupuestado

$$EAC_{CPI \cdot SPI} = AC + \frac{BAC - EV}{CPI \cdot SPI}$$

Si el atraso de cronograma impacta costos

$$ETC = EAC - AC; \quad VAC = BAC - EAC$$

Definiciones derivadas

Índice de desempeño requerido (TCPI)

$$TCPI_{BAC} = \frac{BAC - EV}{BAC - AC} \quad (\text{para cumplir con el BAC original})$$

$$TCPI_{EAC} = \frac{EAC - EV}{EAC - AC} \quad (\text{para cumplir con un nuevo objetivo EAC})$$

Lectura: $TCPI > 1$ implica **presión de costo**, será necesario mejorar la eficiencia para alcanzar la meta (BAC/EAC); $TCPI < 1$ implica **margen de costo**, es posible cumplir, aun con una eficiencia menor a la actual.

PERT (duraciones) y Monte Carlo Para una actividad con estimaciones (a, m, b):

$$\mu = \frac{a + 4m + b}{6}, \quad \sigma^2 = \frac{(b - a)^2}{36}.$$

Sumando actividades (suposición simple de independencia): $\mu_{\text{proy}} = \sum \mu_i$, $\sigma_{\text{proy}} = \sqrt{\sum \sigma_i^2}$. En la práctica, usar *Monte Carlo* para capturar dependencias y así obtener percentiles de fecha/costo ($P50, P80, P90$).

Percentiles y S-curves Reportando costo/fecha como distribución: por ejemplo, "Costo P50 = \$X, P80 = \$Y; $P(EAC > BAC) = z\%$ ". Esto reemplaza el número único por rangos accionables.

2. Identificación y análisis de los interesados

$$EAC_1 = \frac{BAC}{CPI}$$

Asume que el desempeño actual de costos continúa

$$EAC_2 = AC + (BAC - EV)$$

Asume ejecución futura al costo presupuestado

$$EAC_{CPI \cdot SPI} = AC + \frac{BAC - EV}{CPI \cdot SPI}$$

Si el atraso de cronograma impacta costos

$$ETC = EAC - AC; \quad VAC = BAC - EAC$$

Definiciones derivadas

Índice de desempeño requerido (TCPI)

$$TCPI_{BAC} = \frac{BAC - EV}{BAC - AC} \quad (\text{para cumplir con el BAC original})$$

$$TCPI_{EAC} = \frac{EAC - EV}{EAC - AC} \quad (\text{para cumplir con un nuevo objetivo EAC})$$

Lectura: $TCPI > 1$ implica **presión de costo**, será necesario mejorar la eficiencia para alcanzar la meta (BAC/EAC); $TCPI < 1$ implica **margen de costo**, es posible cumplir, aun con una eficiencia menor a la actual.

PERT (duraciones) y Monte Carlo Para una actividad con estimaciones (a, m, b):

$$\mu = \frac{a + 4m + b}{6}, \quad \sigma^2 = \frac{(b - a)^2}{36}.$$

Sumando actividades (suposición simple de independencia): $\mu_{\text{proy}} = \sum \mu_i$, $\sigma_{\text{proy}} = \sqrt{\sum \sigma_i^2}$. En la práctica, usar *Monte Carlo* para capturar dependencias y así obtener percentiles de fecha/costo ($P50, P80, P90$).

Percentiles y S-curves Reportando costo/fecha como distribución: por ejemplo, "Costo P50 = \$X, P80 = \$Y; $P(EAC > BAC) = z\%$ ". Esto reemplaza el número único por rangos accionables.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Fernando Calatayud Cataño	ITSC Digital Value	Director de Operaciones
Responsable	Lic. Osvaldo Daniel Muñoz	FIUBA	Alumno
Orientador	MBA Ing. Luis Villanueva Canales	Capgemini North Latam	Director del Trabajo Final
Equipo	TBD 1 TBD 2	—	—
Opositores	Team leaders	Cliente y contractors	—
Usuario final	Project Managers	ITSC Digital Value	—

- Orientador: el MBA Ing. Luis Villanueva Canales es un reconocido profesional en ciencias de la computación y electrónica y colaborará en refinar los requerimientos, así como dar las guías desde su experiencia para lograr los propósitos del proyecto.
- Cliente: el Ing. Fernando Calatayud Cataneo es exigente y detallista con vasta experiencia en entrega de servicios de consultoría. Conoce en profundidad los retos y desafíos de las disciplinas, con lo cual será riguroso en la definición de los requerimientos y en la calidad del producto final.
- Equipo: el equipo de trabajo se definirá a partir del dimensionamiento de las áreas de conocimiento que requiera el proyecto para su construcción. Es muy importante tener las definiciones para poder seleccionarlo.

3. Propósito del proyecto

Diseñar y validar un sistema de estimación probabilística que, a partir de evidencias observadas en el tiempo, entregue pronósticos calibrados y accionables, buscando mejorar con modelos de ML la calibración de las predicciones, indicadores y ratios.

4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye:

- Formalizar las variables y artefactos (*work breakdown structure (WBS)*, cronograma, costo, registros de riesgo/incidentes, cambios).
- Definir un modelo de probabilidad de desvío por dimensión (tiempo/alcance/costo) y su relación con riesgos/incidentes.
- Entrenar y validar modelos (Bayes/Monte Carlo/series de tiempo) con *backtesting*.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Fernando Calatayud Cataño	ITSC Digital Value	Director de Operaciones
Responsable	Lic. Osvaldo Daniel Muñoz	FIUBA	Alumno
Orientador	MBA Ing. Luis Villanueva Canales	Capgemini North Latam	Director del Trabajo Final
Equipo	TBD 1 TBD 2	—	—
Opositores	Team leaders	Cliente y contractors	—
Usuario final	Project Managers	ITSC Digital Value	—

- Orientador: el MBA Ing. Luis Villanueva Canales es un reconocido profesional en ciencias de la computación y electrónica y colaborará en refinar los requerimientos, así como dar las guías desde su experiencia para lograr los propósitos del proyecto.
- Cliente: el Ing. Fernando Calatayud Cataneo es exigente y detallista con vasta experiencia en entrega de servicios de consultoría. Conoce en profundidad los retos y desafíos de las disciplinas, con lo cual será riguroso en la definición de los requerimientos y en la calidad del producto final.
- Equipo: el equipo de trabajo se definirá a partir del dimensionamiento de las áreas de conocimiento que requiera el proyecto para su construcción. Es muy importante tener las definiciones para poder seleccionarlo.

