AI-Augmented Project Management Model for the Implementation of Information Systems in SME Pharmacies

Pablo Roberto Aparicio-Montenegro[1]; Alexander Arizapana Leon[1]; Christian Rodriguez Chilet[1]
Andrea De la Cruz Garcia[2]; Maria Y. Garcia-Alvarez [2] ; Milciades Roberto Esparza Silva[1]

[1] Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, *paparicio@unfv.edu.pe, 2019702951@unfv.edu.pe, 2021018586@unfv.edu.pe, mesparza@unfv.edu.pe*
[2] Universidad Tecnologica de Perú, Perú, *c34058@utp.edu.pe*, c19447@utp.edu.pe

Abstract – SME pharmacies with limited resources often digitize their operations without a governance mechanism that integrates operational issues, scheduling, and risk control alongside human oversight of generative AI. This article proposes an auditable, AI-enhanced project management model for implementing an information system in an anonymized Peruvian SME pharmacy. The model adapts the PMBOK 7 framework with a seven-phase operational cycle and employs Scrum for incremental software development, uses the Critical Path Method (CPM) to create the schedule, and introduces a Large Language Model (LLM) as a semantic and documentation copilot. The research is an applied case study featuring qualitative and descriptive analysis; the evidence includes a diagnostic assessment, stakeholder map, Product Backlog, WBS, CPM network, risk register, and sprint plan. The integrated model yielded a planned schedule of 91 days compared to a 120-day baseline, documented twelve validated risks versus six general ones, and executed five two-week sprints. These figures describe planning scenarios and artifact coverage but do not demonstrate a causal effect of the AI or post-implementation performance. The contribution is a contextual, reproducible, and low-cost protocol that combines governance, agility, quantitative scheduling, LLM support, and mandatory human decision-making.

Keywords-- ***artificial intelligence; project management; Scrum; SME pharmacies; human validation.***

Modelo de Gestión de Proyectos aumentado por Inteligencia Artificial para la Implementación de Sistemas de Información en Farmacias PyME

Pablo Roberto Aparicio-Montenegro[1]; Alexander Arizapana Leon[1]; Christian Rodriguez Chilet[1]
Andrea De la Cruz Garcia[2]; Maria Y. Garcia-Alvarez [2] ; Milciades Roberto Esparza Silva[1]

[1] Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, *paparicio@unfv.edu.pe, 2019702951@unfv.edu.pe, 2021018586@unfv.edu.pe, mesparza@unfv.edu.pe*
[2] Universidad Tecnologica de Perú, Perú, *c34058@utp.edu.pe*, c19447@utp.edu.pe

Resumen– ***Las farmacias PyME con recursos limitados suelen digitalizar sus operaciones sin un mecanismo de gobernanza que integre problemas operativos, programación y control de riesgos, junto con la supervisión humana de la inteligencia artificial generativa. Este artículo propone un modelo de gestión de proyectos auditable, potenciado por IA, para implementar un sistema de información en una farmacia PyME peruana anonimizada. Dicho modelo adapta el PMBOK 7 con un ciclo operacional de siete fases y emplea Scrum para la construcción incremental del software, utiliza el Método de la Ruta Crítica (CPM) para elaborar el cronograma, e introduce el modelo de lenguaje a gran escala (LLM) como copiloto semántico y documental. La investigación es un estudio de caso aplicado, con análisis cualitativo y descriptivo, cuya evidencia incluye diagnóstico, mapa de interesados, Product Backlog, EDT, red CPM, registro de riesgos y plan de sprints. El modelo integrado generó un cronograma planificado de 91 días frente a una línea base de 120 días, documentó doce riesgos validados frente a seis generales y realizó cinco sprints de dos semanas. Estas cifras describen escenarios de planificación y cobertura de artefactos, sin demostrar un efecto causal de la IA ni el desempeño posterior a la implementación. El aporte generado es un protocolo contextual, reproducible y de bajo costo que combina gobernanza, agilidad, programación cuantitativa, apoyo de LLM y decisión humana obligatoria.***

Palabras clave-- ***inteligencia artificial; gestión de proyectos; Scrum; farmacias PyME; validación humana.***

I. Introducción

Las farmacias que conforman el grupo de las pequeñas y medianas empresas (PyMES), poseen una función económica y sanitaria importante, pero hay PyMEs que todavía siguen utilizando hojas de cálculo, documentos en papel y aplicaciones que operan de manera separada. Esta fragmentación tecnológica dificulta gestionar de forma integrada los inventarios, lotes, fechas de caducidad, compras, ventas, facturación y reporting. Las investigaciones sobre la transformación digital en las PyMEs abordan que la buena inclusión de las tecnologías no depende solo de la adquisición de un software, sino también de capacidades organizacionales, conocimientos, liderazgo, cumplimiento de la normativa y no solo la compra de un software [1],[2]. En la industria farmacéutica, la integración de la información y la trazabilidad son, por otra parte, factores de especial relevancia para propiciar la continuidad operativa y mejorar el funcionamiento de la cadena logística de abastecimiento [3],[4].

Estas limitaciones no son exclusivas de una determinada empresa, ya que las farmacias vinculadas con la categoría PyME se insertan en el conjunto de micro pequeña y mediana Empresa (MIPyME) vinculadas con sectores de la salud y el comercio en América Latina. Un protocolo de digitalización replicable, accesible y de bajo costo podría favorecer la formalización, competitividad e innovación de las MIPyME.

El desarrollo de un sistema de información en PyMEs presenta restricciones como: la dificultad en el acceso a la información; la poca participación de los usuarios, la concurrencia de funciones; las exigencias del día a día; la falta de recursos económicos y el bajo nivel de madurez de las prácticas formales de gestión. Los procesos de gestión de proyectos influyen en el éxito de los sistemas de información al alinear el alcance, los interesados, el cronograma, los riesgos y el control de cambios [5]. La estimación de esfuerzo, a su vez, sigue siendo incierta; los modelos analíticos y de aprendizaje automático pueden aportar contraste, pero requieren datos pertinentes, explicabilidad y validación experta [6],[7].

