

Área de Conocimiento de Tecnología de la
Información y Comunicación DACTIC

Proyecto de Curso
Ingeniería de software III
5S2-COM-S

Desarrollo de una **aplicación móvil inteligente de gestión de inventario y predicción de demanda en tiendas de abarrotes en Nicaragua**, aplicando COBIT y CMMI para la gobernanza y madurez de procesos

Elaborado por:

Urbina Rivera
Rene Enrique
Carnet: 2020 0762

Hernández Gaitán
Miguel Ángel
Carnet: 2020 1049U

Docente:

Roberto Alfaro
Arriola

Diciembre 3, 2025

Managua, Nicaragua

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. COBIT 2019: GOBERNANZA Y ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	6
1.2. CMMI V2.0: MADUREZ Y MEJORA CONTINUA DE PROCESOS.....	6
1.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL: MOTOR DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL	6
1.4. MLOPS: OPERACIONALIZACIÓN DE MODELOS DE IA.....	7
1.5. PROPÓSITO DEL DOCUMENTO.....	7
1.6. PROPÓSITO DEL PROYECTO.....	7
2. COBIT 2019.....	8
2.1. ¿QUÉ ES COBIT?	8
2.2. BENEFICIOS DE COBIT.....	8
2.3. PRINCIPIOS DEL SISTEMA DE GOBERNANZA (6 PRINCIPIOS)	9
2.3.1. <i>Satisfacer las necesidades de las partes interesadas.</i>	9
2.3.2. <i>Enfoque holístico</i>	9
2.3.3. <i>Sistema de gobierno dinámico</i>	9
2.3.4. <i>Separar gobernanza de gestión</i>	9
2.3.5. <i>Personalizada para las necesidades de la empresa</i>	9
2.3.6. <i>Cubrir la empresa por completo (extremo a extremo)</i>	9
2.4. PRINCIPIOS DEL MARCO DE GOBIERNO (3 PRINCIPIOS)	10
2.4.1. <i>Basado en un modelo conceptual</i>	10
2.4.2. <i>Abierto y flexible</i>	10
2.4.3. <i>Alineado con los principales estándares globales</i>	10
2.5. CONCEPTOS BÁSICOS Y TERMINOLOGÍA	10
2.6. PROPÓSITO GENERAL DE COBIT.....	12
2.7. COMPONENTES DEL SISTEMA DE GOBIERNO (7 COMPONENTES).....	12
2.7.1. <i>Principios, Políticas y Marcos de Referencia</i>	12
2.7.2. <i>Procesos</i>	13
2.7.3. <i>Estructuras Organizativas</i>	13
2.7.4. <i>Cultura, Ética y Comportamiento</i>	13
2.7.5. <i>Información</i>	13
2.7.6. <i>Servicios, Infraestructura y Aplicaciones</i>	13
2.7.7. <i>Personas, Habilidades y Competencias</i>	13
2.8. DOMINIOS DE GOBIERNO Y GESTIÓN DE COBIT.....	14
2.9. OBJETIVOS DE COBIT 2019	15
2.10. NIVELES DE MADUREZ Y CAPACIDAD EN COBIT 2019.....	16
2.10.1. <i>Niveles de Capacidad</i>	16
2.11. FACTORES DE DISEÑO DE SISTEMA DE GOBERNANZA (11 FACTORES)	17
2.12. DISEÑO DE UN SISTEMA DE GOBERNANZA (4 ETAPAS).....	18
2.12.1. <i>Etapa 1: Entender el contexto y estrategia empresarial:</i>	18
2.12.2. <i>Etapa 2: Determinar el alcance inicial (Cascada de metas)</i>	20
2.12.3. <i>Etapa 3: Afinar el alcance del sistema de gobierno</i>	25
2.12.4. <i>Etapa 4: Concluir el diseño del sistema de gobierno.</i>	27
2.13. 7 FASES DEL CICLO DE IMPLEMENTACIÓN DE COBIT.....	29
2.13.1. <i>¿Cuáles son los impulsores?</i>	29
2.13.2. <i>¿Dónde estamos?</i>	29
2.13.3. <i>¿Dónde queremos estar?</i>	29
2.13.4. <i>¿Qué debe hacerse?</i>	30

2.13.5.	<i>¿Como queremos llegar?</i>	30
2.13.6.	<i>¿Lo logramos?</i>	30
2.13.7.	<i>¿Como mantenemos el impulso?</i>	30
2.14.	GUÍA PARA EL DESARROLLO DE OBJETIVOS COBIT	30
2.14.1.	<i>EDM01</i>	31
2.15.	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 2: COBIT 2019	35
3.	CMMI	37
3.1.	INTRODUCCIÓN A CMMI	37
3.2.	BENEFICIOS DE CMMI	37
3.3.	OBJETIVOS Y PROPÓSITO DE CMMI.....	38
3.4.	REPRESENTACIONES DE CMMI.....	39
3.4.1.	<i>Representación por etapas (Niveles de Madurez).....</i>	39
3.4.2.	<i>Representación continua (Niveles de Capacidad).....</i>	42
3.5.	MODELO CORE DE CMMI 2.0.....	44
3.5.1.	<i>Categorías.....</i>	47
3.5.2.	<i>Áreas de capacidad</i>	47
3.5.3.	<i>Áreas de práctica</i>	48
3.6.	DIFERENCIAS Y SIMILITUDES CON OTROS MARCOS Y METODOLOGÍAS.....	50
3.6.1.	<i>¿Qué es un marco de referencia (framework)?.....</i>	50
3.6.2.	<i>Diferencia entre COBIT 2019 y CMMI.....</i>	50
3.6.3.	<i>Diferencia entre COBIT y CMMI (síntesis).....</i>	52
3.7.	IMPLEMENTACIÓN DE CMMI EN EL PROYECTO	52
3.7.1.	<i>Justificación de la selección de las Áreas de Práctica.....</i>	52
3.7.2.	<i>Relación entre CMMI y los objetivos de COBIT 2019</i>	53
3.7.3.	<i>Nivel de madurez o capacidad objetivo</i>	54
3.7.4.	<i>Entregables esperados por cada Área de Práctica</i>	55
3.7.5.	<i>Preámbulo de las Actividades de Nivel 2</i>	55
3.8.	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 3: CMMI v2.0	56
4.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN CON IA.....	57
4.1.	CONTEXTO E INTRODUCCIÓN	57
4.2.	NECESIDAD DE UNA ESTRATEGIA DE IA.....	58
4.3.	APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA IA	59
4.4.	CONSIDERACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE IA	61
4.4.1.	<i>Consideraciones Clave para la Adaptación, Adopción y Uso de la IA</i>	62
4.5.	DEFINICIONES FUNDAMENTALES.....	63
4.6.	MARCO ESTRÁTÉGICO IMPACT APPLICADO AL PROYECTO	65
4.6.1.	<i>I (Imagination).....</i>	66
4.6.2.	<i>M (Maturity)</i>	68
4.6.3.	<i>P (People).....</i>	70
4.6.4.	<i>A (Automation/Amplification/Augmentation)</i>	72
4.6.5.	<i>C (Culture).....</i>	75
4.6.6.	<i>T (Transformation).....</i>	76
4.7.	MADUREZ ORGANIZACIONAL Y GOBERNANZA	78
4.8.	EL ROL DEL TALENTO HUMANO.....	78
4.9.	ÉTICA, RESPONSABILIDAD Y CALIDAD DE LOS DATOS (5 V'S)	79
4.10.	CONCLUSIÓN SOBRE EL CAPÍTULO 4: SISTEMAS DE INFORMACIÓN CON IA	80
4.11.	BENEFICIOS DE IMPACT (CONSOLIDACIÓN)	81

5. INTEGRACIÓN DE COBIT 2019 Y CMMI EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN CON IA	82
5.1. INTRODUCCIÓN A LA INTEGRACIÓN DE COBIT Y CMMI.....	82
5.2. ACTIVIDADES DE COBIT DETALLADAS.....	82
5.2.1. <i>EDM 01.01: Componente A</i>	82
5.2.2. <i>APO 02.02: Componente A</i> :	83
5.2.3. <i>APO 04.03: Componente A</i>	84
5.2.4. <i>BAI 02.01: Componente A</i>	85
5.2.5. <i>BAI 03.05: Componente A</i>	85
5.2.6. <i>Resumen de las actividades de COBIT 2019</i>	86
5.3. ÁREAS DE PRÁCTICA CMMI Y ACTIVIDADES ESPECÍFICAS	86
5.3.1. <i>PLAN (Planificación)</i>	87
5.3.2. <i>RDM (Requirements Development and Management)</i>	87
5.3.3. <i>PQA (Process and Product Quality Assurance)</i>	87
5.3.4. <i>PI (Product Integration)</i>	88
5.3.5. <i>TS (Technical Solution)</i>	88
5.3.6. <i>Resumen de las actividades de CMMI 2.0.</i>	88
5.4. RELACIÓN ENTRE ACTIVIDADES COBIT Y CMMI.....	89
5.5. KPI's (KEY PERFORMANCE INDICATORS) EN EVALUACIÓN DE COBIT Y CMMI.....	90
5.6. MATRIZ RACI DEL PROYECTO	91
5.7. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 5.....	91
6. IMPLEMENTACIÓN	92
6.1. REQUISITOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES	92
6.2. ALCANCE Y ENFOQUE MÍNIMO VIABLE	98
6.3. MLOPS	99
6.3.1. <i>¿Qué es MLOps?</i>	99
6.3.2. <i>¿Por qué es relevante en proyectos modernos?</i>	99
6.3.3. <i>Objetivos del MLOps</i>	100
6.3.4. <i>Componentes principales</i>	101
6.3.5. <i>Flujo de trabajo con MLOPS</i>	103
6.3.6. <i>Flujo del sistema completo</i>	104
6.3.7. <i>Ventajas y retos</i>	104
6.3.8. <i>Documentación de componentes</i>	106
6.4. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 6: IMPLEMENTACIÓN	111
7. CONCLUSIÓN	112
8. ANEXOS	113
8.1. ¿QUÉ ES UNA METODOLOGÍA?.....	113
8.1.1. <i>Papel en una empresa de TI</i>	113
8.2. DIFERENCIA ENTRE METODOLOGÍAS Y FRAMEWORKS.....	114
8.2.1. <i>Conclusión sobre metodología vs framework</i>	114
8.3. SCRUM.....	115
8.3.1. <i>Introducción y conceptos básicos</i>	115
8.4. CAPTURAS DE INTERFAZ DE LA APLICACIÓN	117
8.5. ENLACES A REPOSITORIOS Y PAGINA WEB.....	120
8.6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	121
9. ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS E ILUSTRACIONES	124

10. REFERENCIAS.....	127
----------------------	-----

Repositorios y sitio web



1. Introducción

La acelerada transformación digital ha redefinido la forma en que las organizaciones gestionan sus procesos, toman decisiones y generan valor (Natarajan, 2021; ISACA, 2018). En este contexto, la integración de marcos de gobernanza, modelos de madurez y tecnologías emergentes se convierte en un factor crítico para garantizar la sostenibilidad y competitividad empresarial. Este documento presenta un enfoque integral que combina COBIT 2019, CMMI V2.0, Inteligencia Artificial (IA) y MLOps, orientado a la creación de soluciones tecnológicas robustas, escalables y alineadas con los objetivos estratégicos del negocio.

1.1. COBIT 2019: Gobernanza y alineación estratégica

COBIT 2019 es un marco internacionalmente reconocido que establece principios y prácticas para el gobierno y la gestión de la información y la tecnología (I&T) (ISACA, 2018). Su propósito es asegurar que las inversiones tecnológicas generen valor, optimicen recursos y gestionen riesgos de manera efectiva. COBIT introduce conceptos como objetivos en cascada, factores de diseño y componentes del sistema de gobernanza, que permiten adaptar el marco a diferentes contextos organizacionales. En este documento, COBIT se aplica para definir procesos clave como APO04 (Gestión de la innovación), BAI02 (Gestión de requisitos) y BAI03 (Construcción de soluciones), garantizando que la tecnología se implemente bajo principios de control, transparencia y alineación estratégica.

1.2. CMMI V2.0: Madurez y mejora continua de procesos

Complementando la gobernanza, el modelo CMMI V2.0 proporciona una estructura para evaluar y mejorar la capacidad organizacional mediante niveles de madurez y áreas de práctica. Su enfoque permite que las organizaciones evolucionen desde procesos informales hacia prácticas definidas, medibles y optimizadas. En este trabajo, CMMI se integra para fortalecer la planificación, la gestión de requisitos, el aseguramiento de calidad y la construcción técnica de soluciones, asegurando que cada etapa del ciclo de vida del software se ejecute bajo estándares que promuevan la repetibilidad y la predictibilidad.

1.3. Inteligencia Artificial: Motor de transformación digital

La IA se ha consolidado como una herramienta estratégica para optimizar procesos, reducir costos y mejorar la toma de decisiones mediante análisis predictivo (Natarajan, 2021). En el ámbito empresarial, su aplicación permite anticipar tendencias, personalizar servicios y automatizar tareas críticas. Este documento

explora la implementación de IA en la gestión de inventarios y predicción de demanda, destacando la importancia de una estrategia clara que considere la calidad de los datos, la gobernanza y la capacitación del talento humano. La IA no se presenta como un elemento aislado, sino como parte de un ecosistema que articula tecnología, procesos y cultura organizacional.

1.4. MLOps: Operacionalización de modelos de IA

Para que la inteligencia artificial aporte valor real, es necesario garantizar su integración en entornos productivos de manera eficiente y sostenible. Aquí surge MLOps, un conjunto de prácticas que combina desarrollo de modelos con operaciones de TI, asegurando automatización, trazabilidad y mejora continua. Este documento describe la estructura de MLOps, sus componentes (datos, modelos, servicios, automatización y monitoreo) y su flujo de trabajo, destacando cómo estas prácticas permiten que los modelos evolucionen desde prototipos experimentales hacia soluciones confiables y escalables.

1.5. Propósito del documento

El objetivo central es demostrar que la sinergia entre gobernanza (COBIT), madurez de procesos (CMMI), inteligencia artificial y MLOps constituye un enfoque integral para la transformación digital. Esta combinación no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también fortalece la capacidad de innovación, la transparencia y la sostenibilidad empresarial. A través de la aplicación de estos marcos y tecnologías, se establece un modelo replicable para organizaciones que buscan evolucionar hacia entornos inteligentes, orientados a la mejora continua y preparados para enfrentar los retos del mercado actual.

1.6. Propósito del proyecto

El propósito fundamental de este proyecto es diseñar e implementar una solución tecnológica integral que permita a las microempresas del sector abarrotero en Nicaragua optimizar la gestión de inventarios y anticipar la demanda mediante el uso de inteligencia artificial. Esta iniciativa busca no solo desarrollar una aplicación móvil funcional, sino también establecer un marco de gobernanza basado en COBIT 2019 y prácticas de madurez de procesos según CMMI V2.0, garantizando que la innovación tecnológica se alinee con los objetivos estratégicos del negocio. Asimismo, el proyecto pretende demostrar que la integración de IA y MLOps en entornos de baja madurez digital es viable, escalable y capaz de generar valor sostenible, contribuyendo a la transformación digital del sector y fortaleciendo su competitividad en el mercado actual.

2. COBIT 2019

2.1. ¿Qué es COBIT?

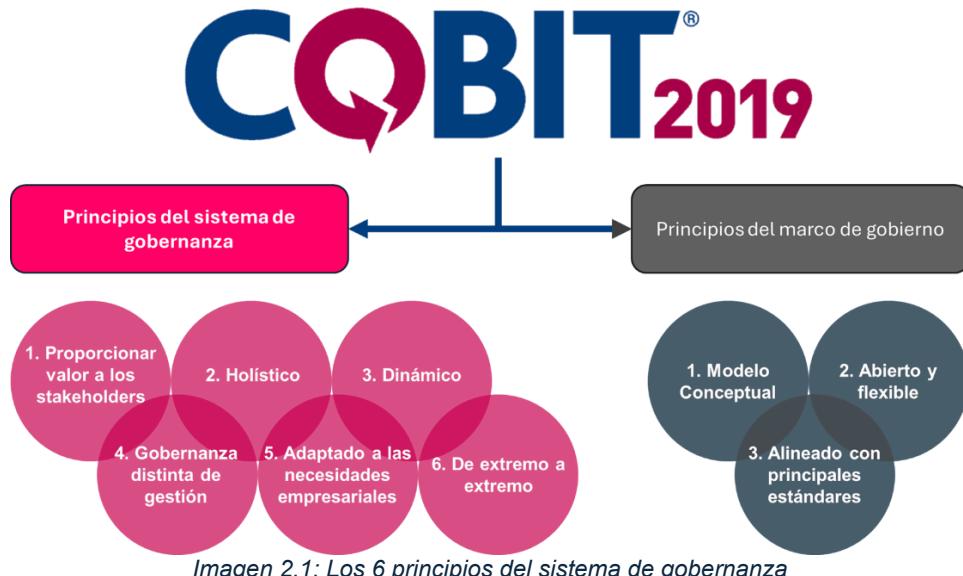
COBIT 2019 (Control Objectives for Information and Related Technologies) es un marco de referencia internacionalmente reconocido para el gobierno y la gestión de la información y la tecnología en las organizaciones. Su propósito es ayudar a las empresas a generar valor óptimo a partir de la información y la tecnología, manteniendo un equilibrio entre beneficios, riesgos y uso eficiente de recursos.

El marco se fundamenta en principios y prácticas que permiten a las organizaciones alinear la estrategia de TI con los objetivos de negocio. Los principios del marco de gobierno incluyen su carácter abierto, flexible, alineado a estándares internacionales y basado en un modelo conceptual robusto. Su finalidad principal es asegurar que la tecnología aporte valor al negocio, gestione los riesgos y optimice el uso de los recursos.

2.2. Beneficios de COBIT

1. Alineación estratégica: Permite que las iniciativas tecnológicas estén alineadas con los objetivos del negocio.
2. Generación de valor: Garantiza que la información y la tecnología aporten beneficios tangibles a la organización.
3. Gestión de riesgos: Ayuda a identificar, evaluar y mitigar riesgos relacionados con TI.
4. Optimización de recursos: Promueve el uso eficiente de recursos tecnológicos y humanos.
5. Cumplimiento normativo: Facilita el cumplimiento de regulaciones y estándares internacionales.
6. Lenguaje común: Mejora la comunicación entre directivos, gerentes y equipos técnicos.
7. Flexibilidad y adaptabilidad: Se ajusta a diferentes contextos organizacionales mediante factores de diseño.

2.3. Principios del sistema de gobernanza (6 principios)



COBIT 2019 se sustenta en seis principios que todo sistema de gobernanza de I&T debe cumplir (según ISACA y otras fuentes sobre el marco) para ser eficaz y adaptable. Algunas de esas fuentes los describen como:

2.3.1. Satisfacer las necesidades de las partes interesadas.

Las decisiones de TI deben equilibrar beneficios, riesgos y recursos en función de lo que las partes interesadas esperan.

2.3.2. Enfoque holístico

Un sistema de gobernanza debe incluir múltiples componentes (procesos, estructura, cultura, información, infraestructura) que actúen de forma integrada.

2.3.3. Sistema de gobierno dinámico

Debe poder adaptarse a cambios estratégicos, tecnológicos o del entorno.

2.3.4. Separar gobernanza de gestión

Gobernanza toma decisiones estratégicas, mientras gestión opera y ejecuta el día a día.

2.3.5. Personalizada para las necesidades de la empresa

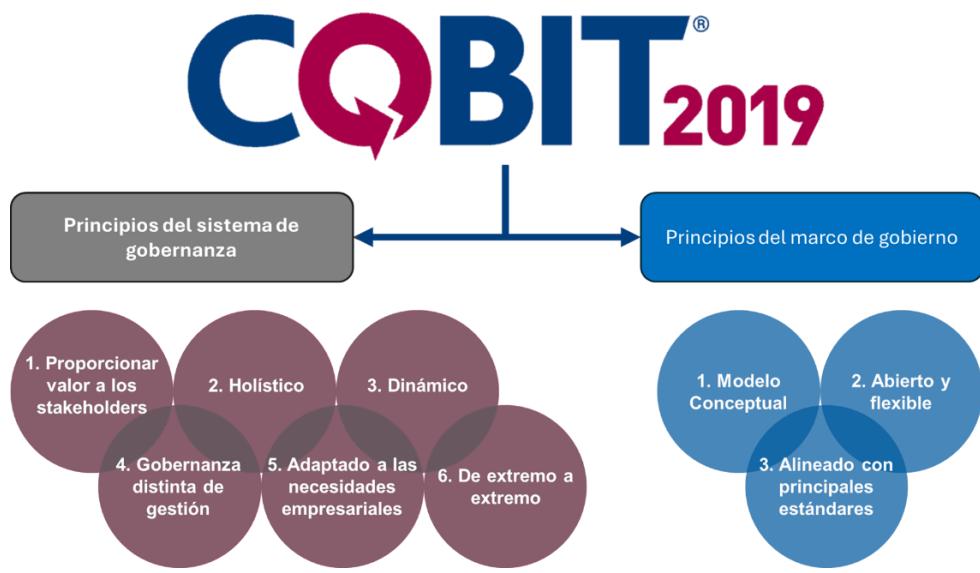
No existe un solo diseño válido para todas las organizaciones; se usan factores de diseño para ajustar el sistema.

2.3.6. Cubrir la empresa por completo (extremo a extremo)

La gobernanza de I&T no solo se vincula al departamento de TI, sino a todas las áreas que usan tecnología o datos

Estos principios son importantes porque te permiten justificar cómo configurar (o elegir) los elementos de gobernanza para que encajen con el proyecto de aplicación móvil para tiendas de abarrotes.

2.4. Principios del marco de gobierno (3 principios)



2.4.1. Basado en un modelo conceptual

COBIT se estructura mediante un modelo que organiza procesos, dominios y componentes de manera coherente.

2.4.2. Abierto y flexible

Permite integrar otros estándares o marcos (ISO 27001, ITIL, TOGAF, DevOps).

2.4.3. Alineado con los principales estándares globales

COBIT busca ser un punto de convergencia con ISO, ITIL, NIST, entre otros, facilitando la interoperabilidad.

2.5. Conceptos básicos y terminología

COBIT 2019 introduce un conjunto de conceptos y términos fundamentales que permiten comprender el marco y aplicarlo de manera efectiva dentro de una organización. Estos conceptos proporcionan un lenguaje común entre las distintas partes interesadas —desde la alta dirección hasta los especialistas técnicos— y facilitan la comunicación sobre el gobierno y la gestión de la información y la tecnología (I&T).