3. Propósito del proyecto

Diseñar y validar un sistema de estimación probabilística que, a partir de evidencias observadas en el tiempo, entregue pronósticos calibrados y accionables, buscando mejorar con modelos de ML la calibración de las predicciones, indicadores y ratios.

4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye:

- Formalizar las variables y artefactos (*work breakdown structure (WBS)*, cronograma, costo, registros de riesgo/incidentes, cambios).
- Definir un modelo de probabilidad de desvío por dimensión (tiempo/alcance/costo) y su relación con riesgos/incidentes.
- Entrenar y validar modelos (Bayes/Monte Carlo/series de tiempo) con *backtesting*.

- Evaluar calibración y utilidad (curvas S con bandas, alertas tempranas, what-if).
- Entregar un tablero/notebooks reproducibles y una guía de uso para PMs.

El proyecto no incluye:

- Proyectos sin *baseline*.
- Datos no estructurados, o si no es posible normalizarlos.
- Estimación de recursos humanos a nivel individual (si hubiera faltante de datos).

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se establecen las siguientes hipótesis:

- La inclusión de variables de riesgo e incidentes mejora la predicción de desvíos en plazo y costo.
- Un modelo jerárquico bayesiano por paquete de trabajo (WBS) produce estimaciones mejor calibradas que una línea de base determinista + tendencia.
- Dado que el *boosting* cuantílico aprende relaciones no lineales e interacciones (SPI, CPI, Δ_{scope} , riesgos, incidentes) y genera bandas de predicción directamente, luego entonces, mejora la cobertura ($q_{10}/q_{50}/q_{90}$) y CRPS (*Continuous Ranked Probability Score*).
- TCN/LSTM (*Temporal Convolutional Network/Long Short-Term Memory*) reduce el *Mean Absolute Error* (MAE) cuando existen dependencias temporales fuertes.

6. Requerimientos

6.1. Funcionales (FR)

FR-01 Ingesta al modelo unificado (DER vigente) El sistema debe aceptar datos por CSV/APIs y normalizarlos al modelo unificado del SPCP, conforme al DER vigente (todas las entidades definidas), aplicando reglas de tipos, obligatorios y PK/FK del diccionario.

FR-02 Validación de dataset Validar columnas, tipos, PK/FK e impedir acumulados decrecientes (PV/EV/AC).

FR-03 Cálculo EVM Calcular CPI, SPI, CV, SV, EAC (variantes) y TCPI.

- Evaluar calibración y utilidad (curvas S con bandas, alertas tempranas, what-if).
- Entregar un tablero/notebooks reproducibles y una guía de uso para PMs.

El proyecto no incluye:

- Proyectos sin *baseline*.
- Datos no estructurados, o imposible de ser normalizados.
- Estimación de recursos humanos a nivel individual (si hubiera faltante de datos).

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se establecen las siguientes hipótesis:

- La inclusión de variables de riesgo e incidentes mejora la predicción de desvíos en plazo y costo.
- Un modelo jerárquico bayesiano por paquete de trabajo (WBS) produce estimaciones mejor calibradas que una línea de base determinista + tendencia.
- Dado que el *boosting* cuantílico aprende relaciones no lineales e interacciones (SPI, CPI, Δ_{scope} , riesgos, incidentes) y genera bandas de predicción directamente, luego entonces, mejora la cobertura ($q_{10}/q_{50}/q_{90}$) y CRPS (*Continuous Ranked Probability Score*).
- TCN/LSTM (*Temporal Convolutional Network/Long Short-Term Memory*) reduce el *Mean Absolute Error* (MAE) cuando existen dependencias temporales fuertes.

6. Requerimientos

Los requerimientos del proyecto SPCP se organizan en siete categorías que en conjunto cubren el ciclo de vida completo del sistema, desde la ingesta y procesamiento de datos hasta su despliegue y operación continua. Cada categoría refleja un conjunto de expectativas verificables:

- **Funcionales (FR):** describen las capacidades esenciales del sistema (ingesta, validación, modelos probabilísticos y de ML, visualización ejecutiva y escenarios).
- **Documentación (DOC):** aseguran la existencia de artefactos técnicos y guías de uso que garanticen reproducibilidad, transferencia de conocimiento y trazabilidad.
- **Testing (TEST):** definen las validaciones necesarias para verificar exactitud, desempeño, seguridad y aceptación de usuario.

FR-04 Monte Carlo (cronograma) Simular con PERT (a,m,b) $\geq 10,000$ corridas; entregar finish P50/P80/P90 y $P(\text{Finish} > \text{Baseline})$.

FR-05 Bayes (desempeño) Actualizar una red bayesiana por corte con observables (CPI, SPI, exposición de riesgo, cambios 7d, retrabajo, demoras proveedor) y estimar $P(\text{EAC} > \text{BAC})$ y *drivers*.

FR-06 ML baseline Entrenar un modelo ML (p.ej., XGBoost) para EAC a t+4 semanas y probabilidad de sobrecosto $> 10\%$, con importancia/SHAP.

FR-07 Fusión de señales y fiabilidad Combinar EVM + Bayes + ML mediante *ensamble* (promedio ponderado o stacking) para producir: (i) **EAC final** y (ii) **probabilidad de sobrecosto**.

FR-08 Visualización ejecutiva El sistema debe presentar un **panel de indicadores ejecutivos** (KPIs de cabecera: P50/P80/P90 de EAC, $P(\text{EAC} > \text{BAC})$, TCPI), además de **curvas S, histograma de simulaciones** y una **tabla ejecutiva** con descarga CSV/PDF.

FR-09 Escenarios Permitir “*what-if*” (cambios/riesgos) y recalcular percentiles y $P(\text{EAC} > \text{BAC})$.

FR-10 Cortes y trazabilidad Emitir **cortes semanales** del dataset con **manifiesto** y huella (hash), y guardar la **trazabilidad de cálculos** por corte para asegurar **reproducibilidad**.

FR-11 Descarga y API Permitir la descarga de resultados (CSV/PDF/PNG) y su consulta por API HTTP sencilla.

6.2. Documentación (DOC)

DOC-01 DER y diccionario Entregar diagrama de entidad-relación (DER) y diccionario de datos (definiciones, dominios, Primary Key / Foreign Key (PK/FK)).