La inteligencia artificial (IA) generativa amplía la capacidad de ordenar información no estructurada, proponer historias de usuario, revisar dependencias, contrastar estimaciones y generar candidatos de riesgo [8]–[9]. Una salida de un LLM puede, sin embargo, contener omisiones, ambigüedades o afirmaciones no sustentadas. Por lo tanto, el problema no es automatizar la gestión de proyecto sino integrar la IA en un proceso auditado donde una persona responsable acepte, cambie o rechace cada propuesta antes de incluirla en un artefacto de gestión.

Scrum ofrece ciclos cortos de construcción, inspección y adaptación pero no elimina la necesidad de gobernanza, de alineamiento con los interesados ni de programación macro. Los estudios realizados en proyectos ágiles indican que el

Director de proyecto continúa teniendo funciones de coordinación y relación organizacional [10], que Scrum se adapta al contexto de la mayoría de las veces [11], y que la madurez del equipo, el cumplimiento de roles y la participación del usuario son determinantes [12],[13]. Los sistemas de apoyo basados en IA pueden ayudar a la toma de decisiones de riesgo y asignación de recursos, siempre y cuando se validen las métricas en escenarios reales [14].

La revisión identificó evidencia limitada sobre modelos que explícitamente integren el PMBOK (Project Management Body of Knowledge, o Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos), publicado por el Project Management Institute (PMI), Scrum, el CPM, LLM y la validación humana en proyectos de sistemas de información para farmacias PyME latinoamericanas. Por ello, se busca diseñar y evaluar preliminarmente un modelo metodológico para transformar problemas operativos en requisitos priorizados, entregables, sprints, dependencias, riesgos y criterios de aceptación. El enfoque de la investigación consiste en diseñar un modelo híbrido, que sea auditable y de bajo costo, integrando gobernanza de proyectos, desarrollo Scrum, programación CPM y el apoyo de IA generativa, todo ello manteniendo la toma de decisiones profesionales bajo la responsabilidad directa del equipo y sin externalizarla.

II. Estado del arte

A. Transformación digital y sistemas de información en PyMEs farmacéuticas

Las revisiones recientes coinciden en que la transformación digital de las PyMEs requiere integrar la estrategia, los procesos, el aprendizaje, el conocimiento y los recursos [1], [15]. En economías emergentes, la diversidad de capacidades y la influencia del marco regulatorio obligan a crear rutas de adopción graduales [2], [15]. Como resultado, un proyecto de digitalización debe conectar el diagnóstico con entregables verificables, responsables y criterios de aceptación.

En la industria farmacéutica, la transformación digital se relaciona con la trazabilidad, la calidad de los datos, el intercambio de información y el desempeño sostenible [3],[5]. Los sistemas de información de farmacia pueden mejorar el flujo de trabajo y la disponibilidad de datos, pero su efecto depende de la calidad de la implementación y del uso efectivo por parte del personal. En una farmacia PyME, estos beneficios requieren controles de lotes y vencimientos, migración confiable, seguridad basada en roles, capacitación y continuidad operacional.

B. Gestión de proyectos, estimación y programación CPM

PMBOK 7 organiza la disciplina en principios y dominios de desempeño, pero no prescribe un único ciclo de vida. Esta flexibilidad permite ajustar la gobernanza a una secuencia operativa de siete fases. En proyectos de sistemas de información, los procesos de gestión ayudan a organizar el alcance, el cronograma, los interesados, los riesgos y los cambios [5].

La estimación de software puede apoyarse en analogías, embeddings, aprendizaje automático y en el análisis de la relevancia de las variables [6]–[7]. Sin embargo, encontrar conjuntos históricos de calidad es complicado en una farmacia pequeña. En este caso, la IA no se usa como predictor independiente; revisa supuestos y detecta omisiones, mientras que el equipo decide la duración final. El CPM se fundamenta en una base matemática robusta, propia de la cual se continúan desarrollando enfoques mediante la inclusión de la incertidumbre en los tiempos de actividad que permiten representar dependencias, calcular holguras y conseguir la secuencia crítica del proyecto [16].

C. Scrum y gobernanza híbrida

Scrum define responsabilidades, artefactos y eventos para entregar incrementos a través de ciclos de inspección y adaptación [17]. La práctica muestra que el marco se ajusta según las restricciones de la organización [11]. Además, la madurez del equipo, el dominio de los componentes de Scrum y los factores humanos afectan los resultados [12],[13]. La participación del *Product Owner* y de los usuarios en las *Sprint Reviews* es especialmente importante cuando se descubren requisitos a través de la interacción con prototipos.

En el modelo propuesto, Scrum dirige la construcción incremental durante la fase de desarrollo y validación. PMBOK guía la gobernanza transversal y CPM maneja las dependencias macro entre los entregables. Esta separación evita que el Product Backlog se convierta en un cronograma rígido y, al mismo tiempo, proporciona a la dirección una secuencia temporal que se puede verificar.

D. IA generativa y gestión aumentada

La investigación reciente muestra que la IA puede ayudar en la planificación, la documentación, la gestión del conocimiento, el análisis de alternativas y la identificación de riesgos [8],[9].

TABLA I.
Síntesis de Enfoques Relacionados

Línea de investigación	Hallazgo útil	Limitación frente al caso
Transformación digital PyME [1]–[2]	Capacidades, conocimiento y regulación condicionan la adopción.	No define artefactos de gestión para una farmacia.
Digitalización farmacéutica [3]–[4]	La trazabilidad y la calidad de la información sostienen la operación.	Predomina el enfoque sectorial u operativo.
Gestión y estimación de SI [5]–[7]	Los procesos formales y el contraste de estimaciones reducen la incertidumbre.	No integra Scrum, CPM y LLM en un único protocolo.
IA en dirección de proyectos [8]–[9]	Apoya el análisis, la documentación, las alternativas y los riesgos.	Persisten problemas de confianza, privacidad y validación.
Scrum y agilidad	Roles, eventos, madurez y	La gobernanza

[10]–[14]	participación del usuario son críticos.	macro suele abordarse por separado.
Modelo propuesto	Integra PMBOK, Scrum, CPM, LLM y compuertas humanas.	Evidencia preliminar de un caso único.