Entre los conceptos clave se destacan los siguientes:

- **Gobierno y gestión de I&T:**

- **Gobierno:** Se refiere a las responsabilidades de los órganos de dirección (por ejemplo, junta directiva o dueño en el caso de una pyme) para garantizar que el uso de la tecnología genere valor, optimice los recursos y gestione adecuadamente los riesgos.
- **Gestión:** Abarca las actividades ejecutadas por la administración para planificar, construir, operar y supervisar las soluciones tecnológicas, alineadas con la estrategia de negocio.

- **Partes interesadas (stakeholders):**

Son los individuos, grupos o entidades que tienen intereses, necesidades o expectativas relacionadas con la I&T. En una pyme dedicada al desarrollo de software, los stakeholders pueden incluir clientes, usuarios finales, inversionistas y el propio equipo de desarrollo.

- **Objetivos de gobierno y gestión:**

COBIT organiza sus componentes en 40 objetivos principales (llamados core model), que representan áreas críticas como seguridad, continuidad del negocio, gestión de riesgos, entrega de valor y cumplimiento. Estos objetivos sirven como punto de referencia para evaluar y mejorar las prácticas actuales de la organización.

- **Componentes de un sistema de gobierno:**

COBIT 2019 establece que un sistema de gobierno está compuesto por varios elementos interrelacionados: procesos, estructuras organizacionales, principios, políticas, procedimientos, información, cultura, habilidades, infraestructura y servicios. Todos estos deben adaptarse al contexto específico de la organización.

- **Factores de diseño:**

Son variables que permiten personalizar la aplicación de COBIT en cada organización. Entre ellos destacan la estrategia de negocio, el perfil de riesgo, el cumplimiento normativo, el tamaño de la empresa y el rol de TI en el negocio. Esto asegura que COBIT no sea un marco rígido, sino flexible y ajustable, incluso en entornos de pymes.

- **Áreas de enfoque (focus areas):**

Son agrupaciones de prácticas de gobierno y gestión que pueden desarrollarse con mayor profundidad según la necesidad de la organización. Ejemplos son: la transformación digital, la ciberseguridad o la gestión de datos.

- **Objetivos en cascada (Goals Cascade):**

Este concepto describe cómo las metas de negocio se traducen en metas relacionadas con TI y, finalmente, en objetivos de gobierno y gestión. Es una forma estructurada de alinear las necesidades estratégicas con las actividades tecnológicas.

En conjunto, estos conceptos y términos constituyen la base del marco COBIT 2019 y son esenciales para que una pyme de desarrollo de software pueda implementar prácticas de gobierno y gestión de TI adaptadas a su tamaño y recursos, sin perder la alineación con los principios internacionales propuestos por ISACA.

2.6. Propósito general de COBIT

- **Generar valor a través de la I&T:** Garantizar que las inversiones y el uso de la tecnología contribuyan al logro de los objetivos estratégicos del negocio.
- **Equilibrar beneficios, riesgos y recursos:** Ayudar a priorizar iniciativas, gestionar amenazas y utilizar los recursos de manera eficiente.
- **Establecer un lenguaje común:** Facilitar la comunicación entre directivos, gerentes y personal técnico mediante conceptos y prácticas compartidas.
- **Mejorar el cumplimiento y la seguridad:** Asegurar que las actividades de TI cumplan con normativas aplicables y mantengan la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la información.

2.7. Componentes del sistema de gobierno (7 componentes)



Imagen 2.3: Los 7 componentes del sistema de gobierno

Entre los principales componentes de COBIT 2019 se encuentran los siguientes:

2.7.1. Principios, Políticas y Marcos de Referencia

Este componente establece las bases conceptuales y normativas sobre las cuales se sustenta el sistema de gobierno de TI. Define los lineamientos generales, las políticas y los marcos de referencia que orientan el comportamiento organizacional,

asegurando que las decisiones se alineen con los objetivos estratégicos y con las mejores prácticas reconocidas internacionalmente.

2.7.2. Procesos

Los procesos representan el conjunto de actividades estructuradas que permiten alcanzar los objetivos de gobierno y gestión. COBIT 2019 define una serie de procesos que cubren desde la planificación y organización hasta la entrega, soporte y monitoreo de los servicios tecnológicos. Cada proceso cuenta con metas específicas, prácticas recomendadas y métricas de desempeño.

2.7.3. Estructuras Organizativas

Este componente hace referencia a los cuerpos o comités encargados de tomar decisiones clave en materia de TI. Define los roles, responsabilidades y niveles de autoridad dentro de la organización, garantizando una clara asignación de funciones que facilite la rendición de cuentas y la coordinación entre las distintas áreas.

2.7.4. Cultura, Ética y Comportamiento

La cultura organizacional, junto con los valores éticos y las conductas de los individuos, influye directamente en la efectividad del sistema de gobierno. COBIT 2019 reconoce la importancia de promover una cultura orientada al cumplimiento, la transparencia y la colaboración, elementos esenciales para la sostenibilidad del gobierno de TI.

2.7.5. Información

La información constituye el principal recurso que gestiona COBIT. Este componente abarca la calidad, seguridad, disponibilidad y confiabilidad de los datos que soportan la toma de decisiones. Una gestión adecuada de la información es esencial para la creación de valor y la mitigación de riesgos.

2.7.6. Servicios, Infraestructura y Aplicaciones

Este elemento engloba los recursos tecnológicos que sustentan las operaciones organizacionales, incluyendo hardware, software, redes y servicios tecnológicos. Su adecuada gestión asegura la eficiencia operativa y la continuidad del negocio, permitiendo que la tecnología actúe como habilitador estratégico.

2.7.7. Personas, Habilidades y Competencias

Finalmente, este componente resalta el papel fundamental del talento humano en la gestión de la TI. COBIT 2019 enfatiza la necesidad de contar con personal capacitado, con competencias técnicas y de gestión adecuadas, capaces de implementar, mantener y optimizar los procesos tecnológicos conforme a los objetivos del negocio.

2.8. Dominios de gobierno y gestión de COBIT



Imagen 2.4: Dominios del marco COBIT

COBIT organiza sus objetivos en dos categorías principales:

Dominio de gobierno: Dirigidos a los órganos de dirección, se enfocan en evaluar, dirigir y monitorear la I&T para asegurar que las decisiones estratégicas generen valor, optimicen riesgos y recursos, y garanticen el cumplimiento de los requerimientos de las partes interesadas.

Dominios de gestión: Orientados a la administración y operación de la tecnología, se estructuran en dominios que abarcan planificación, construcción, entrega, soporte y monitoreo de servicios y soluciones tecnológicas. Entre estos dominios se incluyen:

- **APO (Align, Plan and Organize):** Alinear la estrategia de TI con la del negocio, planificar y organizar los recursos tecnológicos.
- **BAI (Build, Acquire and Implement):** Gestionar la construcción, adquisición e implementación de soluciones tecnológicas.
- **DSS (Deliver, Service and Support):** Asegurar la entrega eficiente de servicios y el soporte adecuado a usuarios y clientes.
- **MEA (Monitor, Evaluate and Assess):** Monitorear, evaluar y analizar el desempeño y cumplimiento de los procesos de TI.

2.9. Objetivos de COBIT 2019

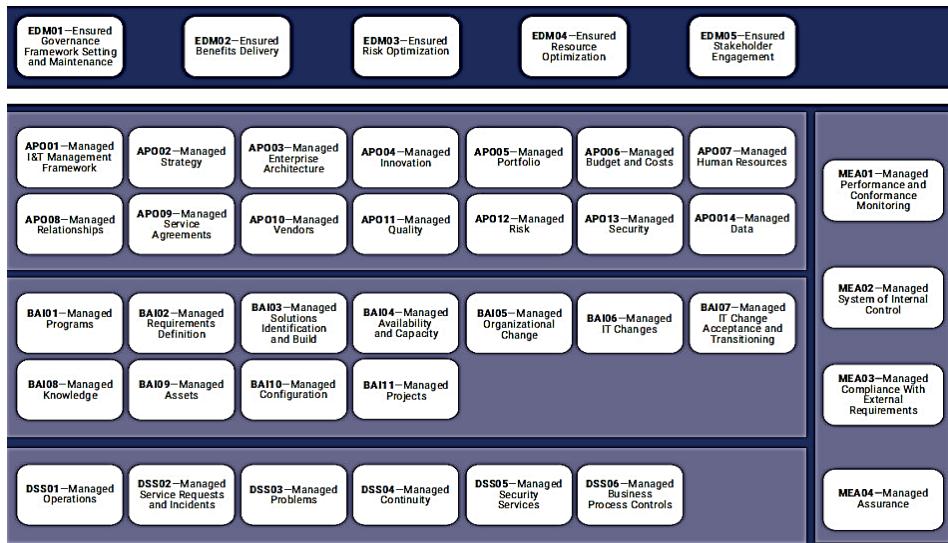


Imagen 2.5: Los 40 objetivos de COBIT 2019

1. EDM – Gobierno (5 procesos):

- EDM01 Asegurar el marco de gobernanza
- EDM02 Asegurar entrega de beneficios
- EDM03 Asegurar optimización del riesgo
- EDM04 Asegurar optimización de recursos
- EDM05 Asegurar transparencia con stakeholders

2. APO – Planificación y organización (14 procesos):

- APO01 Gestionar el marco de gestión de TI
- APO02 Gestionar la estrategia
- APO03 Gestionar la arquitectura empresarial
- APO04 Gestionar innovación
- APO05 Gestionar portafolio
- APO06 Gestionar presupuesto y costos
- APO07 Gestionar recursos humanos
- APO08 Gestionar relaciones
- APO09 Gestionar acuerdos de servicio
- APO10 Gestionar proveedores
- APO11 Gestionar calidad
- APO12 Gestionar riesgo
- APO13 Gestionar seguridad
- APO14 Gestionar datos

3. BAI – Construcción e implementación (11 procesos):

- BAI01 Gestionar programas y proyectos
- BAI02 Gestionar requisitos

- BAI03 Gestionar soluciones identificadas y construidas
- BAI04 Gestionar disponibilidad y capacidad
- BAI05 Gestionar cambios organizacionales
- BAI06 Gestionar cambios de TI
- BAI07 Gestionar aceptación y transición
- BAI08 Gestionar conocimiento
- BAI09 Gestionar activos
- BAI10 Gestionar configuración
- BAI11 Gestionar proyectos ágiles o iterativos

4. DSS – Entrega y soporte (6 procesos):

- DSS01 Gestionar operaciones
- DSS02 Gestionar servicios
- DSS03 Gestionar problemas
- DSS04 Gestionar continuidad
- DSS05 Gestionar seguridad de servicios
- DSS06 Gestionar controles de procesos

5. MEA – Monitoreo y evaluación (4 procesos):

- MEA01 Monitorear desempeño y conformidad
- MEA02 Monitorear sistema de control interno
- MEA03 Monitorear cumplimiento con requisitos externos
- MEA04 Proporcionar aseguramiento independiente

2.10. Niveles de madurez y capacidad en COBIT 2019

COBIT utiliza un modelo de evaluación de capacidad inspirado directamente en el CMMI (Capability Maturity Model Integration). Este modelo permite medir qué tan bien está implementado un proceso y qué tan capaz es de alcanzar consistentemente sus objetivos.

En COBIT 4.1 se hablaba de niveles de madurez del proceso (Maturity Model).

En COBIT 5 y COBIT 2019, esto evolucionó a un modelo de **capacidad de procesos**, alineado con CMMI v2.0.

2.10.1. Niveles de Capacidad

Cada proceso de COBIT se evalúa en una escala de 0 a 5, donde cada nivel representa un grado creciente de capacidad y control.

Nivel	Nombre	Descripción resumida
0	Proceso Incompleto	El proceso no existe o no logra cumplir su propósito.
1	Proceso Realizado (Performed)	El proceso logra su propósito básico, pero de forma no estructurada.
2	Proceso Gestionado (Managed)	El proceso se planifica, ejecuta y controla; se cumplen políticas y se gestionan recursos.
3	Proceso Establecido (Established)	El proceso está definido, estandarizado y documentado formalmente.
4	Proceso Predecible (Predictable)	El proceso opera dentro de límites medibles; se usa información cuantitativa para controlarlo.
5	Proceso en Optimización (Optimizing)	El proceso se mejora continuamente mediante innovación y retroalimentación.

Tabla 2.1: Niveles de capacidad contemplados por CMMI en COBIT 2019

Para alcanzar un nivel, deben cumplirse completamente los atributos de los niveles anteriores.

2.11. Factores de diseño de sistema de gobernanza (11 factores)

Para iniciar la implantación de COBIT 2019 en una empresa, ISACA nos propone diseñar un sistema de gobernanza adecuado para la empresa, el cual estará ligado a las estrategias y metas empresariales de la misma.

A continuación, se enumeran los 11 factores de diseño que rigen un sistema de gobernanza.

N.º	Factor de diseño	Métricas o información relevante
1	Estrategia empresarial	Categorías según COBIT: Crecimiento/Adquisición, Innovación/Diferenciación, Liderazgo en costos, Servicio al cliente/Estabilidad. Determina los objetivos empresariales dominantes.
2	Metas empresariales	Se seleccionan entre las 13 metas empresariales definidas en COBIT. Cada una se asocia a metas de alineación y objetivos de gobernanza y gestión mediante la cascada de metas.
3	Perfil de riesgo	Identifica las áreas de riesgo más relevantes (seguridad, cumplimiento, disponibilidad, confidencialidad, integridad, etc.). Define el nivel de exposición al riesgo (bajo, medio o alto).

4	Problemas relacionados con I&T	Lista de los principales problemas actuales que afectan al área de información y tecnología, como baja satisfacción del usuario, fallas frecuentes, sobrecostos o retrasos en proyectos.
5	Panorama de amenazas	Nivel de amenaza percibido para la organización (bajo, medio, alto). Incluye frecuencia e impacto de ataques, vulnerabilidades o incidentes relevantes en el entorno tecnológico.
6	Requisitos de cumplimiento	Nivel de exigencia regulatoria o contractual: alto, medio o bajo. Incluye marcos legales, normas sectoriales o mandatos corporativos que afectan la gestión de I&T.
7	Rol de TI	Define la posición de TI dentro de la empresa: Soporte, Fábrica, Transformador o Estratégico. Determina la dependencia del negocio respecto a los servicios de TI.
8	Modelo de abastecimiento de TI	Describe la forma en que la organización obtiene sus servicios de TI: interno, tercerizado, híbrido o basado en la nube. Afecta los procesos de gestión de proveedores y desempeño.
9	Métodos de implementación de TI	Indica el enfoque de desarrollo o entrega de soluciones: tradicional, ágil o DevOps. Cada enfoque influye en los componentes del sistema de gobernanza y gestión.
10	Estrategia de adopción de tecnología	Determina la actitud de la organización frente a nuevas tecnologías: pionera (early adopter), seguidora o conservadora. Influye en el ritmo de innovación y cambio.
11	Tamaño de la empresa	Se clasifica según estructura y complejidad: pequeña, mediana o grande. Afecta el nivel de formalidad, documentación y recursos disponibles para la gobernanza.

Tabla 2.2: los 11 factores de diseño de COBIT 2019

2.12. Diseño de un sistema de gobernanza (4 Etapas)

El diseño de un sistema de gobierno consta de 4 etapas:

2.12.1. Etapa 1: Entender el contexto y estrategia empresarial:

En esta primera etapa del diseño de un sistema de gobierno mínimo, la organización busca comprender su situación actual y hacia dónde quiere ir, para que el sistema de gobierno esté alineado con su realidad y sus metas estratégicas. Para ello se

analizará el factor de diseño número 1 de COBIT, el cual tiene relación con las estrategias empresariales.

2.12.1.1. Actividades principales:

- Identificar qué tipo de estrategia sigue la organización según los **cuatro arquetipos** definidos por COBIT 2019:
 1. **Liderazgo en costos** (eficiencia, reducción de gastos).
 2. **Diferenciación/Innovación** (nuevos productos o servicios).
 3. **Crecimiento o Adquisición** (expansión, fusiones, nuevos mercados).
 4. **Servicio al cliente/Estabilidad** (lealtad, satisfacción del cliente, continuidad).
- Elegir un **arquetipo principal** y uno **secundario** para reflejar la realidad de la empresa.
- Asignar valores (por ejemplo, del **1 al 5**) según la importancia de cada arquetipo en la empresa.
- Este puntaje se traslada en la hoja Excel a una **ponderación numérica** que ayuda a identificar cuáles objetivos de gobierno y gestión son más relevantes (por ejemplo, EDM, APO, BAI, DSS, MEA).

2.12.1.2. Documentación de resultados de la Etapa 1:

Prioridad de arquetipo de estrategia:

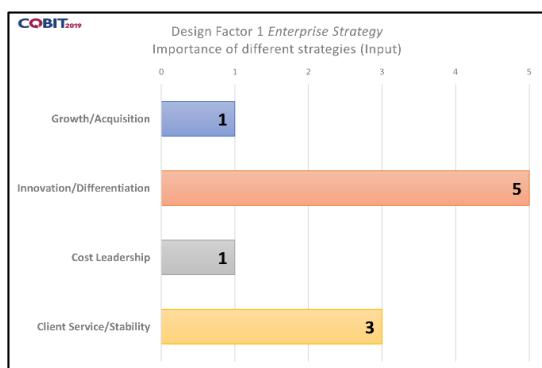


Gráfico 2.1 prioridad de DF1 según arquetipos propuestos por ISACA

Value	Importance (1-5)
Growth/Acquisition	1
Innovation/Differentiation	5
Cost Leadership	1
Client Service/Stability	3

Tabla 2.1 ponderación de prioridad según arquetipos pertinentes

Resultado del análisis del primer factor de diseño utilizando la herramienta de Excel:

Governance / Management Objective	Score	Baseline Score	Relative Importance
EDM03	13	15	5
EDM05	16	18	5
APO02	25,5	28,5	5
APO04	25	21	45
APO05	29	33	5
APO08	20	21	15
APO09	19,5	22,5	5
APO11	19	21	10
APO12	17	18	15
APO13	14,5	16,5	5
BAI04	16	18	5
BAI06	17,5	19,5	10
BAI07	17	18	15
BAI08	22,5	19,5	40
DSS02	19	21	10
DSS03	16	18	5
DSS04	19	21	10
DSS05	14,5	16,5	5

Tabla 2.2 resultados de etapa 1, DF 1

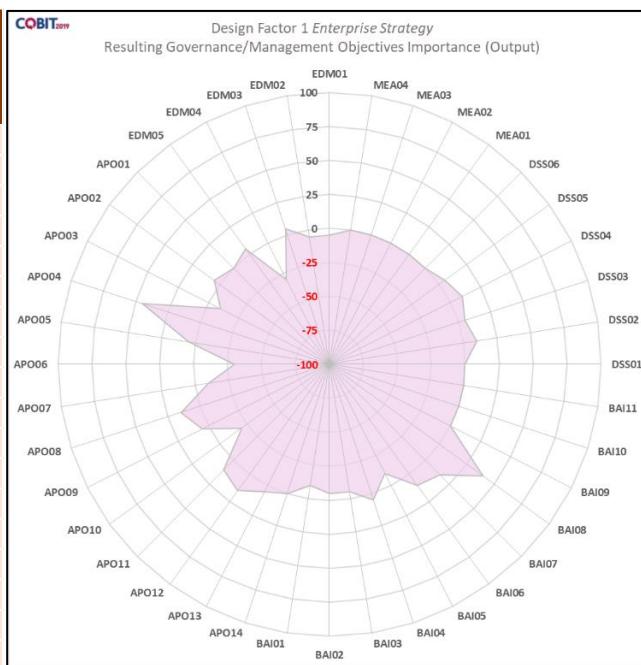


Gráfico 2.2 resultados de etapa 1, DF 1

Conclusión:

Se puede observar cómo desde un inicio se destacan objetivos como APO04 que tienen que ver con la innovación para soluciones o productos de IT.

2.12.2. Etapa 2: Determinar el alcance inicial (Cascada de metas)

En esta segunda etapa del diseño del sistema de gobierno mínimo, se desarrolla la cascada de metas para alinear las metas empresariales de la empresa propuestas en el factor de diseño 2 y alinearlas con las metas de alineamiento genéricas propuestas por ISACA para el diseño de un sistema de gobernanza y se realiza un análisis conjunto de los primeros cuatro factores de diseño definidos por COBIT 2019:

- Estrategia empresarial.
- Metas empresariales.
- Perfil de riesgo.
- Problemas relacionados con TI.

El propósito de este análisis es identificar cuáles procesos de gobierno y gestión deben priorizarse dentro del marco COBIT, con base en la estrategia y metas empresariales de la organización.

2.12.2.1. Actividades principales:

- Se realiza la **cascada de metas** analizando el factor de diseño número 2, que consiste en la propuesta de metas empresariales (EG) para su

alineamiento con metas de alineamiento (AG), que posteriormente se utilizará para relacionar dichas metas con los objetivos de COBIT principales y secundarios que se proponen implementar para alcanzar los objetivos de la empresa.

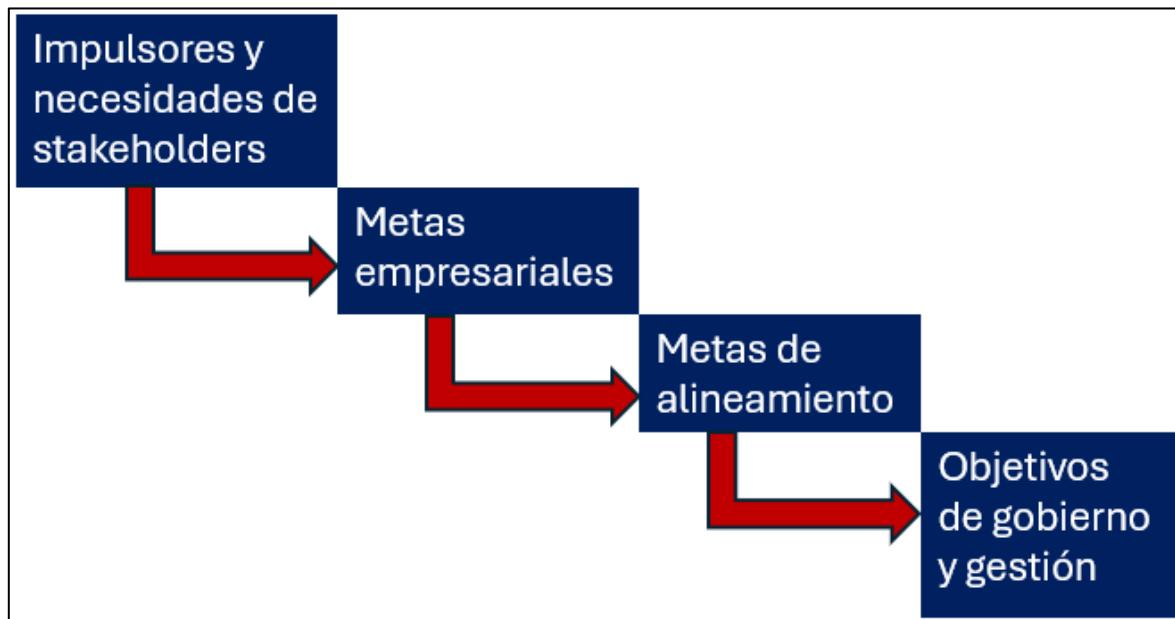


Imagen 2.6: cascada de metas

- Integrar la información de los factores de diseño:

Se recopilan los resultados de la evaluación del factor de diseño 1 (estrategia empresarial) y se combinan con las metas del negocio, el nivel de exposición a riesgos y los principales problemas de TI detectados.