DOC-02 Mapeo de fuentes Matriz Origen→modelo unificado por campo (PMIS/ERP/Jira/HR).

DOC-03 Manual de usuario Flujo de carga, validación, ejecución, dashboards y exportaciones con capturas.

DOC-04 Manual de operación Jobs, seeds, variables, backups, rotación de contraseñas, monitoreo.

DOC-05 Ficha del modelo y de la red bayesiana Datos, métricas, deriva de datos, límites de uso y política de re-entrenamiento; incluir en la ficha de la BN los nodos, observables y supuestos.

DOC-06 Plan de pruebas Casos de prueba para todos los requerimientos aplicables (funcionales, interfaz de usuario, integración, no funcionales, etc.), con criterios de aceptación y trazabilidad.

- **Interfaz de usuario (UI)**: establecen los criterios de diseño y usabilidad para paneles, indicadores y explicabilidad de resultados.

- **Datos (DATA)**: precisan las normas de calidad, formato, temporalidad y consistencia requeridas en los datasets.

- **Despliegue/DevOps (DEV)**: especifican prácticas de empaquetado, orquestación, respaldos y MLOps que habilitan la operación estable del sistema.

- **Regulaciones y Normas (REG)**: establecen lineamientos de cumplimiento con estándares de calidad, seguridad, privacidad de datos y mejores prácticas internacionales.

De esta manera, los requerimientos no solo contemplan la funcionalidad analítica del SPCP, sino también la documentación, validación, interfaz, gestión de datos, operación continua y el marco regulatorio necesario, asegurando una visión integral alineada con estándares de gestión de proyectos, ingeniería de software y normativas aplicables.

6.1. Funcionales (FR)

FR-01 Ingesta al modelo unificado (DER vigente): El sistema debe aceptar datos por CSV/APIs y normalizarlos al modelo unificado del SPCP, conforme al DER vigente (todas las entidades definidas), aplicando reglas de tipos, obligatorios y PK/FK del diccionario.

FR-02 Validación de dataset: El sistema debe validar columnas, tipos, PK/FK e impedir acumulados decrecientes (PV/EV/AC).

FR-03 Cálculo EVM: El sistema debe calcular CPI, SPI, CV, SV, EAC (variantes) y TCPI.

FR-04 Monte Carlo (cronograma): El sistema debe simular con PERT (a,m,b) $\geq 10,000$ corridas; entregar finish P50/P80/P90 y $P(\text{Finish} > \text{Baseline})$.

FR-05 Bayes (desempeño): El sistema debe actualizar una red bayesiana por corte con observables (CPI, SPI, exposición de riesgo, cambios 7d, retrabajo, demoras proveedor) y estimar $P(\text{EAC} > \text{BAC})$ y *drivers*.

FR-06 ML baseline: El sistema debe entrenar un modelo ML (p.ej., XGBoost) para EAC a t+4 semanas y probabilidad de sobrecosto $> 10\%$, con importancia/SHAP.

FR-07 Fusión de señales y fiabilidad: El sistema debe combinar EVM + Bayes + ML mediante *ensamble* (promedio ponderado o stacking) para producir: (i) **EAC final** y (ii) **probabilidad de sobrecosto**.

FR-08 Visualización ejecutiva: El sistema debe presentar un **panel de indicadores ejecutivos** (KPIs de cabecera: P50/P80/P90 de EAC, $P(\text{EAC} > \text{BAC})$, TCPI), además de **curvas S, histograma de simulaciones** y una **tabla ejecutiva** con descarga CSV/PDF.

6.3. Testing (TEST)

TEST-01 Pruebas unitarias de ETL Cobertura $\geq 80\%$ en los módulos de lectura y normalización de datos (parsers/normalizadores).

TEST-02 Contrato de datos Validación del esquema durante la integración continua (CI); el proceso de build debe fallar ante cambios incompatibles.

TEST-03 Validación de la red bayesiana (BN) Pruebas de posterior predictivo y análisis de sensibilidad de nodos para verificar la robustez de la BN.

TEST-04 Modelo Monte Carlo Ejecuciones reproducibles (uso de semilla y validación de tolerancias en percentiles).

TEST-05 Validación de modelos de ML Validación cruzada *k-fold* con reporte de MAE/RMSE y verificación de curva de calibración aceptable.

TEST-06 Backtesting Validación *rolling-origin* vs. cortes históricos para EAC/fechas (MAE/RMSE y calibración).

TEST-07 Integración con APIs En caso que aplique, pruebas con simulación controlada para Jira/PMIS/ERP, incluyendo casos de borde (valores nulos y duplicados).

TEST-08 Desempeño del panel El dashboard inicial debe cargar en ≤ 5 segundos (p95) como meta ideal, y ≤ 10 segundos (p95) como meta mínima aceptable, para 12 meses de datos y 5.000 actividades.

TEST-09 Seguridad Escaneo de dependencias y contraseñas, con verificación de controles básicos de acceso (RBAC).

TEST-10 Pruebas de aceptación de usuario (UAT) Ejecución de 10 escenarios de negocio validados y firmados por el cliente.

6.4. Interfaz de usuario (UI)

UI-01 Diseño web adaptable Visualización correcta en pantallas desde 1366×768 en adelante; versión móvil de solo lectura.

UI-02 Indicadores claros (KPI) Tarjetas con EAC P50/P80/P90, $P(EAC > BAC)$, TCPI con leyenda.

UI-03 Gráficos principales S-curves, histograma de simulaciones, tendencias CPI/SPI y waterfall de EAC.

UI-04 Navegación y trazabilidad Flujo de exploración: Entregable → Actividades → Riesgos/Cambios vinculados.

UI-05 Explicabilidad combinada Panel de SHAP/feature importance (ML) y sensibilidad bayesiana (efecto de observables en posteriores), acompañado de texto breve.

FR-09 Escenarios: El sistema debe permitir al usuario “what-if” (cambios/riesgos) y recalcular percentiles y $P(EAC > BAC)$.

FR-10 Cortes y trazabilidad: El sistema debe emitir cortes semanales del dataset con manifiesto y huella (hash), y guardar la trazabilidad de cálculos por corte para asegurar reproducibilidad.

FR-11 Descarga y API: El sistema debe permitir la descarga de resultados (CSV/PDF/PNG) y su consulta por API HTTP sencilla.