Las comparaciones entre la planificación humana y la planificación generativa sugieren que los sistemas pueden ampliar las opciones, pero también pueden generar respuestas genéricas o inconsistentes [13]. Los estudios sobre adopción enfatizan la privacidad, la confianza, los valores de la organización y la supervisión humana [8], [9],[15]. Por lo tanto, la contribución se presenta como una gestión mejorada, no automatizada. El LLM genera candidatos y revisa la consistencia. El director del proyecto y los especialistas mantienen la responsabilidad sobre el alcance, las prioridades, las duraciones, la estructura, los riesgos y la aceptación. La trazabilidad de los mensajes, las salidas y las decisiones convierte el uso de la IA en un proceso que se puede revisar. La Tabla I resume los hallazgos y las limitaciones de estas líneas de investigación en relación con el caso estudiado.

III. Metodología

A. Diseño, unidad de análisis y alcance

El estudio es un caso práctico que utiliza análisis cualitativo y estadísticas descriptiva. Se analiza el proceso de gestión del proyecto para implementar un sistema de información en una farmacia PyME peruana que se mantiene en el anonimato. No se diseña un experimento controlado y no se asignan efectos causales a la IA. La evaluación se enfoca en la construcción, consistencia, cobertura y trazabilidad de los artefactos de planificación y desarrollo.

El caso trata sobre una farmacia que maneja alrededor de 850 productos y atiende a cerca de 120 clientes al día, según los registros del proyecto. El alcance funcional incluye autenticación, usuarios, roles y permisos, productos, categorías, lotes y vencimientos, inventario, proveedores y compras, clientes, ventas y comprobantes, un tablero de indicadores, alertas, reportes y auditoría básica. Se excluyen la predicción avanzada de la demanda y las integraciones productivas con plataformas externas, que se dejarán para trabajos futuros.

B. Fuentes, técnicas y criterios éticos

TABLA II.
Fuentes, Técnicas y evidencias del Caso

Fuente	Técnica	Evidencia
Dirección / *Product Owner*	Entrevista y priorización	Objetivos, restricciones y criterios de éxito.
Caja e inventario	Observación y levantamiento	Problemas, reglas y necesidades del usuario.
Registros existentes	Análisis documental	Campos, duplicidades y reglas de migración.
Equipo Scrum	Taller técnico	Arquitectura, EDT, estimaciones y pruebas.
LLM	Prompts por fase	Candidatos sometidos a revisión humana.
Director del proyecto	Validación y bitácora	Decisiones y artefactos aprobados.

Las fuentes fueron entrevistas semiestructuradas con la dirección y usuarios clave, observación de operaciones, revisión de hojas de cálculo y registros manuales. También se realizaron talleres con el equipo técnico, revisión de prototipos y análisis de los resultados del LLM generados con prompts controlados del modelo GPT-4o. El modelo se utilizó durante los meses de marzo a junio del 2026, tal como se documenta en el protocolo de uso (Tabla IV). Para asegurar la privacidad de la información, los datos sensibles fueron resumidos o anonimizados. Además, se evitó incluir en la herramienta de inteligencia artificial credenciales de acceso, datos personales, datos fiscales o datos concretos sobre precios internos. En la Tabla II, se presenta, a su vez, un resumen de las distintas fuentes de las cuales se extrajo la información, técnicas ejecutadas y evidencias recogidas para cada uno de los actores intervinientes en el caso de estudio.

C. Modelo operativo de siete fases

El modelo aplica los principios y áreas de desempeño del PMBOK 7 a un ciclo operacional de siete fases específico. Este modelo utiliza el marco de trabajo de Scrum para el desarrollo iterativo con las hojas de ruta CPM para las dependencias críticas y un LLM que ayuda al análisis y la documentación; cada fase incorpora una validación humana tal y como se puede ver en la figura 1.

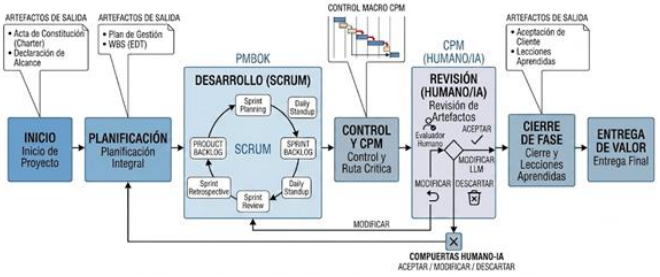


Fig. 1. Arquitectura del modelo híbrido PMBOK–Scrum–CPM–LLM con validación humana transversal

TABLA III.
Fases, Artefactos y participación de SCRUM e IA

Fase	Artefacto principal	Uso de Scrum / IA
1. Diagnóstico y alcance	Diagnóstico, alcance y mapa de interesados	LLM agrupa causas; el director valida alcance.
2. Requisitos y priorización	*Product Backlog* y criterios de aceptación	IA propone historias; el *Product Owner* prioriza.
3. EDT y estimación	Paquetes de trabajo y rangos	Equipo estima; IA contrasta supuestos.
4. Programación CPM	Red, holguras y ruta crítica	IA revisa dependencias; El director aprueba.
5. Gestión de riesgos	Registro, prioridad y respuestas	IA genera candidatos; el equipo depura y asigna
6. Desarrollo y validación	Incrementos, pruebas y evidencias	Cinco sprints, reviews y retrospectivas.
7. Implementación	Piloto, capacitación,	Validación operativa y

y cierre	acta y lecciones	cierre documental.

D. Aplicación de Scrum

El Product Owner ordena el Product Backlog en función del valor, el riesgo y las dependencias del proyecto. El Scrum Master ayuda a coordinar a su vez con el director del proyecto. El equipo de desarrollo crea y verifica los incrementos; el trabajo de los miembros del equipo de desarrollo se organiza en sprints de 2 semanas junto con los eventos de Scrum [18]. La *Definition of Done* incluye integración, pruebas, documentación del software actualizada y cumplimiento de los criterios de aceptación establecidos. Los cambios durante el desarrollo se reflejan en el Product Backlog y, a partir de entonces, impactan en un único sprint únicamente en caso de un alto riesgo operativo crítico [19].

E. Protocolo human-in-the-loop

El uso del LLM durante cada fase se estructuró a través de un protocolo que incorporó el registro del propósito, la entrada de datos, el prompt, la respuesta, la revisión, la decisión, la persona responsable, y el artefacto [20]. No obstante, en esta aplicación no se cuantificaron de forma sistemática las decisiones sobre aceptar, modificar o descartar las respuestas del LLM. El LLM no tenía acceso a la base de datos productiva ni podía aprobar requisitos, planes de trabajo o riesgos. La Tabla IV presenta los controles que fueron definidos para garantizar la validación por parte de humanos y la trazabilidad del protocolo [21].