Cada uno de estos factores influye en el peso que tendrán los distintos procesos COBIT.

- Evaluar y ponderar los factores:

Mediante la herramienta de Excel proporcionada por ISACA, se asignan valores numéricos (por ejemplo, de 1 a 5) a cada elemento dentro de los cuatro factores.

Esto permite cuantificar su relevancia y establecer un alcance inicial de gobernanza adaptado a la organización.

2.12.2.2. Cascada de metas

Alineación de metas empresariales (EG) con metas de alineamiento (AG):

A	Metas empresariales					<input checked="" type="checkbox"/>	Principal
	EG01	EG05	EG08	EG12	EG13		
Metas de Alineamiento	AG03	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
	AG05	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
	AG06	<input checked="" type="checkbox"/>					
	AG08	<input checked="" type="checkbox"/>					
	AG09	<input checked="" type="checkbox"/>					
	AG12		<input checked="" type="checkbox"/>				
	AG13	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Tabla 2.5: Mapeo de metas empresariales con metas de alineamiento

Alineación de metas de alineamiento (AG) con objetivos de COBIT:

B	Metas de alineamiento							<input checked="" type="checkbox"/>	Principal
	AG03	AG05	AG06	AG08	AG09	AG12	AG13		
Objetivos de COBIT	EDM01	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				
	EDM02	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
	EDM04	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
	EDM05					<input checked="" type="checkbox"/>			
	APO01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				
	APO02	<input checked="" type="checkbox"/>							
	APO03	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	APO04	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	APO05	<input checked="" type="checkbox"/>							
	APO06	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>			
	APO07	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

APO08	<input checked="" type="checkbox"/>						
APO09		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
APO10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
APO11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
BAI01	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
BAI02	<input checked="" type="checkbox"/>						
BAI03	<input checked="" type="checkbox"/>						
BAI04		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
BAI05	<input checked="" type="checkbox"/>						
BAI06		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
BAI07			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
BAI08	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				
BAI10		<input checked="" type="checkbox"/>					
BAI11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
DSS01		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
DSS02		<input checked="" type="checkbox"/>					
DSS03		<input checked="" type="checkbox"/>					
DSS04		<input checked="" type="checkbox"/>					
DSS05		<input checked="" type="checkbox"/>					
DSS06		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
MEA01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
MEA02		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
MEA04		<input checked="" type="checkbox"/>					

Tabla 2.6: Mapeo de metas de alineamiento con objetivos de COBIT

2.12.2.3. Documentación de resultados de la Etapa 2:

Como resultado de la cascada de metas y la implementación de la herramienta en Excel, se proponen los siguientes procesos (tabla 2.7 recortada con fines estéticos):

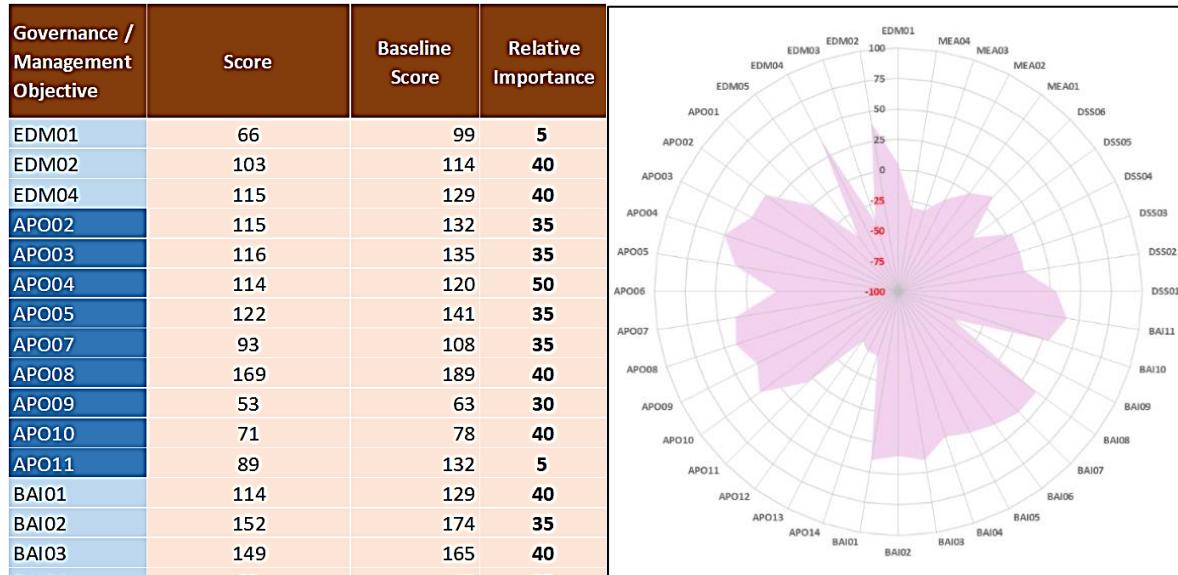


Tabla 2.3 resultados de etapa 2 DF2 y cascada de metas

Gráfico 2.3 resultados de etapa 2 DF2 y cascada de metas

Posteriormente se analizaron los factores de diseño 3 y 4, que contemplan el análisis de riesgos y problemas relacionados a IT respectivamente. En dicho análisis se contempla lo siguiente:

Risk Scenario Category	Impact (1-5)	Likelihood (1-5)	Risk Rating
IT investment decision making, portfolio definition & maintenance	1	1	●
Program & projects life cycle management	1	1	●
IT cost & oversight	1	1	●
IT expertise, skills & behavior	1	1	●
Enterprise/IT architecture	1	1	●
IT operational infrastructure incidents	1	1	●
Unauthorized actions	1	1	●
Software adoption/usage problems	3	3	○
Hardware incidents	2	3	●
Software failures	3	1	●
Logical attacks (hacking, malware, etc.)	2	2	●
Third-party/supplier incidents	3	2	●
Noncompliance	1	1	●
Geopolitical Issues	1	1	●
Industrial action	1	1	●
Acts of nature	3	3	○
Technology-based innovation	1	1	●
Environmental	1	1	●
Data & information management	1	1	●

Tabla 2.4 escenarios de riesgos contemplados por DF 3

Governance / Management Objective	Score	Baseline Score	Relative Importance
APO02	50	144	20
APO03	55	171	10
APO08	65	153	45
APO09	60	117	75
APO10	85	216	35
APO11	35	99	20
APO12	39	90	50
APO14	76	198	30
BAI01	33	81	40
BAI02	47	117	35
BAI03	44	117	30
BAI05	40	72	90
BAI07	43	117	25
BAI08	45	135	15
DSS01	41	135	5
DSS02	66	144	55
DSS03	53	108	70
DSS04	83	216	30

Tabla 2.5 resultados de DF 3

I&T-Related Issue	Importance (1-3)
Frustration between different IT entities across the organization because of a perception of low contribution to business value	●
Frustration between business departments (i.e., the IT customer) and the IT department because of failed initiatives or a perception of low contribution to business value	●
Significant I&T-related incidents, such as data loss, security breaches, project failure and application errors, linked to IT	○
Service delivery problems by the IT outsourcer(s)	○
Failures to meet IT-related regulatory or contractual requirements	●
Regular audit findings or other assessment reports about poor IT performance or reported IT quality or service problems	●
Substantial hidden and rogue IT spending, that is, I&T spending by user departments outside the control of the normal I&T investment decision mechanisms and approved budgets	○
Duplications or overlaps between various initiatives, or other forms of wasted resources	✗
Insufficient IT resources, staff with inadequate skills or staff burnout/dissatisfaction	✗
IT-enabled changes or projects frequently failing to meet business needs and delivered late or over budget	○
Reluctance by board members, executives or senior management to engage with IT, or a lack of committed business sponsorship for IT	○
Complex IT operating model and/or unclear decision mechanisms for IT-related decisions	○
Excessively high cost of IT	●
Obstructed or failed implementation of new initiatives or innovations caused by the current IT architecture and systems	✗

Tabla 2.6 problemas relacionados a TI DF 4

Governance / Management Objective	Score	Baseline Score	Relative Importance
EDM04	65,5	67	5
APO02	48	50	5
APO03	64,5	66	5
APO04	35,5	32	20
APO07	49	47	15
APO08	67,5	70	5
BAI01	37,5	35	15
BAI05	27,5	28	5
BAI08	34,5	31	20
BAI09	22	23	5
BAI11	46,5	45	10

Tabla 2.7 resultados de DF 4

●	Very High Risk
○	High Risk
●	Normal Risk
●	Low Risk

Tabla 2.8 valores cualitativos de ponderación de DF

Gap between business and technical knowledge, which leads to business users and information and/or technology specialists speaking different languages	
Regular issues with data quality and integration of data across various sources	
High level of end-user computing, creating (among other problems) a lack of oversight and quality control over the applications that are being developed and put in operation	
Business departments implementing their own information solutions with little or no involvement of the enterprise IT department (related to end-user computing, which often stems from dissatisfaction with IT solutions and services)	
Ignorance of and/or noncompliance with privacy regulations	
Inability to exploit new technologies or innovate using I&T	

Tabla 2.13: continuación de tabla 2.10

2.12.3. Etapa 3: Afinar el alcance del sistema de gobierno

En esta etapa se reunirán todos los procesos que idealmente deberían implementarse basándose en el análisis de las necesidades de la empresa según sus metas, estrategias, riesgos posibles y problemas de IT actuales. Además, se analizarán los factores de diseño que, a decisión, se requieren evaluar particularmente en este sistema de gobierno personalizado.

Como se puede observar en las figuras 8 y 9, se obtienen los procesos recomendados al analizar los factores de diseño en la etapa 2 (Grafico 2.4) y finalmente en la etapa 3 se refina ese resultado obteniendo los objetivos de cobit recomendados según la etapa 3 (gráfico 2.5):

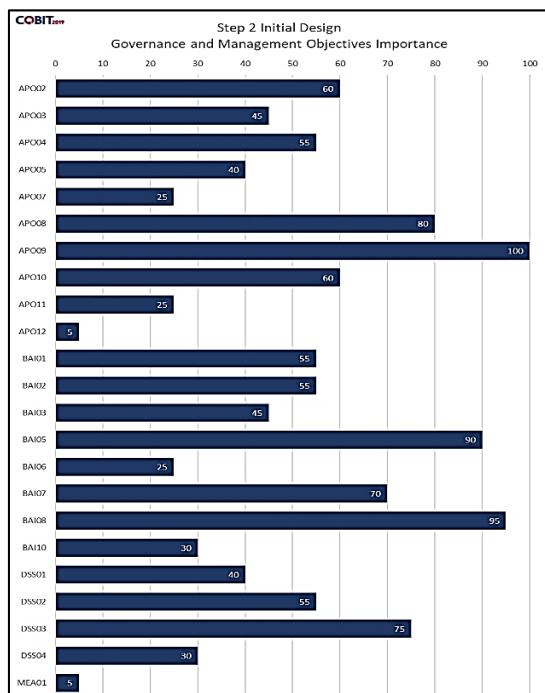


Gráfico 2.4 objetivos de cobit recomendados en etapa 2

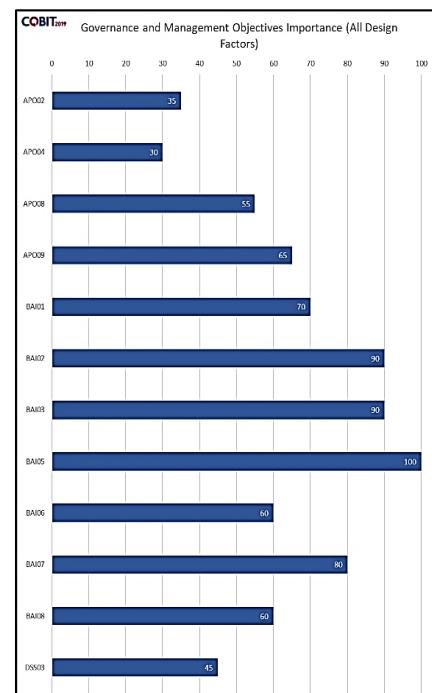


Gráfico 2.5 objetivos de cobit recomendados en etapa 3

Análisis de factores de diseño restantes:

Modelo de abastecimiento de IT (DF8):

Este factor de diseño mide la importancia de la fuente de recursos para implementación de IT.

- Outsourcing: Si el recurso lo abastece un tercero.
- Cloud: Si el recurso utiliza la nube.
- Insourcing: Si el recurso lo provee la propia empresa.

Value	Importance (100%)
Outsourcing	45%
Cloud	45%
Insourced	10%

Tabla 2.9 ponderación de prioridades en DF 8

Governance / Management Objective	Score	Baseline Score	Relative Importance
EDM03	1,45	1,33	10
APO09	3,70	2,98	25
APO10	3,70	2,98	25
APO12	1,90	1,66	15
MEA01	2,80	2,32	20

Tabla 2.10 resultados de DF 8

Métodos de implementación (DF9):

Este factor de diseño analiza la metodología usada para implementar IT en la empresa, puede ser Agile (Scrum), DevOps (despliegue), Otras (Cascada).

Value	Importance (100%)
Agile	70%
DevOps	20%
Traditional	10%

Tabla 2.11 ponderación de prioridades de DF 9

Governance / Management Objective	Score	Baseline Score	Relative Importance
APO03	1,20	1,10	10
APO07	1,10	1,05	5
APO12	1,10	1,05	5
BAI01	1,80	1,20	50
BAI02	2,95	1,48	100
BAI03	3,50	1,65	110
BAI05	2,15	1,28	70
BAI06	2,95	1,48	100
BAI07	2,35	1,38	70
BAI10	1,55	1,18	30
BAI11	2,05	1,23	65
DSS01	1,30	1,15	15
DSS02	1,10	1,05	5
DSS03	1,10	1,05	5
MEA01	1,45	1,13	30

Tabla 2.12 resultado de DF 9

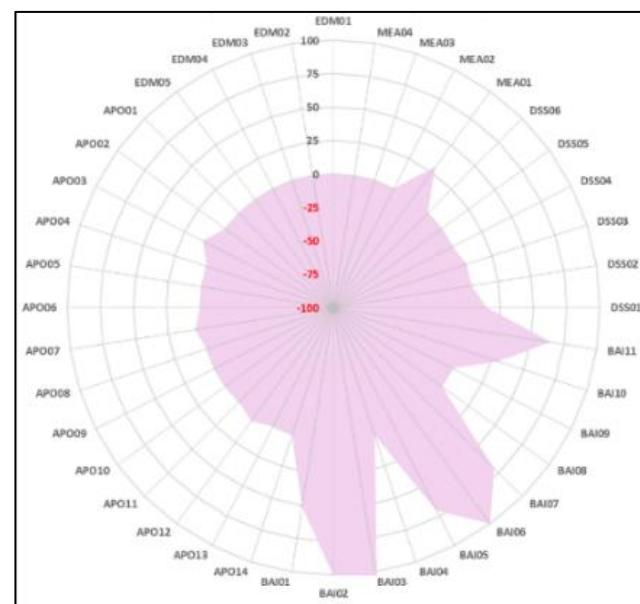


Gráfico 2.6 resultado de DF 9

2.12.4. Etapa 4: Concluir el diseño del sistema de gobierno

2.12.4.1. Justificación

Las estrategias de negocio consideradas para realizar la cascada de metas fueron las siguientes:

EG	Descripción EG
EG01	Portafolio de productos y servicios competitivos
EG05	Cultura de servicio orientado al cliente
EG08	Optimización de la funcionalidad de los procesos internos de negocio
EG12	Gestión de programas de transformación digital
EG13	Innovación de productos y negocios

Tabla 2.18: metas empresariales contempladas

Por consiguiente, dichas estrategias empresariales, se ven directamente relacionadas con las metas de alineamiento siguientes:

AG	Descripción AG
AG06	Convertir requisitos de negocio en soluciones operativas
AG08	Habilitar procesos de negocio mediante aplicaciones y tecnología
AG09	Ejecución de programas que cumplan con requisitos y estándares
AG13	Innovación empresarial

Tabla 2.19: metas de alineamiento contempladas

En la siguiente tabla se puede verificar el alineamiento de las metas empresariales con las metas de alineamiento propuestas por ISACA, así como los objetivos de COBIT que se decidieron implementar como iteración inicial del sistema de gobierno:

AG	EG (Enterprise Goals)
AG06	EG01, EG08
AG08	EG01, EG12
AG09	EG01, EG05, EG12
AG13	EG01, EG12, EG13

Tabla 2.20: relación entre metas de alineamiento con metas empresariales

Proceso COBIT	AG (Alignment Goals)
EDM01	AG08, AG011
APO02	AG08, AG13
APO04	AG06, AG08
BAI02	AG06, AG09
BAI03	AG06, AG08

Tabla 2.21: relación entre objetivos de cobit y metas de alineamiento

Esta tabla describe el propósito de cada objetivo o proceso de COBIT seleccionado para su posterior implementación:

Proceso COBIT	Descripción
EDM01	Asegurar la gobernanza con COBIT 2019
APO02	Gestionar la Estrategia
APO04	Gestionar la innovación
BAI02	Gestionar la definición de requisitos
BAI03	Gestionar la identificación y construcción de soluciones

Tabla 2.22: Objetivos de COBIT 2019 que se aspiran alcanzar

El resultado final luego de hacer uso de la herramienta en Excel y en comparativa con los ajustes realizados manualmente teniendo en cuenta los requisitos de la empresa se reflejan en el gráfico 2.7 vs el gráfico 2.8:

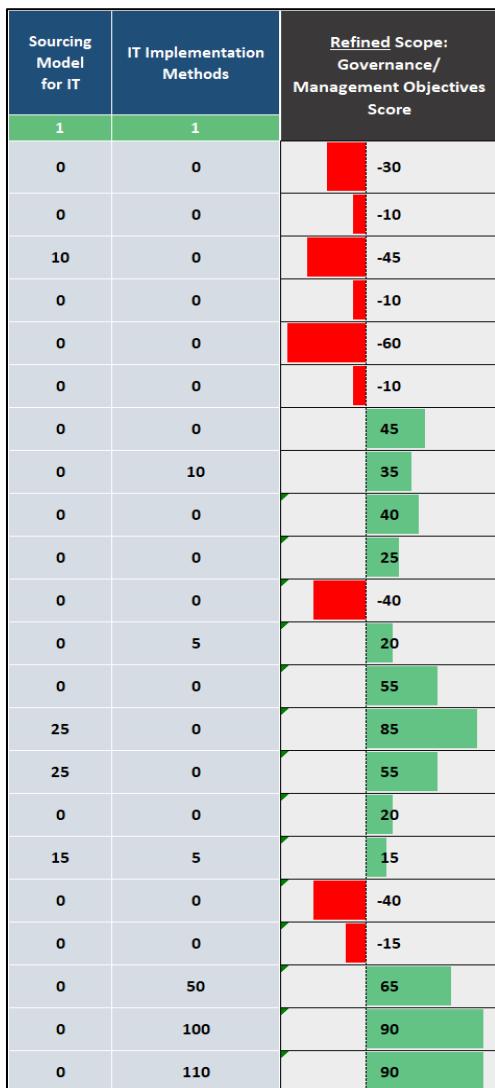


Gráfico 2.7: resultados paso 3



Gráfico 2.8: resultados paso 4

2.13. 7 fases del ciclo de implementación de COBIT

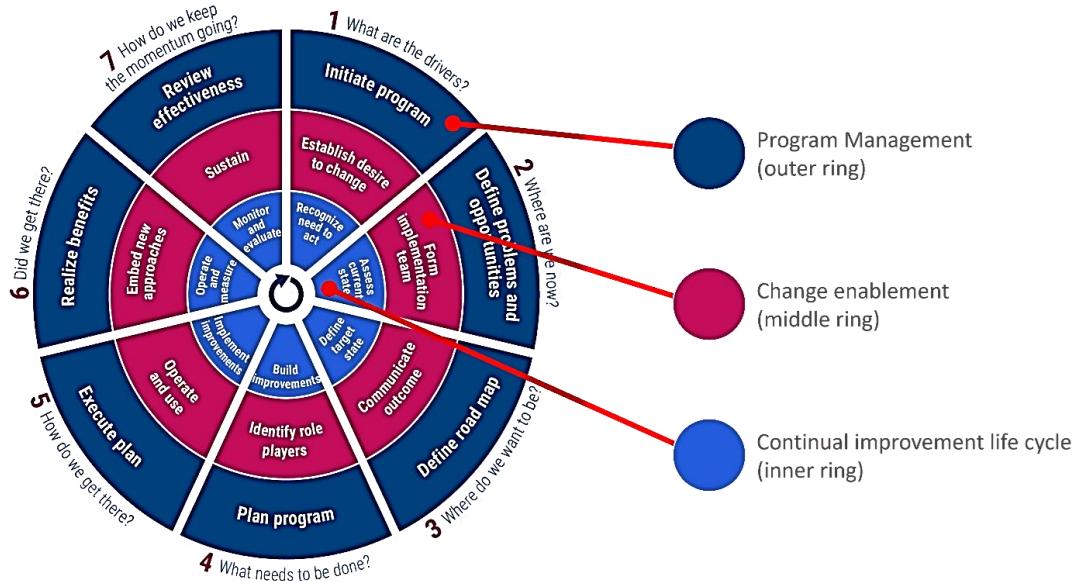


Imagen 2.7: Ciclo de vida de COBIT 2019

COBIT establece un marco de gobernanza mediante siete fases o preguntas clave que guían la implementación de procesos de TI alineados con los objetivos de negocio (imagen 2.7):

2.13.1. ¿Cuáles son los impulsores?