6.2. De documentación (DOC)

DOC-01 DER y diccionario: El ingeniero de datos debe entregar un diagrama de entidad-relación (DER) y diccionario de datos (definiciones, dominios, Primary Key / Foreign Key (PK/FK)).

DOC-02 Mapeo de fuentes: El ingeniero de datos debe documentar una matriz Origen→modelo unificado por campo (PMIS/ERP/Jira/HR).

DOC-03 Manual de usuario: El PM debe integrar en un documento el flujo de carga, validación, ejecución, dashboards y exportaciones con capturas.

DOC-04 Manual de operación: El PM debe integrar en un documento los Jobs, seeds, variables, backups, rotación de contraseñas, monitoreo.

DOC-05 — Ficha del modelo y de la red bayesiana: El PM debe integrar en un documento los datos, métricas, deriva de datos, límites de uso y política de reentrenamiento; incluir en la ficha de la BN los nodos, observables y supuestos.

DOC-06 Plan de pruebas: El PM debe integrar en un documento los casos de prueba para todos los requerimientos aplicables (funcionales, interfaz de usuario, integración, no funcionales, etc.), con criterios de aceptación y trazabilidad.

6.3. De testing (TEST)

TEST-01 Pruebas unitarias de ETL: El ingeniero de datos debe asegurar la cobertura $\geq 80\%$ en los módulos de lectura y normalización de datos (parsers/normalizadores).

TEST-02 Contrato de datos: El usuario debe validar el esquema durante la integración continua (CI); el proceso de build debe fallar ante cambios incompatibles.

TEST-03 Validación de la red bayesiana (BN): El usuario debe asegurar pruebas de posterior predictivo y análisis de sensibilidad de nodos para verificar la robustez de la BN.

TEST-04 Modelo Monte Carlo: El usuario debe asegurar ejecuciones reproducibles (uso de semilla y validación de tolerancias en percentiles).

UI-06 Exportación Exportar vistas clave en CSV, PDF y PNG con un solo clic.

6.5. Datos (DATA)

DATA-01 Modelo unificado (DER vigente) Usar únicamente las columnas definidas en el esquema oficial; no se permiten campos extra ad-hoc.

DATA-02 Formato de fechas Todas las fechas en formato YYYY-MM-DD y *status_date* semanal consistente.

DATA-03 Identificadores (IDs) Únicos, estables, sin espacios; no reciclar IDs.

DATA-04 Calidad de datos Valores faltantes deben estar explícitos (no NaN); acumulados no pueden decrecer; moneda consistente dentro de cada proyecto.

DATA-05 Temporalidad Separar *train/val/test* por tiempo (sin datos futuros); usar solo datos hasta cada fecha de corte.

6.6. De despliegue/DevOps (DEV)

DEV-01 Empaquetado Implementación en *Docker*, usando variables de entorno para rutas y credenciales.

DEV-02 Datos de ejemplo (seeds) Dataset demo reproducible para pruebas y aceptación de usuario (UAT).

DEV-03 Jobs automáticos Orquestación del corte semanal y generación de reportes/exportables.

DEV-04 Copias de respaldo (backups) Retención de snapshots y outputs durante al menos 6 meses, con verificación periódica de restauración.

DEV-05 Operaciones de ML (MLOps) Registro de modelos, versionado de artefactos (modelo, features, semillas) y política de reentrenamiento.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

La estimación de cada historia se basa en **complejidad, dificultad e incertidumbre**. Si la suma excede el máximo usual (20), se revisan las ponderaciones, especialmente la incertidumbre, ajustándolas a la realidad del SPCP donde los datos y modelos ya están definidos. De esta forma se evita **inflar** artificialmente las estimaciones y se mantiene la coherencia con la escala de Fibonacci modificada.

TEST-05 Validación de modelos de ML: El usuario debe asegurar la validación cruzada *k-fold* con reporte de MAE/RMSE y verificación de curva de calibración aceptable.

TEST-06 Backtesting: El usuario debe asegurar la validación *rolling-origin* vs. cortes históricos para EAC/fechas (MAE/RMSE y calibración).

TEST-07 Integración con APIs: En caso que aplique, el usuario debe asegurar las pruebas con simulación controlada para Jira/PMIS/ERP, incluyendo casos de borde (valores nulos y duplicados).

TEST-08 Desempeño del panel: El usuario debe probar y validar que el dashboard inicial debe cargar en ≤ 5 segundos (p95) como meta ideal, y ≤ 10 segundos (p95) como meta mínima aceptable, para 12 meses de datos y 5,000 actividades.

TEST-09 Seguridad: El soporte técnico del sistema debe comprobar el escaneo de dependencias y contraseñas, con verificación de controles básicos de acceso (RBAC).

TEST-10 Pruebas de aceptación de usuario (UAT): El usuario debe ejecutar al menos 10 escenarios de negocio validados y firmados por el cliente.

6.4. De interfaz de usuario (UI)

UI-01 Diseño web adaptable: El usuario debe validar la visualización correcta en pantallas desde 1366×768 en adelante; versión móvil de solo lectura.

UI-02 Indicadores claros (KPI): El usuario debe validar que las tarjetas con EAC P50/P80/P90, $P(EAC > BAC)$, TCPI con leyenda.

UI-03 Gráficos principales: El usuario debe validar las S-curves, el histograma de simulaciones, las tendencias CPI/SPI y la waterfall de EAC.

UI-04 Navegación y trazabilidad: El usuario debe validar el flujo de exploración: Entregable → Actividades → Riesgos/Cambios vinculados.

UI-05 Explicabilidad combinada: El usuario debe validar que el panel de **SHAP/feature importance (ML)** y sensibilidad bayesiana (efecto de observables en posteriores), estén acompañados de texto breve.

UI-06 Exportación: El usuario debe validar que la exportación de vistas clave en CSV, PDF y PNG sea con un solo clic.

6.5. De datos (DATA)

DATA-01 Modelo unificado (DER vigente): El ingeniero de datos debe asegurar que se usan únicamente las columnas definidas en el esquema oficial; no se permiten campos extra ad-hoc.

DATA-02 Formato de fechas: El ingeniero de datos debe asegurar que todas las fechas estén en formato YYYY-MM-DD y que el *status_date* semanal sea consistente.