TABLA IV.
PROTOCOLO DE VALIDACIÓN HUMANA

Etapa	Control	Criterio
Entrada	Anonimización y contexto mínimo	Sin datos personales, ni información tributaria.
Generación	Prompt, versión y propósito registrados	Salida relacionada con el alcance definido.
Revisión	Contraste con usuarios, equipo y documentos	Sin contradicciones ni requisitos inventados.
Decisión	Aceptar, modificar o descartar	Responsable y motivos documentados.
Trazabilidad	Vínculo a requisito, actividad o riesgo	Identificador y evidencia verificables.

La Fig. 2 presenta el flujo de interacción del LLM y su integración en el artefacto final de gestión

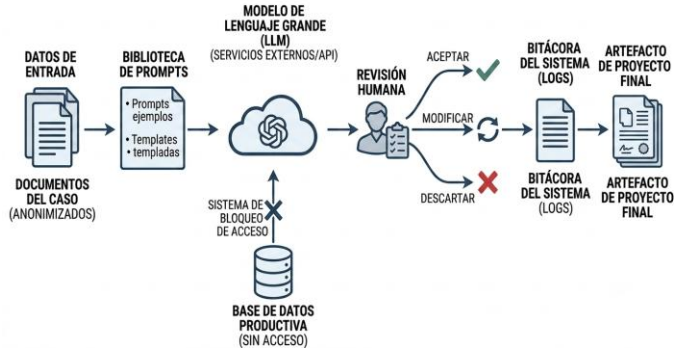


Fig. 2. Arquitectura de uso del LLM y trazabilidad de decisiones

F. Procedimiento de análisis

El análisis cualitativo clasificó problemas, requisitos y riesgos en categorías funcionales. La estadística descriptiva resumió la duración del proyecto, el numero de actividades críticas, los riesgos, los sprints y los indicadores de cobertura. La consistencia se comprobó mediante trazabilidad entre problemas, requisitos, actividades, pruebas y entregables. La duración del proyecto se estimó por CPM determinando las actividades críticas (H=0), mientras que el director del proyecto validó los resultados y el LLM se limitó a identificar dependencias no utilizadas y explicar posibles inconsistencias.

La estimación inicial de 120 días fue definida por el director del proyecto y el equipo técnico a partir de un juicio experto, teniendo presente la descripción del alcance y las actividades, los recursos, las dependencias y los tiempos necesarios. Esa línea base utilizada y propuesta fue comparada el plan de la CPM pero no fue una duración ejecutada ni como un grupo de control experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Diagnóstico, FODA e interesados

El diagnóstico definió las causas en procesos, datos, personas, tecnología, gestión y regulación, tal como se utilizan para integrar las dimensiones de la transformación digital [22]. Entre los principales problemas identificados se encontraron control de inventarios, trazabilidad, acceso a la información y definición de requisitos como algunos de los elementos que más dificultades presentaron. El análisis FODA mostró fortalezas a nivel de la organización, debilidades en la gestión de datos, oportunidades por digitalizarse y amenazas en relación a la seguridad y a los cambios organizativos. Además, la priorización de los stakeholders se llevó a cabo a través de la matriz de poder e interés, de acuerdo con la literatura sobre gestión de stakeholders [23] y situando a la dirección, al Product Owner y al Director de proyecto como los actores clave

[24]. Las Figuras 3 y 4 muestran el resultado de poder e interés y el análisis FODA respectivamente.



Fig. 3. Matriz FODA del proyecto de sistema de información para la farmacia PyME



Fig. 4. Matriz Poder–Interés y estrategia de involucramiento

B. Requisitos, EDT y mapa de actividades

El diagnóstico se convirtió en historias de usuario y criterios medibles. La priorización MoSCoW identificó como obligatorios la autenticación, el control por roles, los productos y lotes, el inventario, las ventas, la facturación y los reportes básicos. El dashboard, las alertas avanzadas y la auditoría detallada se añadieron según la dependencia y la capacidad del sprint. La Tabla V muestra el mapa de actividades, entregables, responsables y el periodo por fase del modelo.

TABLA V.
TRAZABILIDAD PROBLEMA–REQUISITO–PRUEBA

Problema	Historia / requisito	Criterio de aceptación	Sprint	Riesgo
P1. Stock no confiable	HU-07 Registrar movimientos por lote	Venta descuenta stock y conserva lote	Sprint 2/4	R5, R6
P2. Vencimientos sin alerta	HU-09 Consultar próximos vencimientos	Lista por umbral y fecha	Sprint 2	R5
P3. Facturación lenta	HU-16 Emitir comprobante	Subtotal, total y correlativo correctos	Sprint 4	R7
P4. Accesos sin control	HU-02 Administrar roles	Permisos bloquean acciones no autorizadas	Sprint 1	R8
P5. Ausencia de indicadores	HU-20 Visualizar dashboard	Métricas coinciden con transacciones	Sprint 5	R7

La Tabla VI muestra la trazabilidad entre cada problema diagnosticado, su historia de usuario asociada, el criterio de aceptación, el sprint de entrega y los riesgos asociados. La Fig. 5 complementa esta trazabilidad con la estructura de desglose del trabajo (EDT) resultante.