Preparar la iniciativa

Los impulsores principales del proyecto surgen de la necesidad de las pequeñas tiendas de abarrotes de mejorar el control de inventario y anticipar la demanda de productos.

2.13.2. ¿Dónde estamos?

Diagnosticar el estado actual

La empresa o entorno en el que se desarrollará el sistema presenta un nivel de madurez inicial ya que los procesos se realizan de forma reactiva, con poca documentación y sin métricas estandarizadas.

2.13.3. ¿Dónde queremos estar?

Planificar la ruta

Se busca alcanzar un nivel de madurez 2 (Gestionado), donde los procesos de desarrollo, documentación, validación y control de cambios estén descritos y

replicables. Además del aprovechamiento de tecnologías emergentes basadas en IA predictiva.

2.13.4. ¿Qué debe hacerse?

Diseñar soluciones

Para cerrar la brecha entre la situación actual y la deseada se deben implementar los procesos más relevantes de COBIT, priorizando los siguientes:

APO02, APO04, BAI03.

2.13.5. ¿Como queremos llegar?

Implementar soluciones

Durante cada sprint se revisarán los entregables bajo los criterios de COBIT y CMMI.

El control del avance se realizará mediante reuniones de revisión, métricas de desempeño y retroalimentación continua, garantizando la alineación entre desarrollo, gobernanza e innovación.

2.13.6. ¿Lo logramos?

Evaluar desempeño

Al finalizar el proyecto, se evaluará si los objetivos fueron alcanzados mediante indicadores como: Funcionamiento del sistema predictivo, implantación del marco de gobierno exitoso.

2.13.7. ¿Como mantenemos el impulso?

Mejorar de manera continua

Se establecerá un proceso de mejora continua, donde la aplicación y su IA sean refinadas progresivamente según los resultados y retroalimentación obtenida.

2.14. Guía para el desarrollo de objetivos COBIT

Esta sección explora las actividades a realizar si se desea implementar un objetivo de gobierno en COBIT 2019.

En ella se detalla la presentación del objetivo, así como el desarrollo de sus 7 componentes.

2.14.1. EDM01

2.14.1.1. Presentación del objetivo de gobierno

Dominio: Evaluar, Dirigir y Monitorizar	Área prioritaria: Modelo Core de COBIT
Descripción	Analizar y articular los requisitos para el gobierno de la I&T de la empresa. Establecer y mantener componentes de gobierno claros con respecto a la autoridad y las responsabilidades para lograr la misión, las metas y los objetivos de la empresa.
Propósito	Proporcionar un enfoque consistente integrado y alineado con el enfoque de gobierno de la empresa. Las decisiones relacionadas con I&T deben hacerse en línea con las estrategias y objetivos de la empresa y para alcanzar el valor deseado. En este sentido, debe asegurarse de que los procesos relacionados con la I&T se supervisen de forma eficaz y transparente; que se cumpla con los requisitos legales, contractuales y regulatorios; y que se cumplan los requisitos de gobierno para los miembros del consejo de dirección.
El objetivo de gobierno respalda el logro de una serie de metas empresariales y de alineamiento primarias:	
Metas empresariales	Metas de alineamiento
<ul style="list-style-type: none"> • EG03 Cumplimiento de leyes y regulaciones externas • EG08 Optimización de la funcionalidad de procesos internos del negocio • EG12 Gestión de programas de transformación digital 	<p>→</p> <ul style="list-style-type: none"> • AG01 Cumplimiento y soporte de I&T para el cumplimiento empresarial con las leyes y regulaciones externas • AG03 Beneficios obtenidos del portafolio de inversiones y servicios relacionados con I&T
Métricas modelo para metas empresariales	Métricas modelo para metas de alineamiento
<p>EG03</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Coste de incumplimiento regulatorio, incluidos acuerdos y multas b. Número de problemas de incumplimiento regulatorio que causan comentarios públicos o publicidad negativa c. Número de problemas de incumplimiento señalados por los reguladores d. Número de problemas de incumplimiento regulatorio en relación con acuerdos contractuales con socios de negocio <p>EG08</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Niveles de satisfacción del consejo de administración y la dirección ejecutiva con las capacidades del proceso del negocio b. Niveles de satisfacción de los clientes con las capacidades de prestación de servicios c. Niveles de satisfacción de los proveedores externos con las capacidades de la cadena de suministro 	<p>AG01</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Coste de incumplimiento de TI, incluidos acuerdos y multas, y el impacto de la pérdida reputacional b. Número de problemas de incumplimiento relacionados con la TI notificados al consejo de administración o que causan comentarios o vergüenza pública c. Número de problemas de incumplimiento relacionados acuerdos contractuales con los proveedores de servicios de TI <p>AG03</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Porcentaje de inversiones posibilitadas por la I&T en las que los beneficios previstos se cumplen o exceden b. Porcentaje de servicios de I&T para los que se han logrado los beneficios esperados (indicados en los acuerdos de nivel de servicio)

Imagen 2.8: Componentes del sistema de gobierno

2.14.1.2. Componentes de EDM01 (7 Componentes)

2.14.1.2.1. Componente A: Proceso

2.14.1.2.1.1. Práctica de gobierno 01:

A. Componente: Proceso	Métricas modelo
Práctica de gobierno EDM01.01 Evaluar el sistema de gobierno Identificar e involucrarse continuamente con las partes interesadas de la empresa, documentar una comprensión de los requisitos y evaluar el diseño actual y futuro del gobierno de I&T empresarial.	a. Número de principios guía definidos para el gobierno y la toma de decisiones de I&T b. Número de altos ejecutivos implicados en establecer el rumbo del gobierno para I&T
Actividades	Nivel de capacidad
1. Analizar e identificar los factores ambientales internos y externos (obligaciones legales, regulatorias y contractuales), así como las tendencias en el entorno de negocio que pueden influir en el diseño del gobierno.	2
2. Determinar la importancia de I&T y su papel con respecto al negocio.	
3. Considerar las regulaciones, leyes, y obligaciones contractuales externas y determinar cómo deberían aplicarse dentro del gobierno de I&T de una empresa.	
4. Determinar las implicaciones de todo el entorno de control de la empresa con respecto a I&T.	
5. Alinear el uso ético y el procesamiento de la información y su impacto en la sociedad, el entorno natural y los intereses de los interesados internos y externos con la dirección, las metas y los objetivos de la empresa.	3
6. Articular los principios que guiarán el diseño del gobierno y la toma de decisiones de I&T.	
7. Determinar el modelo óptimo de toma de decisiones para I&T.	
8. Determinar los niveles adecuados de delegación de autoridad, incluidas las reglas de limitaciones, para las decisiones de I&T.	

Imagen 2.9: Práctica de gobierno 1 de componente A

Documentación relacionada (Estándares, Marcos, Requisitos de cumplimiento)	Referencia específica
CMMI Cybermaturity Platform, 2018	GE.AG Apply Governance System; GE.MG Monitor Governance System
ISO/IEC 38500:2015(E)	5.2 Principle 1: Responsibility (Evaluate)
ITIL V3, 2011	Service Strategy, 2.3 Governance and management systems
National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-37, Revisión 2 (Borrador), mayo de 2018	3.1 Preparation (Tasks 2, 3, 4, 5)

Imagen 2.10: documentación relacionada a practica de gobierno 1 del componente A

2.14.1.2.1.2. Practica de gobierno 02:

Práctica de gobierno	Métricas modelo	Nivel de capacidad
EDM01.02 Dirigir el sistema de gobierno. Informar a los líderes sobre los principios de gobierno de I&T y obtener su apoyo, aprobación y compromiso. Guiar las estructuras, procesos y prácticas para el gobierno de I&T en línea con los principios de gobierno, los modelos de toma de decisiones y los niveles de autoridad acordados. Definir la información requerida para la toma de decisiones informada.	a. Grado en el cual los principios de gobierno de I&T acordados son evidentes en procesos y prácticas (porcentaje de procesos y prácticas que se atribuyen a los principios) b. Frecuencia de presentación de informes del gobierno de I&T al comité ejecutivo y el consejo de administración c. Número de roles, responsabilidades y autoridades para el gobierno de I&T que son definidos, asignados y aceptados por los directivos de negocio e I&T correspondientes.	
Actividades		
1. Comunicar el gobierno de los principios de I&T y acordar con la administración ejecutiva la forma de establecer un liderazgo informado y comprometido.		2
2. Establecer o delegar el establecimiento de estructuras, procesos y prácticas de gobierno en línea con los principios de diseño acordados.		
3. Establecer un consejo de administración de gobierno de I&T (o equivalente) a nivel del consejo de administración. Este consejo de administración debería garantizar que el gobierno de la información y la tecnología, como parte del gobierno de la empresa, se aborda de forma adecuada; aconsejar sobre la dirección estratégica a seguir; y determinar la priorización de los programas de inversión habilitados por I&T en línea con la estrategia y prioridades del negocio de la empresa.		
4. Asignar la responsabilidad, autoridad y rendición de cuentas por las decisiones de I&T en línea con los principios de diseño de gobierno, de los modelos de toma de decisiones y de delegación acordados.		
5. Asegurar que los mecanismos de comunicación y presentación de informes proporcionan la información adecuada a los responsables de la supervisión y toma de decisiones.		
6. Direccionar al personal para que siga las directrices relevantes en cuanto al comportamiento ético y profesional y asegurar que se conozcan y se apliquen las consecuencias del incumplimiento.		
7. Direccionar el establecimiento de un sistema de recompensas para fomentar el cambio cultural deseado.		

Documentación relacionada (Estándares, Marcos, Requisitos de cumplimiento)	Referencia específica
CMMI Cybermaturity Platform, 2018	GE.DG Direct Governance System
ISF, The Standard of Good Practice for Information Security 2016	SG1.1 Security Governance Framework
ISO/IEC 38500:2015(E)	5.2 Principle 1: Responsibility (Direct)
ISO/IEC 38502:2017(E)	Governance of IT - Framework and model (all chapters)
King IV Report on Corporate Governance for South Africa, 2016	Part 5.4: Governance functional areas - Principle 12
National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-53, Revisión 5 (Borrador), agosto de 2017	3.14 Planning (PL-2, PL-10)

Imagen 2.11: Practica de gobierno 2 de componente A

2.14.1.2.1.3. Practica de gobierno 03:

Práctica de gobierno	Métricas modelo	Nivel de capacidad
EDM01.03 Monitorizar el sistema de gobierno Monitorizar la eficacia y el rendimiento del gobierno de I&T de la empresa. Evaluar si el sistema de gobierno y los mecanismos implementados (incluyendo las estructuras, los principios y los procesos) están operando de forma efectiva y ofrecen una supervisión apropiada de I&T para permitir la creación de valor.	a. Ciclo de vida real vs. objetivo para decisiones clave b. Frecuencia de revisiones independientes del gobierno de I&T c. Nivel de satisfacción de la parte interesada (medido a partir de encuestas) d. Número de problemas de gobierno de I&T comunicados	
Actividades		
1. Evaluar la eficacia y el rendimiento de aquellas partes interesadas a las que se le ha delegado la responsabilidad y autoridad para el gobierno empresarial de I&T.		3
2. Evaluar de forma periódica si los mecanismos de I&T que se han acordado (estructuras, principios, procesos, etc.) se han establecido y operan de forma eficiente.		
3. Evaluar la eficacia del diseño de gobierno e identificar acciones para rectificar cualquier desviación que se encuentre.		

Imagen 2.12: Practica de gobierno 3 de componente A

2.14.1.2.2. Componente B: Estructuras organizativas

B. Componente: Estructuras organizativas					
Práctica clave de gobierno					
EDM01.01 Evaluar el sistema de gobierno.			A	R	R R R
EDM01.02 Dirigir el sistema de gobierno.			A	R	R
EDM01.03 Monitorizar el sistema de gobierno.			A	R R	R R
Documentación relacionada (Estándares, Marcos, Requisitos de cumplimiento)	Referencia específica				
COSO Enterprise Risk Management, junio de 2017	6. Governance and Culture—Principle 2				
ISO/IEC 38502:2017(E)	5.1 Responsibilities of the governing body				
King IV Report on Corporate Governance for South Africa, 2016	Part 2: Fundamental concepts—Definition of corporate governance; Part 5.3: Governing structures and delegation—Principle 6 & 7				

Imagen 2.13: Componente B

2.14.1.2.3. Componente C: Flujos y elementos de información

C. Componente: Flujos y elementos de información (ver también la sección 3.6)					
Práctica de gobierno		Entradas	Salidas		
	De	Descripción	Descripción	A	
EDM01.01 Evaluar el sistema de gobierno	MEA03.02	Comunicaciones de requisito de cambios en el cumplimiento	Principios rectores del gobierno empresarial	Todos los EDM; AP001.01; AP001.03 AP001.04	
	Fuera de COBIT	<ul style="list-style-type: none"> • Constitución/reglamentos/estatutos de la organización • Modelo de gobierno/toma de decisiones • Leyes/regulaciones • Tendencias del entorno empresarial 	Modelo de toma de decisiones Niveles de autoridad	Todos los EDM; AP001.01; AP001.04	
EDM01.02 Dirigir el sistema de gobierno.			Comunicación del gobierno de la empresa	Todos los EDM; AP001.02	
			Método de sistema de recompensa	AP007.03; AP007.04	
EDM01.03 Monitorizar el sistema de gobierno.	MEA01.04	Informes de desempeño	Retroalimentación sobre el rendimiento y la eficacia del gobierno	Todos los EDM; AP001.11	
	MEA01.05	Estado y resultados de las acciones			
	MEA02.01	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados de la supervisión y revisión del control interno • Resultados del benchmarking y otras evaluaciones 			
	MEA02.03	Resultados de las revisiones de las autoevaluaciones			
	MEA03.03	Confirmaciones de cumplimiento			

Imagen 2.14: Aplicación de IA en sistemas de información

	MEA03.04	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de aseguramiento del cumplimiento • Informes de los problemas y causa raíz del incumplimiento 		
	MEA04.02	Planes de aseguramiento		
	Fuera de COBIT	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de auditoría • Obligaciones 		
Documentación relacionada (Estándares, Marcos, Requisitos de cumplimiento)		Referencia específica		
National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-37, Revisión 2, septiembre de 2017		3.1 Preparation (Task 2, 3, 4, 5): Inputs and Outputs		

Imagen 2.15: Componente C

2.14.1.2.4. Componente D: Personas, habilidades y competencias

D. Componente: Personas, habilidades y competencias				
Habilidad	Documentación relacionada (Estándares , Marcos, Requisitos de cumplimiento)	Referencia específica		
Gobierno de SI	e-Competence Framework (e-CF)—A common European Framework for ICT Professionals in all industry sectors—Part 1: Framework, 2016	E. Manage—E.9. IS Governance		
Gobierno de TI	Skills Framework for the Information Age V6, 2015	GOVN		

Imagen 2.16: Componente D

2.14.1.2.5. Componente E: Políticas y procedimientos

E. Componente: Políticas y procedimientos				
Política relevante	Descripción de la política	Documentación relacionada	Referencia específica	
Política de Delegación de Autoridad	Especifica la autoridad que el consejo de administración estrictamente conserva para sí. Enumera los principios generales de la delegación de autoridad y la planificación de la delegación (incluidos límites claros). Define las estructuras organizativas a las cuales el consejo de administración delega la autoridad.	(1) ISO/IEC 38500:2015(E); (2) ISO/IEC 38502:2017(E); (3) King IV Report on Corporate Governance for South Africa, 2016	(1) 5.2 Principle 1: Responsibility; (2) 5.3 Delegation; (3) Part 5.3: Governing structures and delegation Principle—8 and 10	
Política de gobierno	Proporciona los principios rectores de gobierno (p. ej., el gobierno de I&T es crítico para el éxito empresarial; I&T y el negocio se alinean estratégicamente; los requisitos y beneficios empresariales determinan las prioridades; la aplicación debe ser equitativa, oportuna y consistente; las mejores prácticas, marcos de referencia y estándares de la industria deben evaluarse e implementarse como corresponda). Incluye imperativos de gobierno, como construir confianza y alianzas, para tener éxito. Enfatiza que el gobierno de I&T refleja un proceso de mejora continua y debe personalizarse, mantenerse y actualizarse para asegurar su relevancia.	National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-53, Revisión 5 (Borrador), agosto de 2017	3.14 Planning (PL-1)	

Imagen 2.17: Componente E

2.14.1.2.6. Componente F: Cultura, ética y comportamiento

F. Componente: Cultura, ética y comportamiento				
Elementos culturales clave	Documentación relacionada	Referencia específica		
Identificar y comunicar la cultura de toma de decisiones, la ética organizativa y comportamientos individuales que encarnan los valores de la empresa. Demostrar el liderazgo ético y marcar la actitud de la alta gerencia.	(1) National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-53, Revisión 5, agosto de 2017; (2) ISO/IEC 38500:2015(E); (3) King IV Report on Corporate Governance for South Africa, 2016	(1) 3.14 Planning (PL-4); (2) 4.1 Principles; (3) Part 5.1: Leadership, ethics and corporate citizenship - Principle 2		

Imagen 2.18: Componente F

2.14.1.2.7. Componente G: Servicios, infraestructura y aplicaciones

G. Componente: Servicios, infraestructura y aplicaciones
• COBIT y productos/herramientas relacionados • Marcos y estándares equivalentes

Imagen 2.19: Componente G

2.15. Conclusiones del capítulo 2: COBIT 2019

La aplicación del marco COBIT 2019 dentro del proyecto “Desarrollo de Aplicación móvil inteligente de gestión de inventario y predicción de demanda en tiendas de abarrotes en Nicaragua aplicando COBIT y CMMI para la gobernanza y madurez de procesos” demuestra la importancia de establecer una estructura formal de gobernanza de tecnologías de información en organizaciones con bajo nivel de madurez tecnológica. Este marco permite implementar un sistema de gobierno adaptado a la realidad de las microempresas, promoviendo la alineación estratégica entre los objetivos del negocio y las iniciativas tecnológicas, así como el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles.

El estudio evidenció que COBIT 2019 ofrece un conjunto integral de principios, procesos y factores de diseño que posibilitan construir un sistema de gobernanza flexible y escalable, incluso en entornos con limitaciones estructurales y de recursos. En este contexto, la selección de los procesos APO04 (Gestión de la innovación), BAI02 (Gestión de requisitos) y BAI03 (Gestión de la construcción de soluciones) permitió establecer una base mínima de control, planificación y alineación estratégica en el desarrollo de la aplicación móvil. Estos procesos representan pilares fundamentales para guiar la innovación tecnológica, la trazabilidad de requerimientos y la correcta implementación de soluciones que aporten valor real a la organización.

A través de las etapas de diseño del sistema de gobernanza propuestas por COBIT, fue posible traducir las estrategias de negocio en objetivos tecnológicos concretos. Este proceso facilitó la identificación de prioridades, la optimización de los recursos y la asignación clara de responsabilidades, promoviendo una gestión más estructurada y orientada a resultados. La metodología aplicada evidenció que la gobernanza tecnológica no debe ser exclusiva de grandes corporaciones, sino una práctica alcanzable y necesaria para pequeñas empresas que buscan formalizar y mejorar su gestión de TI.

Además, el uso de COBIT permitió sentar las bases para alcanzar un nivel de madurez 2, en el cual los procesos se gestionan de manera planificada, documentada y repetible. Esto representa un avance significativo para organizaciones que operan de forma empírica, ya que impulsa la adopción de prácticas estandarizadas que fortalecen la calidad, la continuidad y la eficiencia de las operaciones. En este sentido, COBIT actúa como un habilitador de la

transformación digital, al integrar la gestión del riesgo, la entrega de valor y la transparencia en la toma de decisiones tecnológicas.

En el contexto nicaragüense, caracterizado por la predominancia de microempresas con limitados recursos tecnológicos, la adopción de COBIT 2019 constituye una herramienta estratégica para promover la innovación, la formalización de procesos y la sostenibilidad empresarial. El marco no solo orienta la implementación de soluciones tecnológicas eficientes, sino que también fomenta una cultura organizacional basada en la mejora continua, la rendición de cuentas y la gestión responsable de los recursos de TI.

En conclusión, COBIT 2019 se consolida como un instrumento esencial para el diseño e implementación de sistemas de gobernanza tecnológica en microempresas que buscan mejorar su desempeño mediante la digitalización. Su aplicación en el desarrollo de la aplicación móvil para la gestión de inventario y predicción de demanda evidencia que la gobernanza, cuando se implementa de forma estratégica, puede convertirse en un motor de innovación, eficiencia y crecimiento sostenible. De esta manera, el proyecto demuestra que incluso en entornos de baja madurez tecnológica, la adopción de buenas prácticas de gobernanza basadas en COBIT permite establecer una estructura sólida que impulsa el desarrollo organizacional y fortalece la competitividad en el entorno digital actual.

3. CMMI

3.1. Introducción a CMMI

El Capability Maturity Model Integration (CMMI) es un modelo de referencia internacionalmente reconocido que establece buenas prácticas para la mejora continua de procesos en organizaciones dedicadas al desarrollo de software, prestación de servicios y adquisición de productos o sistemas. Su origen se encuentra en el Capability Maturity Model (CMM) desarrollado en los años noventa por el Software Engineering Institute (SEI) de la Universidad Carnegie Mellon, en respuesta a la creciente necesidad de contar con estándares que garantizaran la calidad y confiabilidad en el desarrollo de software.



Imagen 3.1: CMMI institute

El modelo CMM inicial proponía un marco basado en niveles de madurez, en el cual las organizaciones podían evaluar el estado de sus procesos y trazar un camino hacia su optimización. Sin embargo, con el tiempo surgieron diversas variantes de CMMI aplicadas a diferentes dominios (desarrollo, adquisiciones, gestión de personas), lo que generó fragmentación. Ante esta situación, en el año 2002 se lanzó CMMI, una versión integrada que consolidaba dichas variantes bajo una estructura común, más flexible y aplicable a distintos sectores.

La clave de CMMI ofrece un camino estructurado y gradual para mejorar los procesos, para elevar la calidad de los productos y servicios, reducir riesgos, mejorar la gestión de proyectos y aumentar la satisfacción del cliente.

Hoy en día, CMMI es considerado un estándar de facto para la evaluación y mejora de la capacidad organizacional, y es utilizado tanto por grandes corporaciones como por pequeñas y medianas empresas que buscan fortalecer su competitividad en un entorno global.