Backlog inicial:

1. Como jefe de PMs (cliente interno) quiero comparar el desempeño de todos mis proyectos en un panel consolidado para identificar rápidamente cuáles necesitan intervención.
Story points: 20 (complejidad 6, dificultad 6, incertidumbre 5)
2. Como analista de riesgos quiero ejecutar escenarios *what-if* modificando riesgos o duraciones críticas para ver cómo cambia la probabilidad de sobrecosto.
Story points: 13 (complejidad 5, dificultad 4, incertidumbre 4)
3. Como usuario ejecutivo quiero descargar en un clic un reporte en PDF con la tabla de indicadores clave para llevarlo al comité de control.
Story points: 8 (complejidad 3, dificultad 2, incertidumbre 3)
4. Como administrador del sistema quiero tener cortes semanales versionados con *manifest + hash* para asegurar trazabilidad y reproducibilidad de resultados.
Story points: 8 (complejidad 3, dificultad 3, incertidumbre 2)
5. Como PM quiero ver un panel con P50/P80/P90 de EAC y P(EAC > BAC) para monitorear rápidamente la proyección de costos de mi proyecto.
Story points: 5 (complejidad 2, dificultad 2, incertidumbre 1)
6. Como usuario externo al sistema quiero consultar un servicio sencillo que me entregue percentiles y alertas para integrar los resultados del SPCP en otras aplicaciones.
Story points: 5 (complejidad 2, dificultad 2, incertidumbre 1)

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son (ejemplo):

- Manual de usuario.
- Diagrama de circuitos esquemáticos.
- Código fuente del firmware.
- Diagrama de instalación.
- Memoria del trabajo final.
- etc...

DATA-03 Identificadores (IDs): El ingeniero de datos debe asegurar que sean únicos, estables, sin espacios; y sin reciclar IDs.

DATA-04 Calidad de dato/a: El ingeniero de datos debe asegurar que los valores faltantes deben estar explícitos (no NaN); los acumulados no pueden decrecer; y que la moneda sea consistente dentro de cada proyecto.

DATA-05 Temporalidad: El ingeniero de datos debe asegurar que se separen *train/val/test* por tiempo (sin datos futuros); y que se utilizan solo datos hasta cada fecha de corte.

6.6. De despliegue/DevOps (DEV)

DEV-01 Empaquetado: El desarrollador debe asegurar la implementación en Docker, usando variables de entorno para rutas y credenciales.

DEV-02 Datos de ejemplo (seeds): El ingeniero de datos debe asegurar que haya un *Dataset* demo reproducible para pruebas y aceptación de usuario (UAT).

DEV-03 Jobs automáticos: El desarrollador debe asegurar la orquestación del corte semanal y generación de reportes/exportables.

DEV-04 Copias de respaldo (backups): El técnico de soporte debe asegurar la retención de snapshots y outputs durante al menos 6 meses, con verificación periódica de restauración.

DEV-05 Operaciones de ML (MLOps): el usuario debe validar el registro de modelos, versionado de artefactos (modelo, features, semillas) y política de reentrenamiento.

6.7. De capacitación (TRAIN)

TRAIN-01 Capacitación de usuarios finales: El PM debe planificar y monitorear el entrenamiento práctico para usuarios del panel ejecutivo, incluyendo navegación, interpretación de KPIs, simulaciones *what-if* y exportaciones.

TRAIN-02 Capacitación de equipo de soporte y operación: El PM debe planificar y monitorear que se entrene al equipo técnico en operación de contenedores, orquestación, backups, seguridad y monitoreo.

TRAIN-03 Capacitación operativa basada en manuales: El PM debe planificar y monitorear las sesiones prácticas utilizando el Manual de Operación (DOC-03) y el Manual de Usuario (DOC-04) como insumos.

TRAIN-04 Material de autoformación y soporte continuo: El PM debe validar que se generen los recursos de autoestudio (videos cortos, FAQs, *cheatsheets*) accesibles desde el sistema.

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 (suma h)

- 1.1. Tarea 1 (tantas h)
- 1.2. Tarea 2 (tantas h)
- 1.3. Tarea 3 (tantas h)

2. Grupo de tareas 2 (suma h)

- 2.1. Tarea 1 (tantas h)
- 2.2. Tarea 2 (tantas h)
- 2.3. Tarea 3 (tantas h)

3. Grupo de tareas 3 (suma h)

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

Cantidad total de horas: tantas.

¡Importante!: la unidad de horas es h y va separada por espacio del número. Es incorrecto escribir "23hs".

Se recomienda que no haya ninguna tarea que lleve más de 40 h. De ser así se recomienda dividirla en tareas de menor duración.

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

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.

6.8. De regulaciones y Normas (REG)

REG-01 Cumplimiento de privacidad de datos: El responsable de *compliance* debe garantizar que los *datasets* utilizados no contengan información personal identificable (PII), en línea con GDPR y normativas locales de protección de datos.

REG-02 Estándares de seguridad: El responsable de *compliance* debe garantizar que se apliquen buenas prácticas recomendadas por OWASP y NIST para asegurar integridad y confidencialidad de la información procesada.

REG-03 Normas de gestión de proyectos: El responsable de *compliance* debe asegurar la trazabilidad y documentación conforme a estándares PMI/PMBOK para auditorías o revisiones externas.

REG-04 Reproducibilidad y calidad: El responsable de *compliance* debe asegurar que se mantiene el versionado y la trazabilidad de *datasets*, modelos y reportes, en línea con principios FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*).

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

La estimación de cada historia se basa en complejidad, dificultad e incertidumbre. Si la suma excede el máximo usual (20), se revisan las ponderaciones, especialmente la incertidumbre, ajustándolas a la realidad del SPCP donde los datos y modelos ya están definidos. De esta forma se evita incrementar artificialmente las estimaciones y se mantiene la coherencia con la escala de Fibonacci modificada.

7.1. Backlog inicial:

1. Como jefe de PMs (cliente interno) quiero comparar el desempeño de todos mis proyectos en un panel consolidado para identificar rápidamente cuáles necesitan intervención.

Story points: 20 (complejidad 6, dificultad 6, incertidumbre 5)

2. Como analista de riesgos quiero ejecutar escenarios *what-if* modificando riesgos o duraciones críticas para ver cómo cambia la probabilidad de sobrecosto.

Story points: 13 (complejidad 5, dificultad 4, incertidumbre 4)

3. Como usuario ejecutivo quiero descargar en un clic un reporte en PDF con la tabla de indicadores clave para llevarlo al comité de control.

Story points: 8 (complejidad 3, dificultad 2, incertidumbre 3)

4. Como administrador del sistema quiero tener cortes semanales versionados con *manifest + hash* para asegurar trazabilidad y reproducibilidad de resultados.