TABLA VI.
MAPA DE ACTIVIDADES DEL MODELO

Fase	Actividad principal	Entregable	Responsable	Periodo
Diagnóstico y alcance	Levantar procesos, restricciones y actores	Documento diagnóstico y alcance	Director + usuarios	Sem. 1–2
Requisitos y priorización	Historias, MoSCoW y criterios	Product Backlog priorizado	PO + usuarios clave	Sem. 3–4
EDT y estimación	Paquetes, recursos y duración	EDT y estimaciones validadas	Director + equipo	Sem. 5–6
Programación CPM	Dependencias, holguras y ruta crítica	Red y cronograma macro	Director	Sem. 7
Gestión de riesgos	Identificar, valorar y responder	Registro de riesgos	Equipo + interesados	Sem. 8
Desarrollo y validación	Construir, probar y revisar incrementos	Cinco incrementos	Equipo Scrum	Sem. 9–18
Implementación y cierre	Migrar, capacitar, pilotear y cerrar	Piloto, acta y lecciones	Dirección + equipo	Sem. 19–20

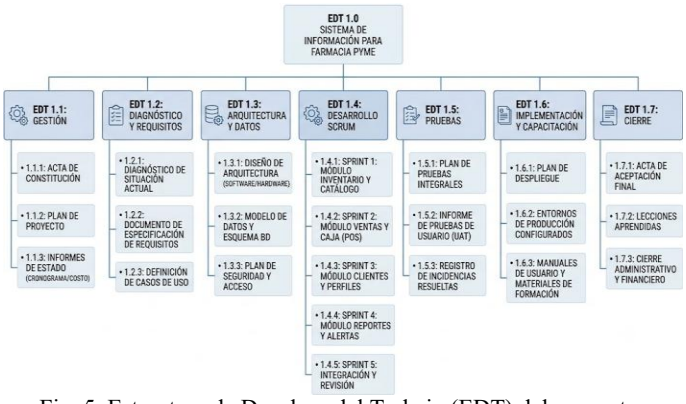


Fig. 5. Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) del proyecto

C. Programación CPM y ruta crítica

La red macro integra un total de nueve actividades. La ruta crítica fue A–B–C–E–F–G–H–I, con una duración de 91 días calendario. El proceso de la actividad D (programación detallada por medio del CPM) puede realizarse en paralelo con el de diseño y arquitectura (E), siempre que ambas finalicen antes de llevar a cabo el proceso de desarrollo integrado (F). Este número solo representa la duración planificada y no el tiempo real llevado a cabo. En comparación con la línea base inicial, que era de 120 días, se obtuvo una diferencia de 29 días (aproximadamente el 24 % de reducción), derivada de una mejor definición de las actividades en paralelo, las dependencias y los criterios de cierre del escenario integrado que las de la línea base. Sin embargo, esta diferencia no es evidencia empírica de mejora del desempeño ni tampoco se puede atribuirla exclusivamente a la utilización de IA. La Fig. 6 enseña la red CPM completa resaltando la ruta crítica, en tanto que la Tabla VII muestra el cálculo de los inicios y finales tempranos y tardíos, así como la holgura de cada una de las actividades.

.

TABLA VII.
CÁLCULO CPM VALIDADO

Cód.	Actividad	Dias	Pred.	ES	EF	LS	LF	H	Crítica
A	Inicio y alcance	5	–	0	5	0	5	0	Sí
B	Requisitos y priorización	10	A	5	15	5	15	0	Sí
C	EDT y estimación	10	B	15	25	15	25	0	Sí
D	Programación CPM	5	C	25	30	40	45	15	No
E	Diseño y arquitectura	20	C	25	45	25	45	0	Sí
F	Desarrollo de módulos	25	D, E	45	70	45	70	0	Sí
G	Pruebas y validación	10	F	70	80	70	80	0	Sí
H	Implementación piloto	8	G	80	88	80	88	0	Sí
I	Cierre	3	H	88	91	88	91	0	Sí

La actividad D tiene una holgura de 15 días, porque aunque depende de C y precede a F, F no empieza hasta que D y E se han terminado. Puesto que la duración de la actividad E es mayor que la de la actividad D, esta va a determinar la fecha de inicio de la actividad F, pudiendo D retrasarse hasta 15 días sin afectar la duración total del proyecto. Por esta razón, D no forma parte de la ruta crítica.

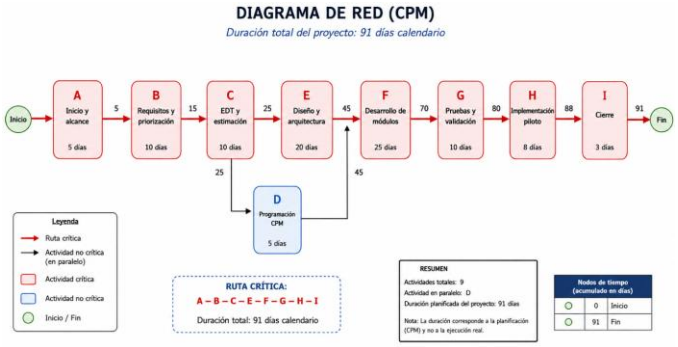


Fig. 6. Diagrama de Red - CPM y ruta crítica

D. Riesgos y respuestas

La línea base contenía seis riesgos generales. La combinación de entrevistas, checklist, revisión de la arquitectura y de candidatos generados por el LLM identificó doce riesgos, que fueron depurados y validados por responsables. El aumento de la cobertura no demuestra la superioridad causal de la IA; evidencia que el protocolo estimuló una revisión más exhaustiva y mejor documentada. La Tabla VIII presenta los riesgos de nivel: alto, medio y bajo priorizados, con sus respectivas respuestas y responsables asignados.

TABLA VIII.
RIESGOS PRIORITARIOS Y RESPUESTAS

Código	Riesgo	Nivel	Respuesta	Responsable
R1	Requisitos incompletos o ambiguos	Alto	Reviews, criterios y control de cambios.	Usuarios + director
R2	Estimaciones inconsistentes	Medio	Rangos, juicio experto y CPM.	Director
R3	Dependencias técnicas omitidas	Alto	Revisión cruzada de la red y de la arquitectura.	Arquitecto + director
R4	Salida incorrecta del LLM	Medio	Validación obligatoria y bitácora.	Director
R5	Datos maestros duplicados	Medio	Depuración, reglas y carga piloto.	PO + datos

R6	Migración incompleta	Alto	Respaldo, conciliación y reversión.	Equipo técnico
R7	Fallo de integración	Alto	Integración continua y pruebas tempranas.	Developers + QA
R8	Brecha de seguridad o permisos	Alto	RBAC, auditoría y pruebas.	Arquitecto + QA
R9	Crecimiento del alcance	Medio	MoSCoW, Product Owner y control de cambios.	PO + director
R10	Resistencia al cambio	Medio	Capacitación y demostraciones.	Dirección
R11	Baja disponibilidad de usuarios	Bajo	Calendario fijo de *Sprint Reviews.*	PO
R12	Dependencia tecnológica	Bajo	Documentación, exportación y respaldo.	Arquitecto

La Fig. 7 sintetiza estos riesgos en un mapa de calor según su probabilidad e impacto.