3.2. Beneficios de CMMI

1. Mejora continua: Establece un ciclo de retroalimentación para optimizar procesos de manera permanente.
2. Reducción de riesgos: Disminuye retrasos, sobrecostos y fallos en proyectos mediante prácticas sistemáticas.

3. Incremento de productividad: Estandariza procesos y aplica métricas para optimizar recursos.
4. Garantía de calidad: Implementa prácticas de verificación, validación y aseguramiento de calidad.
5. Competitividad: Otorga credibilidad frente a clientes y socios, facilitando la participación en proyectos mayores.
6. Flexibilidad en la mejora: Permite aplicar mejoras por etapas o de forma continua según las necesidades de la organización.

3.3. Objetivos y propósito de CMMI

El propósito fundamental de la CMMI es proporcionar a las organizaciones un marco estructurado para mejorar la calidad de sus procesos, para incrementar la eficiencia, reducir riesgos y entregar productos y servicios que satisfagan consistentemente las expectativas de los clientes y las demandas del mercado.

Su enfoque no se limita únicamente a la corrección de errores en el desarrollo de software, sino que busca establecer una cultura de mejora permanente en todos los niveles de la organización.

Entre los principales objetivos de CMMI destacan los siguientes:

- **Fortalecer la capacidad organizacional:**

Ayudar a las empresas a evaluar el estado actual de sus procesos y establecer un plan de mejora que les permita alcanzar niveles superiores de madurez.

- **Reducir riesgos en proyectos:**

Mediante prácticas de planificación, gestión de requisitos y control de calidad, CMMI contribuye a disminuir retrasos, sobrecostos y fallos en la entrega de productos o servicios.

- **Incrementar la productividad y eficiencia:**

Al estandarizar procesos y aplicar métricas, las organizaciones logran optimizar el uso de recursos y evitar duplicidad de esfuerzos.

- **Garantizar la calidad de productos y servicios:**

CMMI orienta a las organizaciones hacia la implementación de prácticas sistemáticas de verificación, validación y aseguramiento de la calidad.

- **Mejorar la competitividad:**

Al ser un estándar reconocido internacionalmente, la adopción de CMMI otorga credibilidad frente a clientes, socios y organismos reguladores, lo que facilita la participación en licitaciones y contratos de mayor envergadura.

- **Fomentar la mejora continua:**

El modelo propone que cada organización identifique sus áreas críticas y establezca un ciclo de retroalimentación y aprendizaje permanente, asegurando la sostenibilidad de los cambios en el tiempo.

El propósito de CMMI no se reduce a obtener una certificación formal, sino a construir una organización capaz de aprender, adaptarse y perfeccionarse constantemente, con procesos que respalden sus metas estratégicas y aseguren resultados consistentes a largo plazo.

3.4. Representaciones de CMMI

El modelo CMMI ofrece dos formas de aplicación y evaluación de los procesos organizacionales: la representación por etapas (staged) y la representación continua (continuous). Comparten la misma base conceptual, pero difieren en la manera en que medir el progreso y enfocar la mejora. La elección entre una u otra depende de las necesidades y características de cada organización.

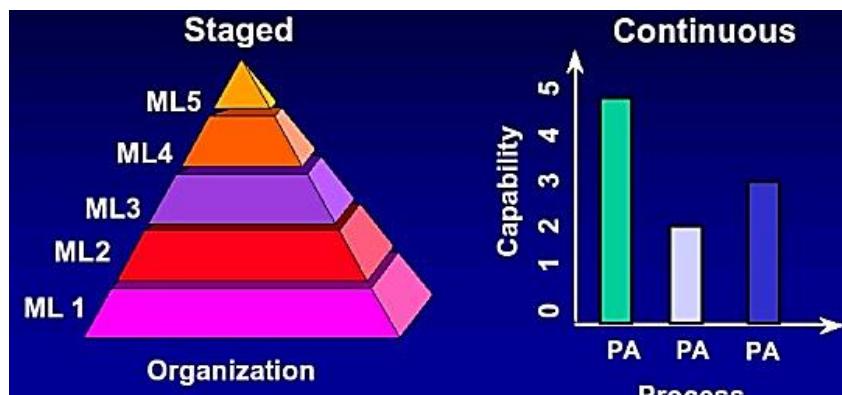


Ilustración 3.1 representaciones de CMMI ilustradas (continua y por etapas)

3.4.1. Representación por etapas (Niveles de Madurez)

- Es la forma más conocida y utilizada de CMMI.
- Se basa en la definición de niveles de madurez organizacional, que van del Nivel 0 al Nivel 5.
- Para alcanzar un nivel de madurez objetivo, deben cumplirse con todas las actividades del nivel de capacidad equivalente para todas las áreas de proceso de CMMI 2.0 (20 PAs)

- Su principal ventaja es ofrecer un camino estructurado y secuencial de mejora, lo que facilita a las empresas establecer metas claras y progresivas.
- Es la modalidad más común cuando se busca certificación formal o reconocimiento externo.



Ilustración 3.2 Niveles de madurez de CMMI V2.0

Nivel 0: Incompleto

- Los procesos son ad hoc y caóticos, dependientes de la habilidad individual del personal.
- Los procesos pueden funcionar o no.

Nivel 1: Inicial

- La organización no posee prácticas estandarizadas ni documentación formal.
- Los resultados son inconsistentes, lo que genera riesgos elevados en los proyectos.

En pymes de software, muchas veces este nivel refleja un desarrollo reactivo, con gestión improvisada y ausencia de métricas.

Nivel 2: Gestionado

- Los procesos básicos están planificados y ejecutados según políticas definidas.
- Existe seguimiento de proyectos, control de costos y tiempos, gestión de requisitos y aseguramiento básico de la calidad.
- Permite que los resultados sean más predecibles y repetibles, reduciendo la dependencia de individuos específicos.

Para una pyme, alcanzar este nivel implica formalizar la planificación y control de proyectos, estableciendo documentación mínima y procesos claros.

Nivel 3: Definido

- Los procesos están documentados, estandarizados y adaptados a la organización.
- Se promueve la coherencia entre proyectos mediante la adopción de estándares organizacionales y buenas prácticas.
- La organización puede transferir conocimiento de manera eficiente y capacitar personal nuevo con mayor facilidad.

En una pyme de software, este nivel significa que los procedimientos de desarrollo, pruebas y entrega están formalizados y replicables en distintos proyectos.

Nivel 4: Gestionado cuantitativamente

- Se introducen métricas y análisis estadísticos para controlar los procesos.
- La organización puede predecir desempeño y calidad, y ajustar procesos con base en datos objetivos.
- Esto permite tomar decisiones informadas y anticipar problemas antes de que afecten los resultados.

Para una pyme, implica comenzar a recopilar indicadores de productividad, defectos y tiempos de entrega, usando estos datos para optimizar sus procesos.

Nivel 5: En Optimización

- La organización se enfoca en la mejora continua y la innovación de procesos.
- Se aplican técnicas de optimización, lecciones aprendidas y nuevas prácticas para incrementar eficiencia, calidad y satisfacción del cliente.
- Se prioriza la prevención de problemas y la adaptabilidad a cambios tecnológicos o de mercado.
- En una pyme de software, alcanzar este nivel significa que la empresa es capaz de evolucionar sus procesos de manera sistemática, incorporando mejoras que generan ventaja competitiva.

En resumen, los niveles de madurez proporcionan una hoja de ruta progresiva, que permite a cualquier organización, incluyendo pymes, evolucionar de procesos informales hacia prácticas optimizadas y controladas, aumentando la calidad, eficiencia y capacidad de gestión de proyectos.

3.4.2. Representación continua (Niveles de Capacidad)

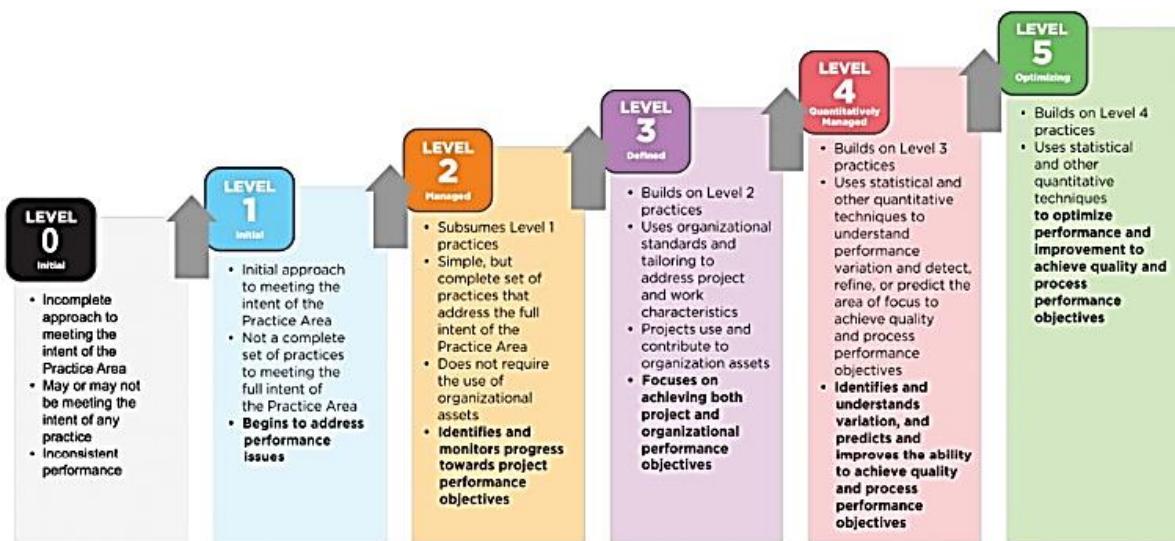


Ilustración 3.3 Niveles de capacidad de CMMI v2.0

- En lugar de evaluar la organización como un todo, permite analizar la capacidad de cada área de proceso de forma independiente.
- Define niveles de capacidad que van del Nivel 0 (incompleto) al Nivel 5 (optimizado), aplicados a cada proceso particular.
- Brinda mayor flexibilidad, ya que la organización puede priorizar las áreas de proceso más críticas para su negocio, sin necesidad de cumplir con todas las áreas requeridas en un nivel de madurez completo.
- Es especialmente útil en empresas pequeñas o en proyectos específicos donde no resulta viable transformar todos los procesos al mismo tiempo.

Nivel 0: Incompleto

- El proceso no se ha implementado o no cumple con sus objetivos.
- Puede estar presente de manera informal, pero carece de consistencia y documentación.
- Representa un riesgo elevado de errores y resultados impredecibles.

Nivel 1: Ejecutado

- El proceso cumple con sus objetivos básicos, aunque de manera mínima y con limitaciones.
- La ejecución puede depender de personas específicas y no está formalmente estandarizada.

Nivel 2: Gestionado

- El proceso se planifica y ejecuta de acuerdo con políticas y procedimientos definidos.
- Se realiza seguimiento de desempeño y cumplimiento de los objetivos del proceso.

- Permite que los resultados sean más predecibles y controlables.

Nivel 3: Establecido

- El proceso está definido, estandarizado y documentado en la organización.
- Se utilizan buenas prácticas y estándares que aseguran la coherencia entre proyectos.
- Facilita la transferencia de conocimiento y la capacitación de nuevos integrantes.

Nivel 4: Predecible

- Se aplican medidas cuantitativas y análisis estadísticos para controlar el desempeño del proceso.
- La organización puede predecir resultados y variaciones, ajustando el proceso en función de datos objetivos.

Nivel 5: Optimizado

- Se busca la mejora continua y la innovación del proceso.
- Se implementan cambios de manera planificada, basados en lecciones aprendidas y mejores prácticas.
- Se enfoca en prevenir defectos y optimizar la eficiencia de manera sistemática.
- Medición de la capacidad de un proceso

En la representación continua, la capacidad se mide a través de prácticas específicas de cada nivel, mediante indicadores que permiten evaluar si un proceso cumple los requisitos para avanzar al siguiente nivel. Estos indicadores incluyen:

- Cumplimiento de objetivos del proceso.
- Aplicación de políticas y procedimientos.
- Consistencia y repetibilidad en los resultados.
- Uso de métricas para el control y mejora.
- Implementación de acciones correctivas y de optimización.

Esta forma de medición permite que una pyme pueda priorizar procesos críticos (por ejemplo, gestión de requerimientos o aseguramiento de calidad) y mejorar su capacidad sin necesidad de abordar todos los procesos de la organización de forma simultánea, logrando un progreso más flexible y focalizado.

3.5. Modelo Core de CMMI 2.0



Ilustración 3.4 Los elementos de CMMI 2.0

El Modelo Core de CMMI 2.0 está estructurado de forma modular para facilitar la comprensión y aplicación de las mejores prácticas en distintos contextos organizacionales. Este modelo agrupa sus elementos en cuatro grandes categorías de capacidad: Doing, Managing, Enabling e Improving, que representan los niveles de madurez progresiva de una organización. Cada categoría responde a un propósito específico: Doing se centra en la ejecución efectiva del trabajo, Managing busca asegurar la planificación, supervisión y control de las actividades. Enabling proporciona los recursos, herramientas y estructuras necesarias para sostener la ejecución y por último, Improving que impulsa la mejora continua y la innovación organizacional. En conjunto, estas categorías definen una visión integral de la gestión por procesos.

Categoría	Área de capacidad	CA
Doing	Ensuring Quality	ENQ
	Engineering & Developing Products	EDP
	Selecting & Managing Suppliers	SMS
Managing	Planning and Managing Work	PMW
	Managing Business Resilience	MBR
	Managing the Workforce	MWF
Enabling	Supporting implementation	SI
Improving	Building and Sustaining Capability	BSC
	Improving Performance	IMP

Tabla 3.1: Listado de PAs CMMI V2

Cada categoría agrupa múltiples áreas de capacidad (Capability Areas), las cuales representan conjuntos de competencias relacionadas que ayudan a las organizaciones a fortalecer aspectos clave de su desempeño. Por ejemplo, en la categoría Managing se incluyen áreas de capacidad como Planning and Managing Work, Managing Business Resillience y Managing the Workforce, que establecen prácticas para planificar, medir y controlar el progreso de los proyectos. En cambio, la categoría Improving abarca áreas como Governance e Implementation Infrastructure, esenciales para garantizar la alineación estratégica y la sostenibilidad del sistema de calidad. Esta estructura facilita que las organizaciones adopten el modelo de forma progresiva, priorizando aquellas capacidades que generan mayor valor según sus objetivos estratégicos.

Finalmente, cada área de capacidad se descompone en áreas de práctica (Practice Areas), que describen las actividades concretas necesarias para alcanzar los resultados esperados en cada nivel de capacidad. Estas áreas de práctica siguen un enfoque evolutivo desde el nivel 1 (Ejecutado) hasta el nivel 5 (Optimizado) permitiendo medir y mejorar la madurez de los procesos de manera continua. De esta forma, CMMI 2.0 no se limita a evaluar el cumplimiento documental, sino que impulsa una cultura organizacional basada en la medición del desempeño, la gestión del conocimiento y la mejora continua.

CA	Área de practica	PA
ENQ	Requirements Development & Management	RDM
	Process Quality Assurance	PQA
	Verification & Validation	VV
	Peer Reviews	PR
EDP	Technical Solution	TS
	Product Integration	PI
SMS	Supplier Agreement Management	SAM
PMW	Estimating	EST
	Planning	PLAN
	Monitor & Control	MC
MBR	Risk & Opportunity Management	RSK
MWF	Organizational Training	OT
SI	Causal Analysis & Resolution	CAR
	Decision Analysis & Resolution	DAR
	Configuration Management	CM
BSC	Governance	GOV
	Implementation Infrastructure	II
IMP	Process Management	PCM
	Process Asset Development	PAD
	Managing Performance & Measurement	MPM

Tabla 3.2: Listado de PA's de CMMI 2.

3.5.1. Categorías

Con la versión de CMMI 2.0, el modelo experimentó una reestructuración importante respecto a la versión 1.3. En versiones anteriores, los procesos estaban organizados en áreas de proceso distribuidas por niveles de madurez, lo que resultaba complejo y poco flexible y a como se menciona en la documentación oficial de CMMI 2.0 muchos de estos eran redundante o contenían mucha burocracia. La nueva versión reorganizó esta estructura en categorías, buscando una visión más ágil, modular y enfocada en el desempeño. Este cambio respondió a la necesidad de hacer el modelo más adaptable a distintos contextos como desarrollo, servicios o gestión de proveedores y de integrarlo mejor con marcos modernos como Ágil, DevOps y COBIT proporcionando ejemplos directamente en su formación de paga.

A continuación, se mencionan las 4 categorías de CMMI 2.0:

3.5.1.1. Doing

En esta categoría se agrupan las prácticas relacionadas con la ejecución del trabajo. Su propósito es garantizar que los productos o servicios se desarrollen y entreguen conforme a los requisitos de calidad y valor esperados.

3.5.1.2. Managing

Abarca las prácticas de planificación, monitoreo y control de los proyectos y procesos. Busca asegurar que el trabajo se realice de forma organizada, cumpliendo con tiempos, costos y objetivos establecidos.

3.5.1.3. Enabling

Esta categoría reúne las prácticas que proporcionan soporte y estructura al resto del sistema. Incluye la gestión del gobierno organizacional, el desarrollo de procesos, la capacitación del personal y el aseguramiento de la calidad.

3.5.1.4. Improving

Agrupa las prácticas orientadas a la mejora continua del desempeño y la madurez. Su objetivo es analizar resultados, identificar oportunidades de optimización y promover la innovación. Permite que la organización evolucione de forma sostenible, basada en datos y aprendizajes derivados de la experiencia.

3.5.2. Áreas de capacidad

Esta área agrupa un conjunto de prácticas que buscan fortalecer competencias específicas dentro de cada categoría del modelo CMMI 2.0. Estas áreas representan el puente entre la estrategia y la ejecución, ayudando a las organizaciones a mejorar su desempeño de manera enfocada. Cada una contiene varias áreas de práctica (Practice Areas) que describen actividades concretas y medibles, contribuyendo al desarrollo, control, soporte y mejora continua de los procesos.

Doing:

- Ensuring Quality (ENQ)
Garantiza la calidad a través de aseguramiento, verificación, validación y revisiones entre pares
- Engineering & Developing Products (EDP)
Enfocada en la definición de requisitos, diseño técnico e integración de productos
- Selecting & Managing Suppliers (SMS)
Controla la adquisición de productos y servicios mediante acuerdos efectivos con proveedores

Managing

- Planning and Managing Work (PMW)
Incluye la estimación, planificación y monitoreo del trabajo para cumplir metas de desempeño
- Managing Business Resilience (MBR)
Gestiona riesgos, oportunidades y la continuidad del negocio ante cambios o incidentes
- Managing the Workforce (MWF)
Promueve la formación, retención y desarrollo de competencias del personal

Enabling

- Supporting Implementation (SI)
Abarca la gestión de la configuración, análisis causal y toma de decisiones informada

Improving

- Building & Sustaining Capability (BSC)
Fortalece la gobernanza, infraestructura e institucionalización de procesos
- Improving Performance (IMP)
Impulsa la gestión del rendimiento y el desarrollo de activos de proceso para lograr mejora continua

3.5.3. Áreas de práctica

CMMI 2.0 está conformado por 20 áreas prácticas, cada una de estas con un nivel de capacidad que va desde el Nivel 1 donde todo es Ad-hoc hasta el nivel 5 donde se considera que se alcanzó un nivel Optimizado.

Muchas de las áreas prácticas de CMMI 2.0 son similares o fusiones de las áreas de CMMI 1.3 y también se agregaron nuevas áreas prácticas en el área de gobernanza, en total la lista de áreas prácticas son las siguientes: Causal Analysis and Resolution (CAR), Configuration Management (CM), Decision Analysis and Resolution (DAR), Estimating (EST), Governance (GOV), Implementation Infrastructure (II), Managing Performance and Measurement (MPM), Monitor and Control (MC), Organizational Training (OT), Peer Reviews (PR), Planning (PLAN), Process Asset Development (PAD), Process Management (PCM), Process Quality

Assurance (PQA), Product Integration (PI), Requirements Development and Management (RDM), Risk and Opportunity Management (RSK), Supplier Agreement Management (SAM), Technical Solution (TS), Verification and Validation (VV).

Estas áreas prácticas contienen actividades que permiten asegurar la capacidad de un nivel cada actividad de un nivel contiene una tabla de actividades para tomar como referencia.

Example Activities

Example Activities	Further Explanation
Senior management decides what is important for improvement, sets the approach, and communicates the results.	

Example Work Products

Example Work Products	Further Explanation
Identification of importance of and approach to improvement	
Records of reviews and communications	

Imagen 3.2: ejemplo de entregables y actividades

Para alcanzar un nivel de capacidad en CMMI debemos tener las áreas al mismo nivel de capacidad que la empresa desea alcanzar, en el caso del nivel 2 CMMI nos dice que debemos tener las siguientes 10 áreas al nivel 2 pero a partir del nivel 3 se tienen que implementar las 20 áreas de capacidad para poder certificar internamente que se cumplen.

ML2

Requirements Development and Management		
Supplier Agreement Management		
Process Quality Assurance		
Estimating		
Planning		
Monitoring and Control		
Configuration Management		
Governance		
Implementation Infrastructure		
Managing Performance and Measurement		

Tabla 3.3: áreas de práctica que se contemplan en nivel de madurez 2

3.6. Diferencias y similitudes con otros marcos y metodologías

3.6.1. ¿Qué es un marco de referencia (framework)?

Un marco de referencia (framework) es un conjunto estructurado de principios, prácticas, definiciones y recomendaciones que guían cómo organizar y gobernar una actividad compleja. En el contexto de tecnologías de la información (TI), un framework provee un lenguaje común, objetivos medibles y una arquitectura conceptual que ayuda a la organización a alinear sus procesos técnicos con los objetivos del negocio, gestionar riesgos y mejorar la gobernanza y el control.

3.6.1.1. Papel en una empresa de TI

- Alineamiento estratégico: facilita que las decisiones técnicas y operativas estén alineadas con los objetivos del negocio (por ejemplo, disponibilidad de servicios, cumplimiento regulatorio o reducción de costes).
- Estandarización: define prácticas y artefactos comunes (roles, métricas, reportes) que mejoran la coherencia entre equipos y proyectos.
- Medición y mejora: ofrece modelos de evaluación y métricas que permiten diagnosticar el estado actual y planear mejoras.
- Gobernanza y control: establece responsabilidades, controles y mecanismos de supervisión para reducir riesgos y asegurar cumplimiento.
- Comunicación y comparabilidad: un framework conocido permite comparar prácticas entre áreas, contratos o incluso con terceros y proveedores.