Story points: 8 (complejidad 3, dificultad 3, incertidumbre 2)

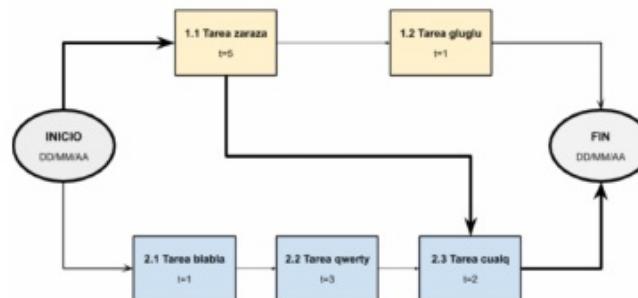


Figura 10. Diagrama de *Activity on Node*.

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 11, 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.

5. Como PM quiero ver un panel con P50/P80/P90 de EAC y P(EAC >BAC) para monitorear rápidamente la proyección de costos de mi proyecto.
Story points: 5 (complejidad 2, dificultad 2, incertidumbre 1)
6. Como usuario externo al sistema quiero consultar un servicio sencillo que me entregue percentiles y alertas para integrar los resultados del SPCP en otras aplicaciones.
Story points: 5 (complejidad 2, dificultad 2, incertidumbre 1)

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables constituyen los productos concretos generados por el proyecto SPCP, necesarios para su implementación, uso y validación académica. Incluyen tanto artefactos técnicos (código, modelos, datasets) como documentación de soporte para asegurar la reproducibilidad y transferencia del conocimiento.

- Diagrama del proceso (*pipeline*): representación gráfica de las etapas del SPCP, desde la ingestión de datos hasta la generación de reportes y alertas.
- Diseño funcional: documentación del flujo de procesos y modelos, definición de la estructura de datos (DER) y especificación de la lógica de cálculo de cada modelo probabilístico y de *machine learning*.
- Código fuente: repositorio con scripts y notebooks en Python, que implementan los modelos probabilísticos (Monte Carlo, Bayesian Networks) y de *machine learning*.
- Datasets de prueba: conjunto de datos anonimizados utilizados para validar el sistema y demostrar su aplicabilidad en diferentes escenarios de proyecto.
- Manual de usuario: guía práctica para jefes de proyecto y analistas de riesgo sobre el uso del sistema, paneles y visualizaciones.
- Manual técnico: documentación para desarrolladores que describe la arquitectura, dependencias, configuración del entorno y procedimientos de despliegue.
- Reportes ejecutivos: ejemplos de salidas en formato CSV, PDF y PNG (S-curves, histogramas de simulación, tablas ejecutivas).
- Memoria del trabajo final: documento académico completo que detalla el desarrollo, fundamentos teóricos, resultados y conclusiones del proyecto.

9. Desglose del trabajo en tareas (EDT/WBS)

El trabajo del proyecto se organiza en cinco fases principales que reflejan el ciclo de vida de desarrollo y puesta en marcha del SPCP. Cada fase agrupa paquetes de trabajo derivadas de los requerimientos definidos en la sección 6, así como los entregables asociados a cada paquete de trabajo.

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.

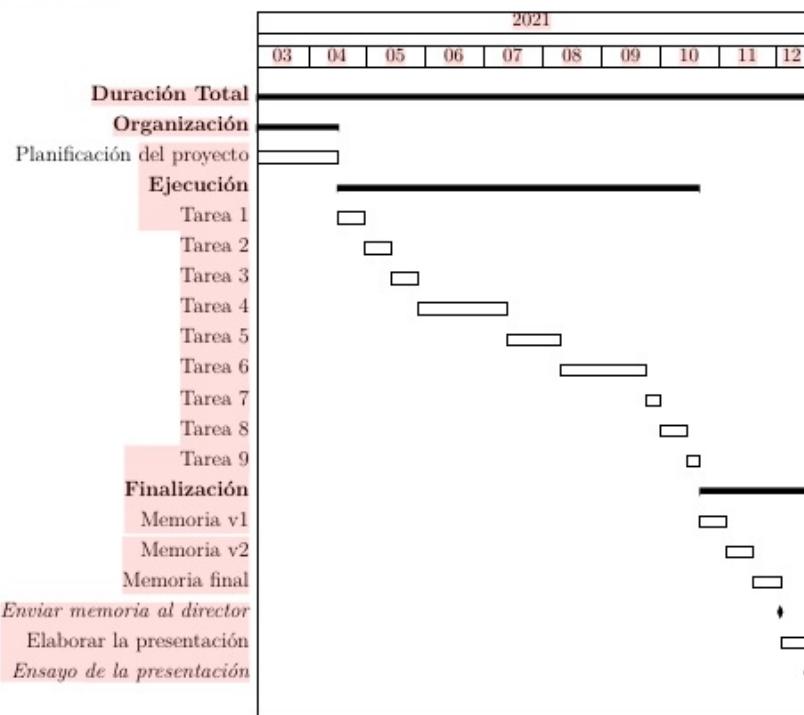


Figura 11. Diagrama de gantt de ejemplo

1. Preparación inicial (suma 54 h)

- 1.A. Planificación detallada de la fase y asignación de recursos (4 h). Entregable: plan detallado de la fase.
- 1.B. Revisión de objetivos y alcance (15 h). Entregable: acta de alcance preliminar.
- 1.C. Preparación de entorno de desarrollo y control de versiones (15 h). Entregable: repositorio inicial con estructura y configuración (Docker/Poetry).
- 1.D. Planificación de pruebas y criterios de aceptación (20 h). Entregable: plan de pruebas preliminar (DOC-06).
- 1.E. *Quality Gate* cierre de fase 1 Preparación (Hito, 0 h). Entregable: Revisión y aceptación formal de la fase. Condición necesaria para iniciar la siguiente.

2. Diseño (suma 124 h)

- 2.A. Planificación detallada de la fase y asignación de recursos (4 h). Entregable: plan detallado de la fase.
- 2.B. Modelo de datos unificado: DER, diccionario y mapeo de fuentes (40 h). Entregables: DER vigente y diccionario de datos, matriz de mapeo de fuentes (DOC-01, DOC-02, DATA-01).
- 2.C. Diseño funcional: procesos, lógica de cálculo y ensamble de modelos (40 h). Entregable: documento de diseño funcional (FR-02 a FR-07).
- 2.D. Prototipo de panel ejecutivo y definición de KPIs (40 h). Entregable: mockups del dashboard con indicadores clave (UI-01, UI-02).
- 2.E. *Quality Gate* cierre de fase 2 Diseño (Hito, 0 h). Entregable: Revisión y aceptación formal de la fase. Condición necesaria para iniciar la siguiente.