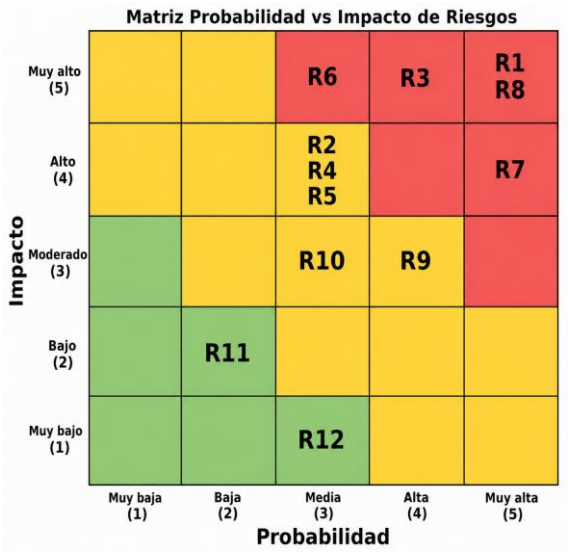


Fig. 7. Mapa de calor de riesgos validados

E. Desarrollo Scrum, arquitectura y evidencias

Los cinco sprints generan incrementos funcionales y demostrables. La secuencia prioriza la seguridad y los datos maestros antes que los flujos de inventario, abastecimiento, ventas y analítica. Cada *Sprint Review* conserva evidencias del cumplimiento y de las decisiones tomadas respecto del *Product Backlog*. La Tabla IX detalla el objetivo y el incremento verificable de cada uno de los cinco sprints.

TABLA IX.
PLAN DE SPRINTS E INCREMENTOS

Sprint	Objetivo	Incremento verificable
1	Base del producto y seguridad	Login, usuarios, roles y catálogo maestro.
2	Control farmacéutico	Inventario, lotes, vencimientos y alertas.
3	Abastecimiento	Proveedores, compras y actualización de stock.
4	Operación comercial	Clientes, ventas y facturación.
5	Información gerencial	Dashboard, reportes, auditoría y estabilización.

La arquitectura lógica propuesta separa la presentación web, los servicios de aplicación, el dominio, la persistencia y la base de datos relacional. Los controles incluyen autenticación, autorización basada en roles, auditoría, validación de entradas, copias de seguridad y monitoreo. El componente LLM forma parte del proceso de gestión del proyecto y no se conecta directamente con la base productiva del sistema. La Fig. 8 muestra la arquitectura lógica propuesta para el sistema web resultante.

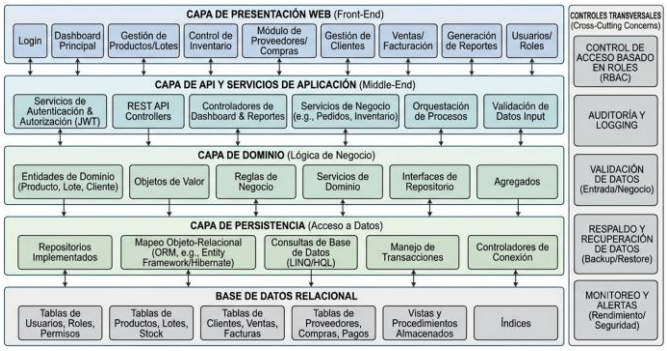


Fig. 8. Arquitectura lógica propuesta para el sistema web

F. Capturas y validación funcional del software

Las capturas finales deben demostrar criterios de aceptación y no ser solo evidencia estética. Se presentan capturas individuales con datos anonimizados, resolución mínima de impresión y una identidad visual consistente. La Tabla X define, para cada pantalla, el criterio de aceptación y la evidencia visual esperada; las Fig. 9 al 13 muestran las capturas correspondientes en el mismo orden que en la tabla.

TABLA X.
MATRIZ DE EVIDENCIAS PARA CAPTURAS DEL SISTEMA

Pantalla	Criterio de aceptación	Evidencia que debe verse
Login	Autentifica las credenciales válidas y rechaza las inválidas.	Mensaje de error y acceso autorizado por rol.
Dashboard	Resume ventas, stock, alertas y vencimientos.	Indicadores con fecha y filtros.
Productos, lotes e inventario	Registra lote, vencimiento y existencias.	Listado, formulario y alerta.
Proveedores y compras	Actualiza el stock a partir de su recepción.	Compra registrada y movimiento asociado.
Ventas y facturación	Calcula importes y descuenta existencias.	Comprobante y trazabilidad de transacción.
Reportes	Consulta movimientos, existencias y vencimientos.	Filtro y exportación o vista imprimible.

Usuarios y roles	Restringe acciones según permisos.	Rol asignado y opción bloqueada.



Fig. 9. Prototipo - Inicio del sistema.



Fig. 10. Prototipo - Dashboard del sistema

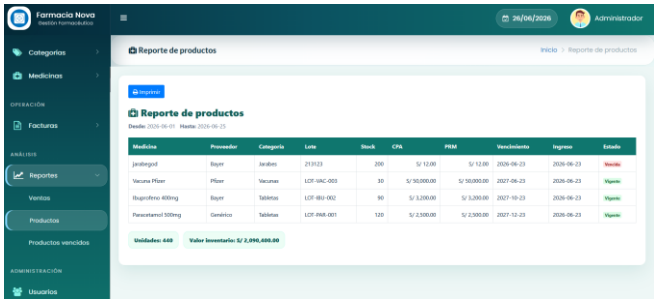


Fig. 11. Prototipo - Reporte de productos.

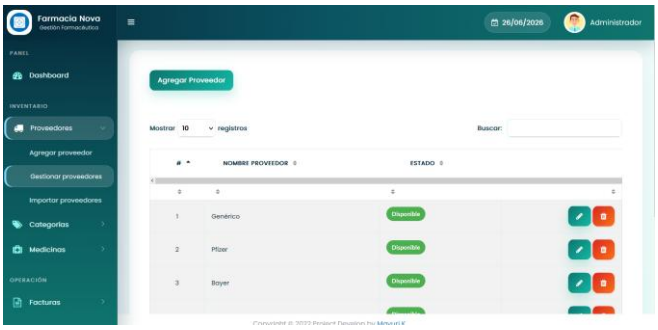


Fig. 12. Prototipo - Gestión de proveedores.