Un framework, por tanto, no dicta cada paso operativo, sino que organiza y prioriza buenas prácticas y controles para que la organización pueda gobernar y mejorar sus actividades de TI.

3.6.2. Diferencia entre COBIT 2019 y CMMI

Aunque ambos son marcos ampliamente usados en el ámbito de TI y gestión de procesos, COBIT 2019 y CMMI tienen orígenes, enfoques y objetivos distintos. A continuación, se exponen las diferencias más relevantes.

3.6.2.1. Naturaleza y propósito

- **COBIT 2019:** es un framework de gobernanza y gestión de TI cuyo propósito principal es ayudar a los consejos de dirección, gerencias y responsables de TI a garantizar que la tecnología aporte valor y que los riesgos estén controlados. COBIT articula objetivos de gobernanza, dominios de gestión, prácticas y métricas orientadas a la toma de decisiones a nivel directivo y de gestión.
- **CMMI (Capability Maturity Model Integration):** es un modelo de mejora de procesos y madurez. Su finalidad es evaluar y mejorar la capacidad de los procesos de la organización (desarrollo, mantenimiento, servicios) mediante

niveles de capacidad/madurez y áreas de práctica que guían la evolución de procesos hacia estados más predecibles y controlados.

3.6.2.2. Alcance y público objetivo

- **COBIT:** se orienta a gobernanza y gestión a nivel empresarial; su público objetivo son gerentes, auditores, equipos de gobernanza y responsables de cumplimiento. Es especialmente útil cuando se requiere asegurar que TI entrega valor al negocio y cumple con normativa y riesgos.
- **CMMI:** se orienta a equipos y unidades de proceso (desarrollo, ingeniería, servicios) y a la mejora operativa. Es usado por líderes de proceso y equipos de mejora para sistematizar y elevar la calidad y predictibilidad de la entrega.

3.6.2.3. Estructura y componentes

- **COBIT:** organiza prácticas en objetivos de gobernanza y gestión, definiciones de componentes del sistema de gobernanza (procesos, políticas, roles, información, herramientas, cultura) y factores de diseño. Su énfasis está en métricas de control, cumplimiento y en conectar TI con la gobernanza corporativa.
- **CMMI:** organiza áreas de práctica y define niveles de madurez/capacidad; cada área contiene prácticas específicas que deben implementarse para alcanzar un determinado nivel. CMMI es explícito en la progresión: para alcanzar niveles superiores es necesario cumplir prácticas base y avanzadas.

3.6.2.4. Medición y evaluación

- **COBIT:** utiliza objetivos de control y métricas de desempeño, y puede integrarse con evaluaciones de riesgo y cumplimiento. La evaluación en COBIT suele enfocarse en la adecuación del sistema de gobernanza y en el cumplimiento de objetivos de negocio relacionados con TI.
- **CMMI:** ofrece un marco de evaluación formal basado en niveles (p. ej., niveles de capacidad 0–5 o modelos equivalentes) que mide la adopción y eficacia de prácticas concretas. La evaluación CMMI es frecuentemente usada para certificar madurez de procesos.

3.6.2.5. Aplicación práctica y sinergias

- **COBIT** es idóneo cuando la necesidad es reforzar la gobernanza, la transparencia ante stakeholders y el cumplimiento regulatorio.
- **CMMI** es idóneo cuando la necesidad es mejorar la ejecución operativa: calidad del producto, productividad, capacidad predictiva y reducción de defectos.
- **Sinergia:** no son mutuamente excluyentes; COBIT puede establecer el marco de gobernanza y criterios de éxito, mientras que CMMI guía la implementación y mejora de los procesos que respaldan esos objetivos.

3.6.3. Diferencia entre COBIT y CMMI (síntesis)

- **Nivel de abstracción:** COBIT opera a un nivel directivo/empresarial (gobernanza); CMMI opera a un nivel operativo/procesal (madurez de procesos).
- **Objetivo principal:** COBIT busca gobernar TI para maximizar valor y controlar riesgos; CMMI busca mejorar procesos para aumentar la calidad y predictibilidad.
- **Audiencia:** COBIT → consejo, gerencia, auditores; CMMI → líderes de proceso, equipos de mejora, práctica operacional.
- **Estructura de evaluación:** COBIT evalúa gobernanza y control; CMMI evalúa adopción de prácticas y niveles de madurez.
- **Compatibilidad:** COBIT define qué se debe lograr a nivel de negocio; CMMI ayuda a cómo mejorar los procesos que contribuyen a esos logros.

3.7. Implementación de CMMI en el proyecto

3.7.1. Justificación de la selección de las Áreas de Práctica

La selección de las Áreas de Práctica (PA) del modelo CMMI 2.0 se realizó con el objetivo de fortalecer los procesos involucrados en los objetivos BAI02 “Gestionar los requisitos” y BAI03 “Desarrollar la solución tecnológica” definidos por el marco COBIT 2019. Estos objetivos están directamente relacionados con la gestión del ciclo de vida del software, desde la definición de requisitos hasta la entrega del producto funcional. Por tanto, se eligieron aquellas áreas de CMMI que aportan un enfoque sistemático para planificar, desarrollar, verificar y asegurar la calidad del sistema.

Las Áreas de Práctica seleccionadas fueron:

- La **Planificación (PLAN)** fue seleccionada por su relevancia en la estructuración del trabajo, la estimación de recursos y la definición de cronogramas, aspectos fundamentales para garantizar una gestión efectiva del proyecto. Esta área se relaciona directamente con la necesidad de COBIT de asegurar que los proyectos sean planificados y controlados de manera formal.
- La **Gestión de Requisitos (RDM)** se eligió por su alineación directa con el objetivo BAI02, ya que permite capturar, documentar y mantener la trazabilidad de los requisitos del cliente, asegurando que todas las necesidades sean comprendidas y reflejadas en el desarrollo del sistema.

- El **Aseguramiento de Calidad de Procesos (PQA)** complementa las actividades anteriores al proporcionar una evaluación continua de la conformidad de los procesos con los estándares establecidos, garantizando que los productos intermedios y finales cumplan con los criterios de calidad definidos.
- La **Integración de Producto (PI)** fue incorporada debido a la naturaleza modular del sistema a desarrollar, ya que esta área guía la correcta unión entre la aplicación y la IA.
- Finalmente, la **Solución Técnica (TS)** constituye el eje central del objetivo BAI03, al encargarse del diseño, desarrollo e implementación de la solución tecnológica. Esta práctica abarca desde la definición de la arquitectura y componentes, hasta la validación funcional del sistema resultante.

En conjunto, estas cinco Áreas de Práctica permiten establecer una estructura metodológica coherente entre la planificación, ejecución, control y aseguramiento de calidad, facilitando la integración de CMMI con los principios de COBIT. La selección se basó tanto en la relevancia funcional para los objetivos de gobierno de TI como en la factibilidad de su aplicación dentro del alcance del proyecto, priorizando aquellas áreas que generan resultados tangibles y medibles en la gestión del desarrollo de software.

Abreviatura	Área de Práctica (PA)	Foco Principal de la Práctica	Utilidad
PLAN	Planificación (Planning)	Establecer y mantener planes de trabajo (estimaciones, presupuesto, cronograma y recursos) y definir objetivos de rendimiento.	Cronograma/ planificación
RDM	Desarrollo y Gestión de Requisitos (Requirements Development and Management)	Obtener, analizar, especificar, negociar, documentar y mantener los requisitos del cliente y de la solución.	Matriz de trazabilidad de requisitos
PQA	Aseguramiento de Calidad de Procesos (Process Quality Assurance)	Proporcionar a la dirección una visión objetiva de la conformidad de los procesos de trabajo y los productos con sus descripciones y estándares.	Pruebas en cada sprint
PI	Integración de Producto (Product Integration)	Ensamblar los componentes del producto y asegurar que el producto integrado funcione correctamente para cumplir con los requisitos.	Integración de IA + App de inventario
TS	Solución Técnica (Technical Solution)	Diseñar, desarrollar e implementar soluciones para los requisitos. Cubre la arquitectura, el diseño de componentes y la implementación de la solución.	El desarrollo del sistema

Tabla 3.4: áreas de práctica contempladas en CMMI v2.0

3.7.2. Relación entre CMMI y los objetivos de COBIT 2019

El modelo CMMI y el marco COBIT 2019 comparten un propósito común: mejorar la gestión y el desempeño de los procesos de Tecnologías de la Información. No obstante, su enfoque difiere. COBIT actúa como un marco de gobernanza y control, orientado a alinear las actividades de TI con los objetivos estratégicos del negocio, mientras que CMMI proporciona las prácticas técnicas y metodológicas necesarias para operacionalizar dichos objetivos mediante procesos medibles y mejorados de forma continua.

En este proyecto, CMMI se integra a COBIT 2019 como un componente técnico complementario, que traduce las metas de control de COBIT en actividades concretas dentro del ciclo de vida del desarrollo de software. De esta manera, COBIT establece el qué debe lograrse y CMMI detalla el cómo hacerlo de manera estructurada, repetible y medible.

La relación directa entre ambos modelos se refleja principalmente en los siguientes objetivos y áreas de práctica:

- BAI02 (Gestionar los requisitos): se aborda mediante la PA RDM (Requirements Development and Management) de CMMI, que permite definir, analizar, documentar y mantener la trazabilidad de los requerimientos del sistema.
- BAI03 (Desarrollar la solución tecnológica): se aborda mediante las PA PLAN (Planificación), PQA (Process and Product Quality Assurance), PI (Product Integration) y TS (Technical Solution), las cuales guían la ejecución planificada del desarrollo, el aseguramiento de la calidad, la integración de componentes y la definición de la solución técnica final.

Esta integración entre COBIT y CMMI permite que las decisiones de gobernanza se sustenten en procesos controlados, aumentando la confiabilidad, trazabilidad y calidad del producto de software desarrollado.

3.7.3. Nivel de madurez o capacidad objetivo

El nivel de madurez propuesto para esta implementación es el Nivel 2: Managed (Gestionado) del modelo CMMI. En este nivel, los procesos no solo se ejecutan, sino que también se planifican, monitorean y controlan formalmente. Se establecen políticas, responsabilidades claras y mecanismos de medición que permiten obtener productos consistentes en términos de calidad y desempeño.

Al alcanzar este nivel, la organización logra que los procesos de desarrollo sean repetibles y predecibles, lo que permite una mayor estabilidad en los resultados. Cada proyecto cuenta con un plan definido, los requerimientos son gestionados, las actividades se documentan y se realiza seguimiento a los resultados mediante métricas básicas de desempeño.

Para el contexto del proyecto (una microempresa sin estructura formal de TI), el Nivel 2 representa un avance realista y significativo. No implica una transformación completa de la organización, pero sí la instauración de prácticas básicas de gestión y aseguramiento de calidad que servirán como cimiento para futuros niveles de madurez.

3.7.4. Entregables esperados por cada Área de Práctica

Para asegurar una implementación efectiva y medible del modelo CMMI, se definieron los principales entregables esperados de cada Área de Práctica seleccionada, los cuales funcionarán como evidencia del cumplimiento de los objetivos del proyecto.

- PLAN (Planificación): Documento de planificación del proyecto, cronograma detallado de actividades, asignación de roles y recursos, matriz de responsabilidades y plan de seguimiento del avance.
- RDM (Requirements Development and Management): Documento de especificación de requisitos funcionales y no funcionales, matriz de trazabilidad, registro de validación con el cliente, y control de cambios en los requerimientos.
- PQA (Process and Product Quality Assurance): Informes de control de calidad de procesos y productos, resultados de pruebas de validación, métricas de cumplimiento y reportes de no conformidad.
- PI (Product Integration): Plan de integración, registros de pruebas de compatibilidad, evidencias de integración de módulos y documentación de despliegue.
- TS (Technical Solution): Diseño de arquitectura de software, código fuente documentado, manual técnico del desarrollador, y guía de instalación o uso del sistema.

Estos entregables no solo sirven como evidencia de cumplimiento de CMMI, sino que también constituyen insumos valiosos para la gobernanza y el seguimiento definidos en COBIT 2019.

3.7.5. Preámbulo de las Actividades de Nivel 2

La implementación del Nivel 2 de CMMI implica que cada Área de Práctica seleccionada sea desarrollada mediante actividades planificadas, documentadas y verificadas, con el propósito de asegurar que los procesos se ejecuten bajo control y produzcan resultados consistentes.

En etapas posteriores del proyecto, se definirán las actividades específicas correspondientes a cada área, incluyendo la planificación detallada, el control de requisitos, la verificación de calidad, la integración de componentes y la gestión técnica de la solución. Sin embargo, en esta fase inicial se establece el marco de acción general, que servirá como guía metodológica para alcanzar el nivel de madurez propuesto.

Este enfoque progresivo garantiza que la organización adopte las prácticas de CMMI de manera gradual y sostenible, consolidando una cultura orientada a la mejora continua, la trazabilidad y la calidad en el desarrollo de software.

3.8. Conclusiones del capítulo 3: CMMI v2.0

El capítulo permite comprender que el modelo CMMI 2.0 constituye una herramienta integral para fortalecer la capacidad organizacional en el desarrollo de software, ofreciendo un marco sistemático para elevar la calidad, reducir riesgos y mejorar la predictibilidad de los procesos. A partir de su evolución histórica y conceptual, se evidencia que CMMI no es únicamente un mecanismo de evaluación, sino un enfoque de mejora continua que permite a las organizaciones avanzar progresivamente desde prácticas informales hacia procesos definidos, medibles y optimizados.

El análisis de las representaciones por etapas y continua demuestra que CMMI se adapta a distintos contextos y necesidades, ya sea para medir la madurez global de la organización o para fortalecer áreas críticas de manera focalizada. Esta flexibilidad resulta especialmente relevante para pequeñas y medianas empresas o proyectos con recursos limitados, donde no es viable abordar simultáneamente todos los procesos. Asimismo, la estructura modular del modelo —basada en categorías, áreas de capacidad y áreas de práctica— facilita la implementación gradual y coherente de mejores prácticas, alineadas con objetivos estratégicos.

Por otra parte, la comparación con frameworks como COBIT 2019, y con metodologías ágiles y operativas como Scrum y DevOps, resalta el rol complementario que desempeñan. Mientras COBIT se orienta a la gobernanza y al alineamiento estratégico, CMMI proporciona las prácticas técnicas necesarias para operacionalizar dichas directrices. Esta relación sinérgica permite conectar la visión empresarial con la ejecución efectiva del desarrollo, fortaleciendo la estructura organizativa y la toma de decisiones.

Finalmente, la selección de áreas de práctica y el nivel de madurez propuesto para el proyecto evidencian que CMMI 2.0 no solo es aplicable, sino altamente pertinente en entornos con bajo nivel de formalización. El establecimiento de prácticas de planificación, gestión de requisitos, aseguramiento de calidad, integración y solución técnica constituye la base para alcanzar un nivel de madurez gestionado, capaz de ofrecer resultados más predecibles y de consolidar un enfoque de mejora continua. En conjunto, el capítulo demuestra que CMMI 2.0 es una guía esencial para construir organizaciones más disciplinadas, orientadas al desempeño y preparadas para enfrentar los retos tecnológicos actuales y futuros.

4. Sistemas de información con IA

4.1. Contexto e Introducción

La inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como uno de los pilares más influyentes en la transformación digital de las organizaciones contemporáneas. Según Natarajan et al. (2022), la IA representa no solo un conjunto de tecnologías de automatización y análisis, sino un motor estratégico que impulsa la innovación optimiza procesos y redefine la forma en que las empresas toman decisiones. Las organizaciones que logran integrar la IA en su estructura operativa y de gestión obtienen ventajas competitivas significativas, tanto en eficiencia como en sostenibilidad tecnológica.

Sin embargo, la adopción de soluciones basadas en IA requiere de una visión estratégica clara y de una infraestructura de gobernanza que asegure el alineamiento entre los objetivos tecnológicos y los objetivos del negocio. Como señalan Natarajan et al. (2022), las iniciativas de inteligencia artificial fracasan con frecuencia cuando se implementan como esfuerzos aislados o puramente técnicos, sin una planificación integral que considere la madurez organizacional, la cultura empresarial y la gestión del cambio. Por tanto, la incorporación de IA debe entenderse como un proceso estructurado que articule personas, procesos y tecnología bajo un marco de valor.

En este sentido, el presente proyecto propone el desarrollo de una aplicación móvil inteligente para la gestión de inventario y la predicción de demanda, orientada a microempresas del sector abarrotero en Nicaragua. Este tipo de organizaciones, caracterizadas por estructuras tecnológicas incipientes y procesos manuales, enfrentan desafíos relacionados con el control de inventarios, la planificación de compras y la optimización de recursos. La aplicación busca responder a dichas necesidades mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial que permitan analizar datos históricos y proyectar comportamientos futuros de la demanda, contribuyendo así a la eficiencia operativa y a la toma de decisiones basadas en evidencia.

Debido a que la organización de destino presenta un nivel de madurez tecnológica igual a 0, la implementación de IA se acompaña de un sistema de gobernanza basado en COBIT 2019, que servirá como guía para establecer una estructura mínima de control, innovación y alineación estratégica. Los procesos APO04 (Gestión de Innovación), BAI02 (Gestión de Requisitos) y BAI03 (Desarrollo de Solución Tecnológica) se consideran fundamentales para garantizar que el desarrollo tecnológico aporte valor real y medible. Paralelamente, se incorpora el modelo CMMI V2.0, el cual fortalecerá la madurez de los procesos mediante prácticas específicas orientadas a la planificación, gestión de requisitos,

aseguramiento de calidad, integración de componentes y diseño técnico de la solución.

La integración de estos marcos metodológicos con la visión estratégica propuesta por Natarajan et al. (2022) en Demystifying AI for the Enterprise (particularmente a través del marco IMPACT propuesto por Natarajan (2021), que concibe la IA como una fuerza de imaginación, madurez, personas, automatización, cultura y transformación), permitirá desarrollar un entorno de implementación sólido, controlado y alineado con las mejores prácticas internacionales. De esta manera, el proyecto no solo busca construir una herramienta tecnológica funcional, sino también sentar las bases para una transformación digital sostenible en las microempresas del país, fortaleciendo su capacidad de innovación y su competitividad a largo plazo.

4.2. Necesidad de una Estrategia de IA

El desarrollo e implementación de sistemas de información basados en inteligencia artificial (IA) requiere una estrategia claramente definida que oriente las acciones tecnológicas hacia objetivos de negocio concretos. Natarajan et al. (2022) sostienen que uno de los errores más comunes en las organizaciones modernas consiste en adoptar la IA únicamente como una herramienta tecnológica, sin articular una visión estratégica que la integre en la estructura organizacional y en la cultura empresarial. En consecuencia, la IA no debe implementarse como un elemento aislado, sino como un componente transversal que apoye la innovación, la eficiencia operativa y la toma de decisiones fundamentadas en datos.

Según los autores, una estrategia efectiva de IA debe establecer propósitos claros, métricas de éxito y un modelo de gobernanza que asegure la sostenibilidad de las iniciativas. La planificación estratégica de IA implica definir qué problema se busca resolver, qué datos se utilizarán, qué procesos se transformarán y cómo se medirá el impacto de las soluciones. Natarajan et al. (2022) enfatizan que esta alineación entre la estrategia tecnológica y la estrategia de negocio es la base para generar valor tangible, garantizar retorno de inversión (ROI) y promover una adopción responsable de la tecnología.

En el caso del presente proyecto, la estrategia de IA se centra en la predicción de la demanda de productos a partir del análisis de datos históricos de ventas en microempresas del sector abarrotero nicaragüense. Este enfoque responde a una problemática real: la falta de herramientas que permitan a los comerciantes anticipar el comportamiento del mercado y planificar sus compras de manera eficiente. La IA, por tanto, no se aplica con fines experimentales, sino con un objetivo empresarial definido: optimizar la gestión del inventario y reducir las pérdidas económicas derivadas de sobreabastecimiento o desabastecimiento.

Dado que las organizaciones destinatarias carecen de una estructura formal de Tecnologías de la Información (TI), la estrategia de IA se articula con los marcos de gobernanza COBIT 2019 y madurez de procesos CMMI V2.0. En particular, el proceso APO04 de COBIT (Gestión de la Innovación) proporciona la base para alinear las iniciativas tecnológicas con los objetivos del negocio, mientras que las áreas de práctica PLAN y RDM de CMMI garantizan una adecuada planificación, trazabilidad de requisitos y control de riesgos en el desarrollo del sistema inteligente. Este enfoque metodológico permite que la adopción de IA sea estructurada, medible y escalable, contribuyendo a elevar el nivel de madurez tecnológica de la organización desde 0 hasta 2.

Asimismo, la estrategia contempla la importancia de la veracidad y el valor de los datos, principios resaltados por Natarajan et al. (2022), quienes indican que la utilidad de la IA depende directamente de la calidad, fidelidad y propósito de los datos empleados. En este proyecto, los datos de ventas e inventario se convierten en un activo estratégico: alimentan los modelos de aprendizaje automático y sirven como fuente de conocimiento para la toma de decisiones. Por tanto, la estrategia de IA no se limita al diseño del algoritmo, sino que abarca el ciclo completo de gestión de datos, desde su captura y validación hasta su análisis y uso para la predicción.

En conclusión, la necesidad de una estrategia de IA radica en que esta tecnología solo genera impacto real cuando se integra de manera consciente en el modelo de negocio y se sustenta en una gobernanza sólida. En concordancia con los planteamientos de Natarajan et al. (2022), el proyecto busca demostrar que una microempresa con baja madurez tecnológica puede transformarse gradualmente en una organización inteligente y orientada por datos, siempre que la implementación de IA se base en una estrategia clara, estructurada y alineada con sus capacidades y objetivos.

4.3. Aplicaciones Prácticas de la IA

En el ámbito empresarial contemporáneo, la inteligencia artificial (IA) ha evolucionado de ser una tecnología experimental para convertirse en un componente esencial de la transformación digital. Según Natarajan et al. (2022), las aplicaciones prácticas de la IA se manifiestan en múltiples áreas de gestión organizacional, permitiendo la automatización inteligente de procesos, la optimización de recursos, la personalización de servicios y la toma de decisiones predictiva. Estas capacidades otorgan a las empresas una ventaja competitiva significativa, siempre que la tecnología se implemente con una estrategia alineada a los objetivos del negocio.

Los autores destacan que la IA se aplica con éxito en sectores como la salud, la banca, la manufactura y el comercio minorista, donde contribuye a predecir comportamientos, identificar patrones ocultos y mejorar la experiencia del usuario.