3. Construcción y pruebas (suma 274 h)

- 3.A. Planificación detallada de la fase y asignación de recursos (4 h). Entregable: plan detallado de la fase.
- 3.B. Ingesta y validación de datos (ETL, contrato de datos) (25 h). Entregables: pipeline de carga y normalización de datos con validaciones automáticas; contrato de datos en CI. (FR-01, FR-02, DATA-01 a DATA-05, TEST-02).
- 3.C. Implementación de métricas EVM (25 h). Entregable: módulo de cálculo EVM (FR-03).
- 3.D. Simulación Monte Carlo (30 h). Entregables: módulo de simulación y reporte de percentiles (FR-04, TEST-04).
- 3.E. Red bayesiana de desempeño (30 h). Entregables: red bayesiana implementada y ficha de modelo (FR-05, DOC-05).
- 3.F. Modelos de ML y calibración (40 h). Entregables: modelos entrenados, MAE/RMSE y curva de calibración (FR-06, TEST-05, TEST-06).
- 3.G. Ensamble de señales (30 h). Entregable: componente de fusión EVM+Bayes+ML (FR-07).
- 3.H. Dashboard: curvas S, histogramas, navegación y explicabilidad (35 h). Entregables: panel interactivo y módulo de explicabilidad (FR-08, UI-03, UI-04, UI-05).

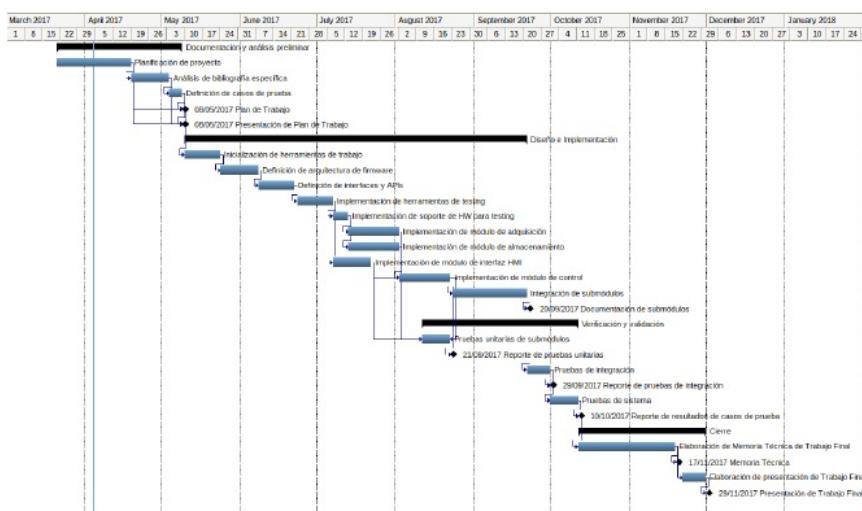


Figura 12. Ejemplo de diagrama de Gantt (apaisado).

3.I. Escenarios *what-if* (25 h). Entregable: módulo de escenarios con recálculo de percentiles y probabilidades (FR-09).

3.J. Exportaciones y API (30 h). Entregables: vistas exportables CSV/PDF/PNG y endpoints HTTP (UI-06, FR-11, TEST-07).

3.K. *Quality Gate* cierre de fase 3 Construcción y pruebas (Hito, 0 h). Entregable: Revisión y aceptación formal de la fase. Condición necesaria para iniciar la siguiente.

4. Preparación final (suma 114 h)

4.A. Planificación detallada de la fase y asignación de recursos (4 h). Entregable: plan detallado de la fase.

4.B. Documentación: manual de usuario y operación (25 h). Entregables: manual de usuario (DOC-03, TRAIN-01) y manual de operación (DOC-04, TRAIN-03).

4.C. Ficha de modelos y BN (15 h). Entregable: documento técnico de modelos y BN (DOC-05).

4.D. Dataset demo reproducible (15 h). Entregable: dataset de ejemplo para pruebas/UAT (DEV-02).

4.E. Cortes, manifiesto y trazabilidad de cálculos (15 h). Entregables: snapshots semanales con manifiesto/huella y trazabilidad (FR-10).

4.F. Capacitación y entrenamiento (15 h). Entregables: informe de capacitación con registro de asistencia y material de formación (presentaciones y guías rápidas). (TRAIN-01, TRAIN-02).

4.G. Validaciones finales: backtesting, UAT y performance del panel (25 h). Entregables: reportes de validación/aceptación (TEST-06, TEST-08, TEST-10).

4.H. *Quality Gate* cierre de fase 4 Preparación final (Hito, 0 h). Entregable: Revisión y aceptación formal de la fase. Condición necesaria para iniciar la siguiente.

5. Salida en vivo y soporte (suma 74 h)

5.A. Planificación detallada de la fase y asignación de recursos (4 h). Entregable: plan detallado de la fase.

5.B. Despliegue en contenedores y orquestación (25 h). Entregables: imágenes y jobs automáticos de corte semanal (DEV-01, DEV-03).

5.C. Copias de respaldo y restauración (15 h). Entregable: política de backups con verificación de restauración (DEV-04).

5.D. Cumplimiento normativo y seguridad (15 h). Entregables: checklist de cumplimiento y reporte de pruebas de seguridad (REG-01 a REG-04, TEST-09).

5.E. Soporte inicial y ajustes post-salida (15 h). Entregables: informe de soporte inicial y registro de incidencias (TRAIN-04).

5.F. *Quality Gate* cierre de Proyecto SPCP (Hito, 0 h). Entregable: Revisión y aceptación formal del proyecto por parte del cliente. Condición necesaria para cerrar el proyecto.

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:

Cantidad total de horas: 640 h

Nota: Al esfuerzo estimado inicial de 510 h se aplica un margen de seguridad del 25 %, considerando la complejidad técnica y los riesgos de validación y despliegue.