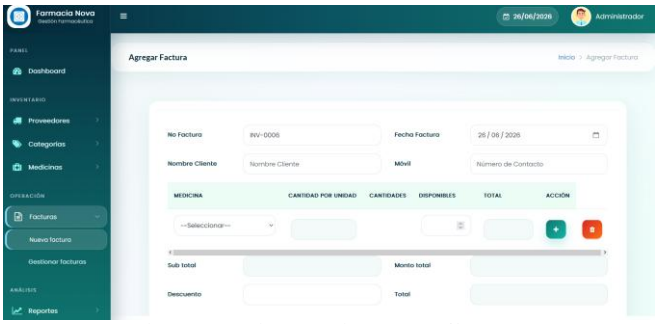


Fig. 13. Prototipo - Gestionar ventas/facturas.

G. Discusión del aporte

El aporte académico no es un algoritmo de predicción ni una demostración experimental de la reducción de la duración. Es un modelo metodológico que se puede auditar. Este modelo integra gobernanza, entrega ágil, programación cuantitativa, apoyo semántico y validación humana. Si bien no se registraron las decisiones sobre las salidas del LLM, el protocolo (Tabla IV) permitió la verificación de las mismas y su comprobación por un humano antes de ser integradas en los artefactos de gestión. Para asegurar una mejor reproducibilidad se sugiere registrar estas decisiones en futuras aplicaciones. De forma intencionada el modo de trabajo une el soporte de IA, la planificación CPM y la programación iterativa con la obligación de la decisión humana.

La diferencia de ambos escenarios de cronograma (Sección IV-C) representa claramente cómo explicitar el paralelismo y las dependencias modifica el modo de planificar, pero no que la inteligencia artificial haya reducido el tiempo de ejecución real. Igualmente, la mayor cobertura de riesgos documentada (Sección IV-D) representa la revisión del propio protocolo, no el índice de prevención o la superioridad estadística.

Las principales limitaciones son el carácter único del caso, la falta de observación completa tras el despliegue, la dependencia de la calidad de los prompts y la posible variación de los resultados entre modelos o versiones. La transferencia requiere adaptar el modelo a los actores, la regulación, la infraestructura, el tamaño del catálogo y la madurez digital. La validez futura debe comparar la planificación con la ejecución real y debe medir los defectos, la adopción, la precisión del inventario y la continuidad operativa.

V. CONCLUSIONES

En relación con la pregunta de investigación planteada, los resultados muestran que es viable crear un modelo híbrido de gestión de proyectos operacional a partir del cual se aplican las siete etapas operativas recogidas por el PMBOK 7 y que se

apoya a su vez en el desarrollo iterativo e incremental de Scrum así como en emplear el CPM para establecer la planificación del cronograma general y en el uso de un modelo de lenguaje (LLM) que actúa como asistente de apoyo cuya intervención requiere la validación de una persona en toda transición de etapa.

La investigación ha creado un modelo de gestión de proyectos que tiene como objetivo la aplicación de un sistema de información en una pequeña empresa del ámbito farmacéutico. La propuesta de la metodología se fundamenta en el PMBOK 7 y estructura el proyecto en siete etapas operativas, usando Scrum para la gestión de entregas incrementales, CPM para la planificación de alto nivel y un modelo LLM como herramienta de soporte para la toma de decisiones, asistida siempre por la supervisión y validación humana, condición indispensable en el proceso.

La utilización del modelo permitió obtener un conjunto cohesionado de productos de gestión, como diagnóstico inicial, identificación de los interesados, Product Backlog, estructura de desglose del trabajo (EDT), mapa de tareas, red CPM, registro de riesgos, planificación de sprints, arquitectura del sistema, criterios de aceptación y matriz de pruebas. El análisis de la ruta crítica A–B–C–E–F–G–H–I resulta en una duración objetivo de 91 días. Sin embargo, esta conclusión y el escenario base de 120 días deben entenderse como alternativas de planificación comparables entre sí y no deben ser interpretados como un resultado concluyente de una relación causal de mejora.

La principal contribución científica es proponer un proceso metodológico que documente de forma verificable la relación entre los problemas operativos que se identifican, las decisiones de gestión que se toman y la evidencia que se genera en el desarrollo y validación del software que este modeliza. El modelo de inteligencia artificial, en este sentido, apoya y no sustituye las funciones de gestión del director del proyecto, del Product Owner, de los usuarios finales ni del equipo técnico. Su uso refuerza las actividades de análisis, revisión y documentación; sin embargo, la aceptación, modificación o rechazo de los resultados generados por el LLM es completamente responsabilidad del equipo humano.

Como futuro ámbito de investigación, se valora la realización de un pilotaje del modelo en condiciones reales de operación. Para ello, se deberían registrar indicadores como la duración efectiva del proyecto, los costos, la tasa de errores, la precisión de los inventarios, los niveles de satisfacción de los usuarios y la tasa de adopción del sistema; también podría determinarse el porcentaje de respuestas que el LLM da y que son aceptadas, modificadas o descartadas por los especialistas. Asimismo, podría replicarse en otras farmacias y contextos organizacionales. Además, podría explorarse el posible uso de modelos predictivos de la demanda basados en datos de alta calidad, con mecanismos de control de sesgos y de seguridad de la información, de explicabilidad de los modelos y de validaciones farmacológicas en contextos regulatorios de diferentes países. Todo lo anterior permitiría también valorar más allá la contribución del modelo a la digitalización, a la formalización de los procesos y a la competencia de las MIPyME farmacéuticas de América Latina, en el marco de los esfuerzos de innovación y desarrollo tecnológico regionales.

REFERENCIAS

[1] G. H. Sagala y D. Őri, «Toward SMEs digital transformation success: a systematic literature review», *Inf. Syst. E-Bus. Manag.*, vol. 22, n.º 4, pp. 667-719, dic. 2024, doi: 10.1007/s10257-024-00682-2.

[2] J. A. Rojas-García, C. Elias-Giordano, J. C. Quiroz-Flores, y S. Nallusamy, «Profitability enhancement by digital transformation and canvas digital model on strategic processes in post-Covid-19 in logistics SMEs», *Soc. Sci. Humanit. Open*, vol. 9, p. 100777, 2024, doi: 10.1016/j.ssaho.2023.100777.