Por ejemplo, en entornos comerciales, la IA permite estimar la demanda de productos, ajustar precios dinámicamente y gestionar inventarios en tiempo real. Natarajan et al. (2022) subrayan que estas aplicaciones no buscan reemplazar la toma de decisiones humanas, sino ampliar la capacidad analítica y la eficiencia operativa mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático (machine learning) y análisis avanzado de datos.

En correspondencia con estos planteamientos, el presente proyecto aplica la IA a la gestión inteligente de inventarios y predicción de demanda en microempresas abarroteras nicaragüenses. A través del análisis de datos históricos de ventas, el sistema busca identificar patrones de consumo y estacionalidad, generando predicciones que orienten las decisiones de compra. De esta forma, la IA actúa como un asistente analítico que permite anticipar la demanda futura, reducir el desperdicio de productos, evitar quiebres de stock y optimizar la inversión en mercancía.

El uso de IA en este contexto constituye una aplicación práctica de alto impacto, dado que las microempresas, al carecer de sistemas automatizados, suelen depender de estimaciones empíricas o de la experiencia del propietario. Con la incorporación de modelos predictivos, dichas decisiones pasan a basarse en evidencia cuantitativa y patrones de comportamiento identificados mediante algoritmos. Así, la IA transforma la gestión tradicional en un proceso inteligente, proactivo y sustentado en datos.

El valor de la IA no reside únicamente en su capacidad técnica, sino en su habilidad para integrarse en los procesos y generar beneficios medibles. En este sentido, la aplicación móvil desarrollada en el proyecto no solo automatiza funciones administrativas, sino que amplía la inteligencia humana al proveer información contextual y recomendaciones que mejoran la toma de decisiones. La IA se convierte así en un agente de apoyo que fortalece la competitividad, promueve la sostenibilidad y fomenta la cultura de innovación dentro de las organizaciones.

En el marco de gobernanza definido por COBIT 2019 y las prácticas de madurez de CMMI V2.0, la implementación de estas aplicaciones prácticas se estructura bajo principios de control, calidad y mejora continua. El proceso BAI03 (Desarrollo de Solución Tecnológica) de COBIT asegura que las funcionalidades inteligentes del sistema sean desarrolladas con criterios de valor y alineamiento estratégico. Asimismo, las áreas de práctica TS (Technical Solution) y PI (Product Integration) de CMMI garantizan la correcta integración de los componentes del sistema de información con los módulos de IA, manteniendo la coherencia técnica y funcional del producto. Sintetizando, las aplicaciones prácticas de la inteligencia artificial permiten convertir los datos en conocimiento y el conocimiento en acción.

En el contexto de este proyecto, dichas aplicaciones se materializan en una solución tecnológica que promueve la eficiencia, la sostenibilidad y la innovación en un sector históricamente rezagado en términos tecnológicos. La IA, implementada con un

enfoque estructurado y responsable, se convierte así en un catalizador del cambio organizacional y en un elemento clave para la transformación digital de las microempresas en Nicaragua.

4.4. Consideraciones para la Implementación de IA

La implementación de soluciones basadas en inteligencia artificial (IA) constituye un proceso complejo que trasciende los aspectos puramente técnicos. De acuerdo con Natarajan et al. (2022), el éxito de la adopción de IA en las organizaciones depende de una planificación integral que considere factores humanos, culturales, organizativos, tecnológicos y éticos. No basta con incorporar algoritmos o plataformas inteligentes; es necesario construir un entorno donde los datos, los procesos y las personas interactúen de manera armónica bajo principios de gobernanza y madurez digital.

Los autores destacan que una de las principales razones del fracaso en los proyectos de IA radica en la ausencia de una estrategia estructurada que alinee los objetivos tecnológicos con las metas del negocio. En muchas organizaciones, la implementación se aborda de forma experimental o fragmentada, sin evaluar la preparación institucional ni la calidad de los datos disponibles. Por ello, Natarajan et al. (2022) proponen que la adopción de IA debe iniciarse con un diagnóstico de madurez digital, la definición de roles y responsabilidades, la selección de casos de uso prioritarios y la creación de una cultura de aprendizaje continuo.

En el contexto del presente proyecto, estas consideraciones adquieren una relevancia particular. Las microempresas del sector abarrotero en Nicaragua se caracterizan por una infraestructura tecnológica limitada y procesos administrativos manuales. Implementar un sistema inteligente de gestión de inventario y predicción de demanda implica no solo introducir una nueva herramienta, sino también modificar las prácticas organizacionales y culturales de los usuarios finales. Por tanto, la fase de implementación debe contemplar actividades de capacitación, acompañamiento y sensibilización, con el fin de garantizar la correcta adopción del sistema y la confianza en las decisiones generadas por la IA.

Desde el punto de vista metodológico, la implementación se apoya en el marco de gobernanza COBIT 2019, particularmente en los procesos BAI02 (Gestión de Requisitos) y BAI03 (Desarrollo de la Solución Tecnológica), los cuales aseguran que la solución cumpla con las expectativas del negocio y mantenga coherencia con los objetivos estratégicos. A su vez, las Áreas de Práctica (PA) de CMMI V2.0 fortalecen el proceso mediante actividades de planificación, aseguramiento de calidad y control de la integración técnica. Este enfoque garantiza que la incorporación de la IA se realice de forma ordenada, medible y controlada, reduciendo riesgos y promoviendo la mejora continua.

Asimismo, Natarajan et al. (2022) señalan que la disponibilidad y fidelidad de los datos constituye un factor crítico para el éxito de cualquier implementación de IA. Los sistemas inteligentes dependen directamente de la calidad, coherencia y relevancia de los datos que utilizan para aprender y generar predicciones. En este proyecto, los datos de inventario y ventas actúan como la base para los modelos predictivos; por ello, su correcta captura, validación y almacenamiento se considera una prioridad. La aplicación de principios de veracidad y valor propuestos por los autores permite garantizar que los datos sean no solo exactos, sino también apropiados para el contexto de uso, fomentando la fiabilidad de los resultados.

Otro aspecto fundamental señalado por Natarajan et al. (2022) es la necesidad de considerar la infraestructura tecnológica y las capacidades humanas disponibles. La IA requiere un entorno adecuado para su ejecución, incluyendo capacidad de procesamiento, conectividad y soporte técnico. En el caso de las microempresas abarroteras, donde los recursos suelen ser limitados, la solución propuesta se diseña con una arquitectura ligera y adaptable, capaz de funcionar en dispositivos móviles de bajo costo, lo que facilita su implementación sin requerir inversiones significativas en hardware o infraestructura.

Finalmente, las consideraciones para la implementación deben incorporar una perspectiva de ética y sostenibilidad, asegurando que el uso de la IA sea transparente, responsable y centrado en las necesidades humanas. Siguiendo a Natarajan et al. (2022), la adopción ética de IA refuerza la confianza de los usuarios y legitima su integración en el entorno empresarial. En este proyecto, dichas consideraciones se reflejan en la protección de los datos comerciales, la confidencialidad de la información y la explicación comprensible de las predicciones generadas por el sistema.

4.4.1. Consideraciones Clave para la Adaptación, Adopción y Uso de la IA

De acuerdo con Natarajan et al. (2022) y aplicando sus recomendaciones al contexto del proyecto, se identifican las siguientes consideraciones esenciales:

- Evaluación de la madurez tecnológica inicial: determinar las capacidades actuales de la organización antes de implementar IA, estableciendo una línea base para medir el progreso.
- Alineación estratégica: asegurar que la IA responda a los objetivos del negocio y no se limite a ser una herramienta tecnológica aislada.
- Gestión del cambio cultural: preparar a los usuarios para la adopción tecnológica mediante procesos de capacitación y concienciación sobre los beneficios del sistema.

- Gobernanza de datos: establecer políticas claras de recopilación, almacenamiento, validación y uso de datos, priorizando la veracidad y la fidelidad.
- Adaptabilidad tecnológica: diseñar soluciones compatibles con los recursos y limitaciones de las microempresas, optimizando el rendimiento en dispositivos móviles.
- Monitoreo y mejora continua: implementar métricas de rendimiento y retroalimentación para perfeccionar el modelo predictivo a lo largo del tiempo.
- Interoperabilidad y escalabilidad: asegurar que el sistema pueda integrarse con futuras herramientas digitales y escalar según el crecimiento de la organización.
- Transparencia y ética: garantizar que las decisiones de IA sean comprensibles, auditables y orientadas al beneficio del usuario.
- Sostenibilidad operativa: promover el uso de tecnologías eficientes y accesibles, reduciendo la dependencia de infraestructura costosa o especializada.
- Participación humana en el ciclo de decisión: mantener al usuario como elemento central del proceso, donde la IA actúa como apoyo y no sustituto de la inteligencia humana.

4.5. Definiciones Fundamentales

Comprender los conceptos fundamentales relacionados con la inteligencia artificial (IA) es esencial para implementar soluciones efectivas y alineadas con las necesidades del negocio. De acuerdo con Natarajan et al. (2022), la IA debe entenderse como un conjunto de técnicas, metodologías y modelos matemáticos que permiten a los sistemas simular capacidades cognitivas humanas, tales como el razonamiento, la predicción, la clasificación y el aprendizaje a partir de datos. No se trata únicamente de automatización, sino de la capacidad de los sistemas para mejorar progresivamente su desempeño mediante el análisis continuo de información.

En el contexto empresarial, Natarajan et al. (2022) señalan que la IA actúa como un motor de transformación organizacional, permitiendo la optimización de procesos, la reducción de costos y la generación de conocimiento a partir de grandes volúmenes de datos. Su aplicación práctica requiere comprender sus subdisciplinas y modelos derivados, tales como el aprendizaje automático (Machine Learning, ML), el aprendizaje profundo (Deep Learning, DL), la ciencia de datos (Data Science), y la analítica predictiva, cada uno con funciones específicas y complementarias dentro del ecosistema tecnológico.

En este proyecto, estas disciplinas se articulan para analizar el comportamiento histórico de ventas y predecir la demanda futura de productos, generando un valor tangible para las microempresas abarroteras. A continuación, se presenta una síntesis de los principales conceptos, su definición y su aplicación práctica dentro de entornos empresariales y específicamente dentro del proyecto:

Concepto / Modelo	Definición	Ejemplo de aplicación en empresas
Inteligencia Artificial (AI)	Capacidad de las máquinas para imitar comportamientos inteligentes humanos , aprendiendo de datos para tomar decisiones o ejecutar acciones.	Amazon usa IA para recomendaciones de productos basadas en el historial de compras del cliente.
Machine Learning (ML)	Subcampo de la IA que permite a los sistemas aprender patrones automáticamente a partir de datos históricos sin ser programados explícitamente.	Walmart emplea ML para predecir la demanda de productos y optimizar sus inventarios globales.
Deep Learning (DL)	Tipo de ML basado en redes neuronales con múltiples capas que procesan grandes volúmenes de datos no estructurados (imágenes, voz, texto).	Tesla utiliza DL en sus vehículos autónomos para reconocer peatones, señales y objetos en carretera.
Data Science	Disciplina que combina estadística, programación y conocimiento de negocio para transformar datos en valor y conocimiento accionable.	Netflix analiza datos de visualización para predecir tendencias y decidir qué series producir .
Analytics (Analítica de Datos)	Proceso de extraer, limpiar, transformar y analizar datos para descubrir patrones y generar información útil.	Starbucks aplica analítica para determinar ubicaciones óptimas de nuevas tiendas.
Big Data	Conjunto de datos tan grande y diverso que requiere tecnologías especiales para su procesamiento (5 V's: Volumen, Variedad, Velocidad, Veracidad, Valor).	UPS usa Big Data para optimizar rutas de entrega , reduciendo costos y tiempos de envío.
Natural Language Processing (NLP)	Rama de la IA que permite a las máquinas entender y procesar el lenguaje humano .	Chatbots de atención al cliente como los de Iberia o BBVA usan NLP para responder consultas automáticamente.
Computer Vision (CV)	Técnica que permite a los sistemas interpretar imágenes y videos para identificar objetos o patrones visuales.	Google Photos clasifica automáticamente imágenes según personas, lugares o fechas.
Learning Algorithms (Algoritmos de Aprendizaje)	Métodos matemáticos que ajustan modelos según los datos de entrada y salida esperados. Incluye regresión, árboles de decisión, redes neuronales, etc.	Bancos aplican árboles de decisión y regresión logística para detectar fraudes en transacciones.
Supervised Learning	Aprendizaje con datos etiquetados donde el modelo conoce la respuesta esperada.	En logística, modelos supervisados predicen retrasos de envíos según historial.
Unsupervised Learning	Aprendizaje sin etiquetas; el sistema descubre patrones ocultos o agrupa datos similares (clustering).	Segmentación de clientes según hábitos de compra en e-commerce .
Reinforcement Learning	Método donde un agente aprende por prueba y error recibiendo recompensas o penalizaciones.	Robots industriales que aprenden a optimizar movimientos de ensamblaje .
Data Governance	Conjunto de políticas y procesos para gestionar el ciclo de vida de los datos (seguridad, privacidad, calidad).	Empresas financieras aplican COBIT y CMMI para asegurar confiabilidad de datos usados en IA.
Data Fidelity	Nivel de precisión y coherencia con que los datos representan la realidad, priorizado sobre la "perfección" en calidad.	En salud, sistemas de IA prefieren datos reales y contextuales a datos artificialmente "limpios".
Augmented Intelligence	Colaboración entre humanos y máquinas para amplificar la toma de decisiones sin reemplazar al humano.	En hospitales, IA apoya a médicos en diagnósticos pero la decisión final sigue siendo humana.

Tabla 4.1 términos y conceptos relacionados a la inteligencia artificial

La comprensión de estos conceptos permite estructurar un ecosistema de IA coherente, donde la tecnología se adapta al contexto y no a la inversa. En el caso del presente proyecto, la IA se implementa de manera gradual, comenzando con modelos supervisados de predicción y evolucionando hacia esquemas híbridos que integren análisis no supervisados para la detección de patrones emergentes.

De acuerdo con Natarajan et al. (2022), la clave del éxito en proyectos de IA radica en entender el propósito del dato y su papel dentro del ciclo de aprendizaje, garantizando que las decisiones tecnológicas respondan a necesidades organizacionales y generen un retorno de valor medible. Así, las definiciones fundamentales no solo proporcionan un marco conceptual, sino que establecen la base metodológica para la implementación ética, eficiente y sostenible de la inteligencia artificial dentro de los procesos empresariales.

4.6. Marco Estratégico IMPACT aplicado al proyecto

En la actualidad, la implementación de inteligencia artificial (IA) dentro de las organizaciones exige un enfoque estructurado que permita alinear los objetivos tecnológicos con los estratégicos del negocio. Natarajan et al. (2022) proponen el marco estratégico IMPACT como una guía práctica para garantizar que las iniciativas de IA generen valor real, sean sostenibles y contribuyan al fortalecimiento de la madurez digital y organizacional. Este marco busca transformar la IA de una herramienta experimental en un activo corporativo, articulando los aspectos técnicos, humanos y de gobernanza dentro de un mismo sistema de planificación.

De acuerdo con los autores, el propósito de IMPACT es proporcionar una visión integral del ciclo de vida de la IA, abarcando desde la identificación de oportunidades hasta la evaluación del impacto en los procesos empresariales. A diferencia de los enfoques puramente técnicos, este modelo pone especial énfasis en la alineación estratégica, la medición de resultados y la adaptación organizacional frente a las tecnologías emergentes. Cada componente del acrónimo IMPACT representa una dimensión crítica del proceso:

- **Imaginación:** Crear nuevo valor para la empresa al reimaginar lo que la IA puede lograr a través de la invención y la innovación.
- **Maduración (Maturity):** Evaluar la preparación de la organización para la IA en dimensiones como estrategia, liderazgo, procesos y datos.
- **Personas (People):** Asegurar los conjuntos de habilidades y modelos de dotación de personal adecuados para el éxito de las iniciativas de IA.
- **Aumentación, Amplificación y Automación (Augmentation, Amplification, and Automation):** Usar la IA para complementar y potenciar la inteligencia y las decisiones humanas, más allá de la mera automatización.
- **Cultura y Transformación (Culture and Transformation):** Fomentar la aceptación cultural y reconocer que la IA es transformadora, por lo que debe integrarse en los procesos y la estrategia empresarial.

Según Natarajan et al. (2022), estos seis elementos interactúan de manera cíclica, permitiendo que la organización aprenda y evolucione con cada implementación de IA. El modelo promueve una retroalimentación continua entre la experimentación y

la gobernanza, de modo que la innovación no se limite a desarrollar soluciones, sino también a mejorar las prácticas internas, los flujos de trabajo y la toma de decisiones.

En el contexto del presente proyecto (centrado en el desarrollo de una aplicación móvil inteligente de gestión de inventario y predicción de demanda para microempresas del sector abarrotero en Nicaragua), el marco IMPACT ofrece una estructura metodológica ideal para garantizar una implementación efectiva, controlada y alineada con la gobernanza establecida por COBIT 2019 y CMMI V2.0. Este modelo permite traducir los objetivos estratégicos (mejorar eficiencia, anticipar la demanda, reducir pérdidas) en acciones técnicas medibles mediante IA, asegurando coherencia entre la innovación tecnológica y la madurez organizacional.

La adopción del marco IMPACT se justifica porque facilita la transición desde un nivel de madurez 0 hacia un nivel 2, donde los procesos son definidos, repetibles y controlados. En esta etapa, la organización comienza a institucionalizar prácticas de innovación y análisis de datos, apoyándose en herramientas de IA para fortalecer la toma de decisiones.

Asimismo, Natarajan et al. (2022) sostiene que el marco IMPACT fomenta una gobernanza responsable de la IA, al incluir mecanismos de control, métricas de desempeño y prácticas de transparencia. En consecuencia, su aplicación en el proyecto no solo orienta el desarrollo del sistema, sino también el fortalecimiento institucional, la formación del talento humano y la creación de valor sostenible para el sector abarrotero nicaragüense.

Concluyendo con la introducción, el marco IMPACT representa una guía metodológica adaptable, que combina estrategia, ejecución y mejora continua en torno a la inteligencia artificial. Su implementación permitirá que el proyecto evolutive de una solución tecnológica funcional a un modelo organizacional inteligente, donde la IA se consolide como un pilar de eficiencia, innovación y competitividad.

4.6.1. I (Imagination)

La fase Imaginación dentro del marco IMPACT representa el inicio del pensamiento estratégico en inteligencia artificial (IA). Esta etapa consiste en visualizar nuevas posibilidades de valor para la organización mediante el uso de tecnologías inteligentes, no desde la perspectiva técnica, sino desde la comprensión profunda de los problemas y las oportunidades del negocio. La imaginación, por tanto, es el motor que impulsa la innovación y la transformación digital, permitiendo que la IA se perciba como un medio para generar ventajas competitivas sostenibles.

El libro *Demystifying AI for the Enterprise* explica que la imaginación implica pensar más allá de las soluciones tradicionales: cuestionar las limitaciones actuales de la

organización y explorar cómo la IA puede redefinir la manera en que se toman decisiones, se optimizan recursos o se satisfacen necesidades. No se trata de “qué herramienta usar”, sino de “qué impacto crear”.

En el caso del presente proyecto (Desarrollo de una aplicación móvil inteligente de gestión de inventario y predicción de demanda en tiendas de abarrotes en Nicaragua), la imaginación se manifiesta en la identificación de una oportunidad real de innovación: la necesidad de mejorar la gestión de inventario en microempresas que operan sin apoyo tecnológico. En este contexto, imaginar implica ver la IA como una herramienta accesible y transformadora, capaz de convertir los datos de ventas y consumo en información útil para anticipar la demanda, optimizar compras y evitar pérdidas.

A. Enfoque de imaginación aplicado al proyecto

La aplicación de esta fase en el proyecto se refleja en tres niveles complementarios:

1) Imaginación empresarial:

Se visualiza la IA como un factor de cambio que impulsa la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad de los pequeños comercios. Se busca demostrar que incluso una microempresa sin estructura de TI puede beneficiarse de la analítica predictiva, siempre que se adopte un enfoque estratégico y contextualizado.

2) Imaginación tecnológica:

Se concibe una solución simple pero inteligente: una aplicación móvil ligera que, mediante algoritmos de predicción supervisada, interprete los patrones de compra y recomiende decisiones de reposición. La creatividad tecnológica se centra en hacer viable la IA dentro de las limitaciones de recursos que caracterizan a los negocios locales.

3) Imaginación organizacional:

La imaginación también se traduce en la reconfiguración de la cultura empresarial. Se propone un cambio en la mentalidad de los dueños de abarrotes: pasar de la intuición empírica a la toma de decisiones basada en datos. Esta transición requiere una visión imaginativa que promueva la confianza en la tecnología y su integración progresiva en las rutinas del negocio.

B. Rol de la imaginación en la estrategia de IA

La imaginación cumple una función catalizadora dentro del ciclo de madurez tecnológica: abre el espacio para el diseño de soluciones innovadoras que integren el potencial técnico con el propósito organizacional. Permite visualizar cómo la IA no solo resuelve un problema, sino que transforma la manera de operar, medir y aprender dentro de la empresa.

En este sentido, la imaginación actúa como un punto de convergencia entre la visión de negocio y la capacidad técnica. En lugar de adoptar la IA como una moda tecnológica, la organización la incorpora como un medio para alcanzar objetivos concretos de valor, calidad y sostenibilidad, respaldados por marcos de gobernanza como COBIT 2019 y CMMI V2.0.

C. Resultados esperados de la fase de imaginación

De la aplicación de esta fase se derivan los siguientes resultados clave:

1. Definición del propósito estratégico de la IA dentro de la organización.
2. Identificación de los problemas de negocio susceptibles de ser resueltos mediante IA.
3. Visualización de escenarios futuros que integren innovación, eficiencia y sostenibilidad.
4. Generación de una visión inspiradora, que sirva de guía para las etapas posteriores del marco IMPACT.

En síntesis, la fase Imaginación no se limita a la creatividad técnica, sino que constituye el punto de partida para la redefinición de la organización a través del pensamiento innovador. En este proyecto, imaginar la IA es reconocer su potencial para transformar la gestión tradicional en un modelo de negocio inteligente, basado en datos, aprendizaje y toma de decisiones informada.

4.6.2. M (Maturity)

La fase Madurez del marco IMPACT se centra en la evaluación del nivel de preparación organizacional, tecnológica y cultural necesario para implementar inteligencia artificial (IA) de manera sostenible. Esta etapa busca determinar si la organización cuenta con los procesos, estructuras y recursos adecuados para adoptar, mantener y escalar soluciones basadas en IA. En otras palabras, la madurez refleja la capacidad de la empresa para integrar la IA como parte de su funcionamiento habitual, más allá de un proyecto experimental.