10. Diagrama de Activity On Node

El diagrama de *Activity on Node* (AoN) representa la secuencia lógica de las fases del proyecto, con una duración estimada total de 24 semanas. El camino crítico es lineal, ya que cada fase depende de la finalización y aprobación de la precedente mediante un *quality gate* (QG). De este modo, los QG actúan como hitos de control que aseguran el cumplimiento y aprobación formal de entregables antes de avanzar a la siguiente fase, incluyendo el QG de cierre, que constituye la instancia formal de conclusión del proyecto. Este AoN constituye una planificación de alto nivel, sobre la cual se construirá en la siguiente sección el cronograma detallado en formato de diagrama de Gantt.

Diagrama Activity on Node (AoN) del sistema SPCP

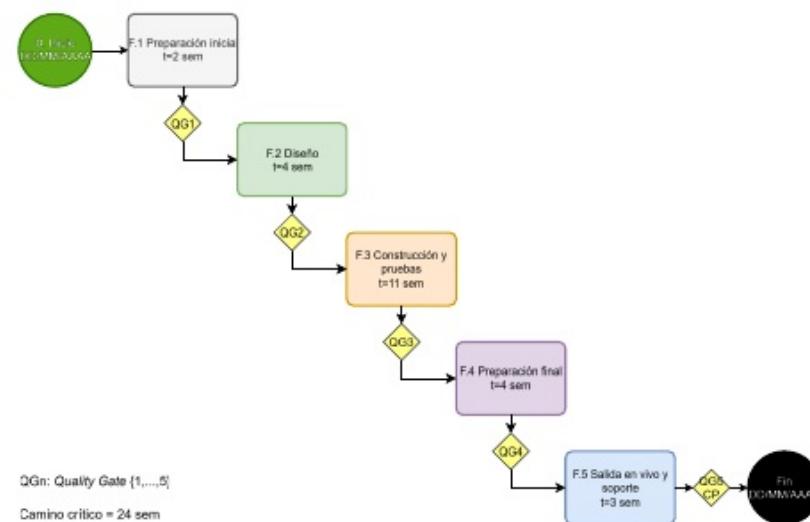


Figura 10. Diagrama *Activity on Node* (AoN) del sistema SPCP

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

Riesgo 3:

- Severidad (S): X.
Justificación...
- Ocurrencia (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).

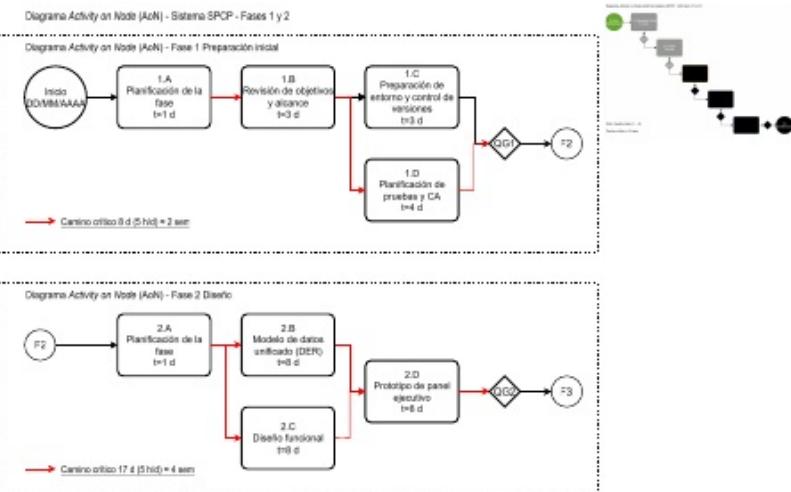


Figura 11. Diagrama *Activity on Node* (AoN) Fases 1 y 2 del sistema SPCP

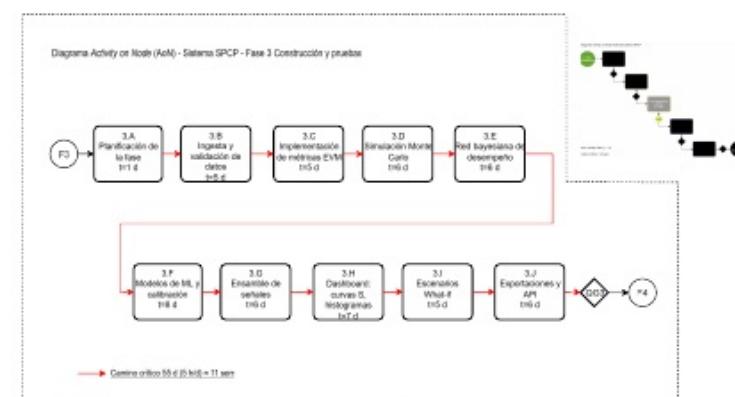


Figura 12. Diagrama *Activity on Node* (AoN) Fase 3 del sistema SPCP

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.

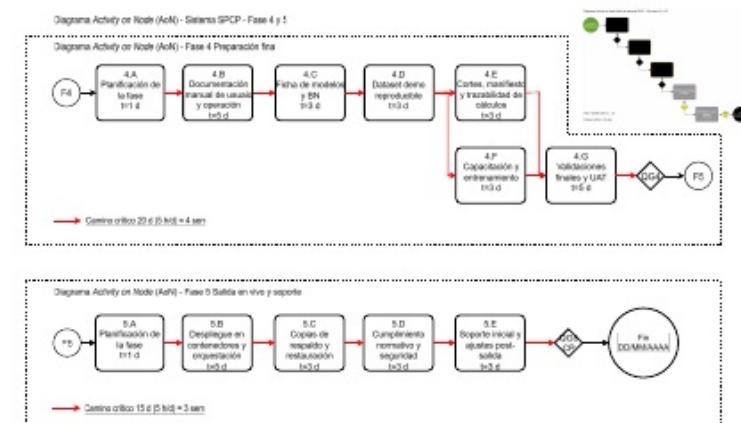


Figura 13. Diagrama *Activity on Node* (AoN) Fases 4 y 5 del sistema SPCP

11. Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt constituye la representación temporal detallada del proyecto, derivada de la red AoN previamente definida. Mientras que el AoN refleja la lógica de precedencias y el camino crítico entre fases, el Gantt permite asignar duraciones específicas, visualizar la distribución semanal de las actividades y verificar el cumplimiento de hitos. En este caso, el cronograma total previsto es de 24 semanas, con fases secuenciales y *quality gates* que actúan como puntos de control obligatorios para avanzar. De esta manera, el Gantt se convierte en la herramienta principal de seguimiento y comunicación del avance del SPCP.