[3] M. Miozza, F. Brunetta, y F. P. Appio, «Digital transformation of the Pharmaceutical Industry: A future research agenda for management studies», *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 207, p. 123580, oct. 2024, doi: 10.1016/j.techfore.2024.123580.

[4] S. M. Alanazi y A. T. Alanazi, «Enhanced Pharmacy Service Delivery Through a Pharmacy Information System at a Medical Center: A Case Study», *Cureus*, sep. 2024, doi: 10.7759/cureus.68865.

[5] J. Varajão, R. P. Marques, y A. Trigo, «Project Management Processes – Impact on the Success of Information Systems Projects», *Informatica*, pp. 421-436, 2022, doi: 10.15388/22-INFOR488.

[6] Shaima Hameed, Yousef Elsheikh, y Mohammad Azzeh, «An optimized case-based software project effort estimation using genetic algorithm», *Information and Software Technology*, vol. 153, 2023. doi: 10.1016/j.infsof.2022.107088.

[7] M. Rahman, H. Sarwar, A. Kader, T. Gonçalves, y T. Tin Tin, «Review and Empirical Analysis of Machine Learning-Based Software Effort Estimation», *IEEE Access*, pp. 85661-85680, 2024. doi: 10.1109/ACCESS.2024.3404879.

[8] A. M. Felicetti, A. Cimino, A. Mazzoleni, y S. Ammirato, «Artificial intelligence and project management: An empirical investigation on the appropriation of generative Chatbots by project managers», *J. Innov. Knowl.*, vol. 9, n.º 3, p. 100545, jul. 2024, doi: 10.1016/j.jik.2024.100545.

[9] M. L. Prasetyo, R. A. Peranginangin, N. Martinovic, M. Ichsan, y H. Wicaksono, «Artificial intelligence in open innovation project management: A systematic literature review on technologies, applications, and integration requirements», *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.*, vol. 11, n.º 1, p. 100445, mar. 2025, doi: 10.1016/j.joitmc.2024.100445.

[10] Y. Shastri, R. Hoda, y R. Amor, «The role of the project manager in agile software development projects», *J. Syst. Softw.*, vol. 173, p. 110871, mar. 2021, doi: 10.1016/j.jss.2020.110871.

[11] M. Hron y N. Obwegeser, «Why and how is Scrum being adapted in practice: A systematic review», *J. Syst. Softw.*, vol. 183, p. 111110, ene. 2022, doi: 10.1016/j.jss.2021.111110.

[12] M. D. Kadenic, K. Koumaditis, y L. Junker-Jensen, «Mastering scrum with a focus on team maturity and key components of scrum», *Inf. Softw. Technol.*, vol. 153, p. 107079, ene. 2023, doi: 10.1016/j.infsof.2022.107079.

[13] L. Barros, C. Tam, y J. Varajão, «Agile software development projects–Unveiling the human-related critical success factors», *Inf. Softw. Technol.*, vol. 170, p. 107432, jun. 2024, doi: 10.1016/j.infsof.2024.107432.

[14] S. S. Almalki, «AI-Driven Decision Support Systems in Agile Software Project Management: Enhancing Risk Mitigation and Resource Allocation», *Systems*, vol. 13, n.º 3, p. 208, mar. 2025, doi: 10.3390/systems13030208.

[15] S. Hafeez, K. Shahzad, P. Helo, y M. F. Mubarak, «Knowledge management and SMEs' digital transformation: A systematic literature review and future research agenda», *J. Innov. Knowl.*, vol. 10, n.º 3, p. 100728, may 2025, doi: 10.1016/j.jik.2025.100728.

[16] M. Akram, A. Habib, y M. Deveci, «Application of Critical Path Method in ePropertyWatch Plan Using Gaussian Pythagorean Fuzzy Numbers», *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, vol. 32, n.º 4, pp. 1278-1287, 2023. doi: 10.1109/TFUZZ.2023.3321720.
[17] S. P. Rath, N. K. Jain, G. Tomer, y A. K. Singh, «A systematic literature review of agile software development projects», *Inf. Softw. Technol.*, vol. 182, p. 107727, jun. 2025, doi: 10.1016/j.infsof.2025.107727.
[18] D. Muller, M. Kropp, C. Anslow, y A. Meier, «The Effects on Social Support and Work Engagement with Scrum Events», *IEEE/ACM 13th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE)*, n.º 101-104, 2021. doi: 10.1109/CHASE52884.2021.00019.
[19] H. Hakim, A. Sellami, y H. Ben-Abdallah, «A Measures-Driven Decision Support System for Managing Requirement Change in Scrum: An Empirical Evaluation»:, en *Proceedings of the 19th International Conference on Software Technologies*, Dijon, France: SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2024, pp. 161-168. doi: 10.5220/0012807700003753.
[20] J. Mökander, J. Schuett, H. R. Kirk, y L. Floridi, «Auditing large language models: a three-layered approach», *AI Ethics*, vol. 4, n.º 4, pp. 1085-1115, nov. 2024, doi: 10.1007/s43681-023-00289-2.
[21] N. Kshetri, «Cybercrime and Privacy Threats of Large Language Models», *IEEE - IT Professional*, vol. 25, pp. 9-13, 2023. doi: 10.1109/MITP.2023.3275489.
[22] S. Kraus, P. Jones, N. Kailer, A. Weinmann, N. Chaparro-Banegas, y N. Roig-Tierno, «Digital Transformation: An Overview of the Current State of the Art of Research», *Sage Open*, vol. 11, n.º 3, p. 21582440211047576, jul. 2021, doi: 10.1177/21582440211047576.
[23] K. R. Prebanić y M. Vukomanović, «Realizing the Need for Digital Transformation of Stakeholder Management: A Systematic Review in the Construction Industry», *Sustainability*, vol. 13, n.º 22, p. 12690, nov. 2021, doi: 10.3390/su132212690.
[24] R. Maqbool, Y. Rashid, y S. Ashfaq, «Renewable energy project success: Internal versus external stakeholders' satisfaction and influences of power-interest matrix», *Sustain. Dev.*, vol. 30, n.º 6, pp. 1542-1561, dic. 2022, doi: 10.1002/sd.2327.