El libro *Demystifying AI for the Enterprise* destaca que la madurez no se limita a la infraestructura tecnológica, sino que abarca la madurez de datos, de procesos y del talento humano. La IA requiere un entorno donde los flujos de información sean confiables, las decisiones estén basadas en evidencia y las personas comprendan el valor del aprendizaje automatizado. Por tanto, la madurez constituye la base sobre la cual se construye una estrategia de IA eficaz, ya que permite identificar brechas, establecer prioridades y diseñar planes de desarrollo progresivos.

A. Madurez organizacional en el proyecto

En el contexto del presente proyecto, las microempresas del sector abarrotero en Nicaragua se ubican en un nivel de madurez 0, caracterizado por la ausencia de estructura formal en Tecnologías de la Información (TI), la gestión manual de inventarios y la toma de decisiones empírica. Esta situación evidencia una

dependencia del conocimiento tácito del propietario, lo que limita la eficiencia y la capacidad de respuesta ante variaciones del mercado.

El propósito de esta fase es elevar ese nivel de madurez hacia un nivel 2, donde los procesos comienzan a ser definidos, repetibles y medibles. Para lograrlo, el proyecto integra prácticas de COBIT 2019 y CMMI V2.0, que proporcionan los mecanismos necesarios para estructurar y fortalecer las capacidades internas de la organización.

En particular:

- COBIT 2019 aporta la base de gobernanza mediante procesos como APO04 (Gestión de Innovación) y BAI03 (Desarrollo de Solución Tecnológica), que garantizan la alineación entre las metas empresariales y la estrategia tecnológica.
- CMMI V2.0, por su parte, contribuye con áreas de práctica como PLAN, RDM, PQA y TS, orientadas a la planificación, gestión de requisitos, aseguramiento de calidad y desarrollo técnico controlado.

La combinación de estos marcos permite estructurar un camino de madurez progresiva, en el que la IA se adopta no como un evento aislado, sino como una práctica organizacional integrada.

B. Madurez de datos

La IA depende directamente de la calidad y la gestión de los datos. Por ello, la madurez de datos implica evaluar la disponibilidad, consistencia, fidelidad y utilidad de la información que la organización genera. En las microempresas abarroteras, los datos de ventas suelen ser dispersos o incompletos, por lo que la madurez en este ámbito requiere establecer mecanismos de captura estructurada, validación y almacenamiento continuo.

El proyecto propone implementar una base de datos centralizada alojada en la nube, donde se almacenen los registros históricos de ventas y existencias. Esto no solo facilita el entrenamiento de los modelos de IA, sino que también crea un entorno de gestión del conocimiento, en el cual los datos se transforman en un activo estratégico de la organización.

C. Madurez del talento humano

La madurez también abarca la preparación del personal para interactuar con la tecnología. En este proyecto, la formación se orienta a dotar a los comerciantes y administradores de competencias digitales básicas, fomentando la comprensión del funcionamiento de la aplicación y la interpretación de las predicciones generadas por la IA.

Esta capacitación continua fortalece la confianza del usuario y promueve una cultura de datos, donde las decisiones se basan en evidencia y no únicamente en la

experiencia empírica. La madurez del talento humano es, por tanto, un factor clave para garantizar la sostenibilidad del sistema y la apropiación tecnológica a largo plazo.

D. Evaluación de madurez como proceso continuo

La madurez no es un estado fijo, sino un proceso evolutivo. A medida que la organización utiliza la aplicación y obtiene resultados, puede incorporar nuevas prácticas, optimizar flujos de trabajo y ampliar el alcance del sistema de IA. Este progreso debe ser monitoreado mediante indicadores de desempeño (KPIs) que evalúen el impacto en la eficiencia operativa, la reducción de pérdidas, la exactitud de las predicciones y la satisfacción del usuario.

Asimismo, el marco IMPACT plantea que el avance en madurez debe estar respaldado por una retroalimentación constante, donde los aprendizajes obtenidos del uso del sistema se traduzcan en mejoras tanto tecnológicas como organizativas.

E. Síntesis de la fase Maturity

La fase Madurez establece las bases para la adopción sostenible de la IA dentro de la organización. En el contexto del proyecto, su aplicación permite pasar de la informalidad operativa a una gestión digital estructurada, promoviendo el uso de datos confiables, la estandarización de procesos y el desarrollo de competencias tecnológicas.

De este modo, la madurez actúa como un indicador del progreso organizacional y un catalizador de la transformación digital. Solo cuando la empresa alcanza un nivel mínimo de madurez puede integrar la IA como parte esencial de su operación diaria, asegurando que la tecnología genere valor, confianza y continuidad en el tiempo.

4.6.3. P (People)

La fase Personas dentro del marco IMPACT reconoce que la inteligencia artificial (IA) no tiene valor sin la participación humana. La tecnología, por sí misma, no genera transformación; es el talento humano quien define, alimenta y aplica los resultados que la IA produce. En este sentido, las personas se consideran el centro de la estrategia de adopción tecnológica, tanto en su rol de usuarios como en el de agentes de cambio.

Esta dimensión busca garantizar que los equipos y usuarios comprendan el propósito de la IA, confíen en sus resultados y posean las competencias necesarias para interactuar con ella de manera efectiva. La colaboración entre la capacidad analítica humana y la capacidad computacional de la IA da lugar a lo que el libro denomina “inteligencia aumentada”, un entorno donde la tecnología potencia la toma de decisiones humanas en lugar de sustituirlas.

A. Rol de las personas en el contexto del proyecto

En el marco del proyecto, las personas constituyen el elemento más crítico del proceso de transformación digital. Las microempresas abarroteras nicaragüenses están conformadas, en su mayoría, por equipos pequeños donde las decisiones de compra, venta y reposición dependen directamente del propietario. Por ello, la implementación de una solución de IA no implica solo la adopción de una herramienta, sino un cambio cultural en la forma de gestionar la información y los recursos.

El éxito del sistema de gestión de inventario y predicción de demanda depende mayormente de la confianza de los usuarios en las recomendaciones de la IA. Si los comerciantes no perciben valor o comprensión en los resultados, es probable que la tecnología sea subutilizada o rechazada. Por tanto, el proceso debe contemplar una estrategia de comunicación, sensibilización y capacitación, orientada a generar una relación de confianza entre el usuario y el sistema.

B. Capacitación y desarrollo de competencias

El fortalecimiento de las competencias humanas es un requisito esencial para la adopción sostenible de la IA. En este proyecto, la capacitación tiene como objetivo dotar a los usuarios de habilidades digitales básicas y de la capacidad de interpretar los datos y predicciones generadas por el sistema.

Entre las acciones formativas se incluyen:

1. Introducción al uso de la aplicación móvil y sus funciones principales.
2. Explicación del concepto de predicción de demanda y su utilidad en la toma de decisiones.
3. Buenas prácticas de registro y actualización de datos de ventas e inventario.
4. Interpretación de reportes e indicadores generados por el sistema inteligente.
5. Concientización sobre la importancia de la precisión en los datos para mejorar la calidad de las predicciones.

Estas actividades no solo transmiten conocimiento técnico, sino que fomentan una cultura de aprendizaje continuo, en la que los usuarios comprenden que la IA mejora conforme se alimenta con información de calidad. De esta forma, la organización desarrolla una relación simbiótica entre el ser humano y la máquina.

C. Cambio cultural y gestión del talento

La implementación de IA implica un cambio en la dinámica organizacional, donde las decisiones dejan de basarse exclusivamente en la intuición o la experiencia y pasan a sustentarse en análisis predictivo. Este cambio requiere liderazgo participativo, resiliencia ante la innovación y una disposición a experimentar con nuevas formas de trabajo.

En las microempresas abarroteras, donde la cultura empresarial es predominantemente empírica, este proceso debe abordarse con empatía y acompañamiento. La idea no es imponer la tecnología, sino integrarla como una extensión natural de la experiencia humana. La IA actúa como un asistente digital que amplifica el conocimiento del comerciante, permitiéndole anticipar tendencias, reducir errores y tomar decisiones más informadas.

Además, se promueve la gestión del talento humano como un proceso estratégico. Identificar a los empleados con mayor disposición al cambio, asignarles roles de liderazgo tecnológico y reconocer su aporte a la innovación genera un entorno favorable para la adopción del sistema.

D. Ética y responsabilidad en el uso de la IA

El componente humano también está vinculado con la ética en el uso de la inteligencia artificial. Las personas deben ser conscientes de las implicaciones de los datos que manejan, de la confidencialidad de la información comercial y del uso responsable de los resultados generados por los algoritmos. La confianza y la transparencia son pilares fundamentales para garantizar la aceptación social de la tecnología.

Por esta razón, el proyecto contempla mecanismos de protección de datos y procesos de validación humana sobre las decisiones automatizadas, asegurando que la IA funcione como herramienta de apoyo, nunca como sustituto de la toma de decisiones humanas.

E. Síntesis de la fase People

En resumen, la fase Personas coloca al ser humano en el centro del proceso de transformación digital. Su éxito depende no solo del diseño técnico del sistema, sino de la participación, capacitación y apropiación tecnológica de los usuarios.

En el contexto del proyecto, esto significa empoderar a los comerciantes y empleados para que comprendan, confíen y se apoyen en la IA como una aliada en la gestión del negocio. De esta interacción surge una inteligencia colaborativa, donde la experiencia humana y la analítica automatizada convergen para impulsar la eficiencia, la sostenibilidad y la innovación dentro del sector abarrotero.

4.6.4. A (Automation/Amplification/Augmentation)

La fase Automatización y Aumento dentro del marco IMPACT se centra en la implementación práctica de la inteligencia artificial (IA) como herramienta que amplifica la capacidad humana y optimiza la operación empresarial. En esta etapa, la tecnología pasa de ser una idea conceptual para convertirse en un agente activo que automatiza tareas rutinarias, reduce errores y potencia la toma de decisiones mediante el aumento de la inteligencia humana.

El objetivo no es sustituir el trabajo humano, sino liberar tiempo y recursos para que las personas puedan concentrarse en actividades de mayor valor estratégico, como la planificación, la atención al cliente o la innovación. De esta interacción surge el concepto de “inteligencia aumentada”, en la que los algoritmos y las personas colaboran para lograr resultados más eficientes, precisos y sostenibles.

A. Aplicación de la automatización en el proyecto

En el contexto del proyecto, la automatización se manifiesta en el manejo y análisis de datos de inventario y ventas. La aplicación móvil se encarga de registrar y procesar la información de manera estructurada, eliminando la necesidad de cálculos manuales o estimaciones empíricas.

Mediante el uso de modelos de aprendizaje supervisado, como ARIMA o regresión lineal multivariable, el sistema analiza patrones históricos y genera proyecciones automáticas de demanda futura. Esto permite que el comerciante reciba alertas o sugerencias de reposición sin necesidad de realizar análisis complejos, reduciendo la carga operativa y los riesgos de error humano.

La automatización también incluye procesos como:

- 1) Actualización automática del inventario tras cada venta o ingreso de productos.
- 2) Generación periódica de reportes predictivos sobre la demanda esperada.
- 3) Identificación automática de productos de baja rotación o riesgo de vencimiento.
- 4) Notificaciones inteligentes sobre posibles quiebres de stock o sobreabastecimiento.

Con ello, el sistema transforma tareas antes manuales y repetitivas en procesos ágiles, precisos y en tiempo real.

B. Inteligencia aumentada: la IA como apoyo al juicio humano

La dimensión de Aumento se refiere al uso de la IA para amplificar la capacidad cognitiva y analítica de las personas. En este sentido, la aplicación no reemplaza la experiencia del comerciante, sino que la complementa con información predictiva que mejora la calidad de las decisiones.

Por ejemplo, un propietario puede combinar su conocimiento del comportamiento de los clientes (días de mayor venta, preferencias, estacionalidad) con las predicciones generadas por la IA para planificar sus compras de manera más eficiente. Este proceso colaborativo entre la intuición humana y la analítica automatizada da lugar a una toma de decisiones informada y estratégica, que equilibra la precisión de los datos con la comprensión contextual del entorno local.

Asimismo, el sistema proporciona paneles visuales e indicadores simplificados, que traducen los resultados técnicos del modelo predictivo en información comprensible

y accionable. De este modo, la IA actúa como un asistente digital que guía al usuario sin requerir conocimientos técnicos avanzados.

C. Beneficios de la automatización y el aumento

La combinación de automatización y aumento genera beneficios significativos para la eficiencia y la sostenibilidad de las microempresas, entre los cuales destacan:

- 1) Eficiencia operativa: reducción del tiempo dedicado a tareas manuales y mejora en la exactitud de los registros.
- 2) Toma de decisiones basada en datos: integración de análisis predictivo para planificar reposiciones y compras.
- 3) Disminución de errores humanos: procesamiento automatizado de cálculos y registros.
- 4) Incremento en la rentabilidad: reducción de pérdidas por sobrestock o desabastecimiento.
- 5) Fortalecimiento de la confianza tecnológica: los usuarios perciben la IA como una herramienta útil, práctica y comprensible.

Estos beneficios demuestran que la automatización no implica deshumanización, sino una cooperación más efectiva entre personas y tecnología, en la que cada una aporta sus fortalezas: la IA aporta velocidad y precisión; el ser humano, criterio y contexto.

D. Integración con los marcos de gobernanza

La fase de automatización y aumento se desarrolla bajo la guía de los marcos COBIT 2019 y CMMI V2.0, que aseguran que los procesos automatizados mantengan control, calidad y trazabilidad.

COBIT 2019, mediante los procesos BAI02 (Gestión de Requisitos) y BAI03 (Desarrollo de Solución Tecnológica), garantiza que cada función automatizada responda a necesidades del negocio y cumpla con objetivos de valor.

CMMI V2.0, a través de las áreas de práctica TS (Technical Solution) y PQA (Product and Process Quality Assurance), vela por que las soluciones técnicas sean confiables, verificables y sujetas a mejora continua.

De esta forma, la automatización no se convierte en una caja negra, sino en un conjunto de procesos controlados, documentados y auditables, alineados con los principios de gobernanza y calidad organizacional.

E. Síntesis de la fase Automation / Augmentation

En síntesis, la fase Automatización y Aumento marca el punto en el que la inteligencia artificial pasa de la teoría a la práctica, generando impacto real en la operación del negocio. La IA se integra en los flujos cotidianos para optimizar tareas, mientras amplifica la capacidad del usuario para analizar, planificar y decidir con mayor precisión.

En el caso del proyecto, esta etapa consolida la colaboración entre la inteligencia humana y la artificial, demostrando que la innovación tecnológica puede adaptarse a contextos de baja madurez digital. Gracias a ello, las microempresas abarroteras logran avanzar hacia un modelo de eficiencia inteligente, donde la tecnología actúa como aliada del trabajo humano y promotora de su evolución.

4.6.5. C (Culture)

La dimensión Cultura dentro del marco IMPACT reconoce que la incorporación de inteligencia artificial en una organización no es únicamente un desafío técnico, sino fundamentalmente un proceso de cambio cultural. La cultura define la manera en que las personas perciben la tecnología, la forma en que se relacionan con los datos y el nivel de apertura a nuevas prácticas de trabajo.

En organizaciones con baja madurez digital —como es característico de las microempresas abarroteras en Nicaragua—, la cultura suele estar orientada a la operación manual, la toma de decisiones empíricas y la dependencia del conocimiento tácito del propietario. En estos entornos, la IA puede generar inicialmente resistencia, temor o desconfianza, especialmente cuando los usuarios no comprenden su funcionamiento o perciben que podría reemplazar su experiencia.

Por ello, la cultura organizacional debe evolucionar hacia un modelo de aprendizaje, experimentación y adopción progresiva. Esta transición implica crear espacios donde la tecnología sea percibida como una herramienta de apoyo y no como una amenaza. También requiere fomentar valores como la transparencia, la confianza, la calidad del dato y la apertura al análisis sistemático.

A. Cultura orientada al uso de datos

La IA solo alcanza su potencial cuando la organización asume los datos como un activo estratégico. Una cultura de datos promueve prácticas como:

- Registrar información con precisión.
- Consultar reportes antes de decidir.
- Cuestionar patrones y validar hipótesis.
- Aceptar la retroalimentación que provee el sistema inteligente.

En el proyecto, este cambio cultural es fundamental: el comerciante debe pasar de basar sus decisiones en la intuición a considerar las predicciones generadas por el sistema. Esta transición requiere acompañamiento, comunicación clara y herramientas sencillas que faciliten la interpretación de los resultados.

B. Formación de una cultura de confianza en la IA

Para que la IA sea aceptada, la cultura organizacional debe incorporar nociones básicas sobre cómo opera la tecnología, qué decisiones automatiza y cuáles no. La

transparencia es clave: el sistema debe explicar sus recomendaciones de forma simple, mostrando el “por qué” detrás de cada alerta o proyección.

La confianza también se construye mediante evidencia. A medida que el comerciante observe que las predicciones coinciden con la realidad y que la aplicación facilita su trabajo diario, su actitud hacia la IA se vuelve más positiva. Este proceso forma una cultura de mejora continua donde la organización aprende a trabajar con la tecnología de manera colaborativa.

C. Cultura del cambio y evolución organizacional

Finalmente, la adopción de IA exige una cultura que no teme al cambio. En este contexto, se debe promover:

1. Disposición a aprender nuevas prácticas.
2. Flexibilidad para adaptar procesos.
3. Apertura para incorporar herramientas digitales en actividades rutinarias.

Este aspecto cultural es coherente con los principios de COBIT y CMMI, que demandan que el personal esté alineado con los procesos formales, la calidad del producto y la mejora continua. Es decir, la cultura no solo habilita la adopción tecnológica, sino también la consolidación de la madurez organizacional.

4.6.6. T (Transformation)

La dimensión Transformación representa el resultado final del marco IMPACT: el punto en el cual la inteligencia artificial deja de ser un proyecto aislado para convertirse en un motor estructural de cambio organizacional. Esta transformación ocurre cuando la IA, la gobernanza, los datos y la cultura se integran en un sistema coherente que redefine la forma en que la organización opera, decide y crea valor.

En el contexto de las microempresas abarroteras, la transformación no implica únicamente digitalizar procesos, sino reconfigurar el negocio hacia un modelo más eficiente, predictivo y sostenible. La IA transforma la operación cotidiana, la manera de evaluar la demanda y la gestión del inventario, pasando de un enfoque reactivo a un enfoque anticipativo y basado en evidencia.

A. Transformación del proceso de toma de decisiones

Uno de los cambios más significativos ocurre en la forma en que se toman decisiones. El comerciante deja de depender exclusivamente de la intuición para basarse en:

1. Análisis históricos.
2. Proyecciones automatizadas.
3. Alertas inteligentes.
4. Indicadores visuales de desempeño.

Este nuevo modelo de decisión fortalece el control del negocio, reduce pérdidas por sobrestock o desabastecimiento y permite una planificación más estratégica de compras y ventas.

B. Transformación operativa y eficiencia

La automatización de registros, cálculos y reportes transforma las operaciones diarias. Tareas antes manuales (como revisar cuadernos, contar inventario o hacer estimaciones subjetivas) son reemplazadas por sistemas automáticos que funcionan en tiempo real.

Esto produce:

- Reducción de errores.
- Tiempos de procesamiento más cortos.
- Mayor precisión en el inventario.
- Disminución de cargas operativas.

La eficiencia operacional incrementa la competitividad de microempresas que generalmente operan con márgenes de ganancia reducidos.

C. Transformación organizacional y madurez

A medida que la organización adopta y consolida prácticas sistemáticas, se producen transformaciones alineadas con los marcos de gobernanza seleccionados:

Con COBIT 2019 se logra una operación más formalizada, con controles, métricas y procesos definidos.

Con CMMI V2.0 se fortalece la calidad del desarrollo del software y la disciplina en el ciclo de vida del producto.

El resultado es una transición hacia niveles superiores de madurez organizacional, donde la innovación tecnológica se vuelve sostenible y la organización adquiere mayor capacidad para gestionar futuros proyectos de TI.

D. Transformación del rol humano

La tecnología no sustituye a las personas; transforma su rol. Los usuarios dejan de realizar tareas rutinarias y de baja complejidad para concentrarse en:

1. Análisis.
2. Supervisión.
3. Generación de estrategias.
4. Atención al cliente.
5. Control financiero.

La IA actúa como un asistente digital, mientras el ser humano se fortalece como líder del negocio.

E. Síntesis del proceso de transformación

La transformación dentro del marco IMPACT no es un evento puntual, sino un proceso continuo. Para el proyecto, esto implica que la aplicación móvil no solo resuelve un problema operativo inmediato, sino que redefine la forma en que la microempresa concibe la gestión del inventario, la toma de decisiones y el aprovechamiento de los datos.

El negocio pasa de un modelo informal y manual hacia un modelo predictivo, organizado y orientado a la mejora continua, donde la tecnología se convierte en un elemento estratégico de supervivencia y crecimiento.

4.7. Madurez Organizacional y Gobernanza

La adopción de inteligencia artificial en una organización requiere un nivel adecuado de madurez organizacional y un sistema de gobernanza que asegure el control, la calidad y la alineación estratégica de las iniciativas tecnológicas. En microempresas con madurez nula o cercana a cero, como ocurre en gran parte del sector abarrotero nicaragüense, la implementación de IA debe acompañarse de una estructura formal mínima que permita gestionar riesgos, definir responsabilidades y garantizar la sostenibilidad del proyecto.

En este sentido, el proyecto incorpora la gobernanza mediante COBIT 2019, el cual proporciona lineamientos para establecer procesos, roles y controles orientados a obtener valor de la tecnología. Los procesos APO04 (Gestión de la Innovación), BAI02 (Gestión de Requisitos) y BAI03 (Desarrollo de Soluciones Tecnológicas) proporcionan el andamiaje necesario para asegurar que la aplicación de IA responda a necesidades reales del negocio, cuente con una definición adecuada de alcance, y sea desarrollada y mantenida bajo estándares formales.

Complementariamente, CMMI V2.0 fortalece la madurez del desarrollo del software, proporcionando prácticas para la planificación, la gestión de requisitos, la aseguración de calidad, la integración del producto y la solución técnica. Esto permite estructurar el ciclo de vida de la aplicación, estandarizar los procesos y avanzar hacia un nivel de madurez organizacional superior.

La combinación de ambos marcos garantiza que la IA no se incorpore de manera improvisada, sino dentro de un esquema de control, calidad y mejora continua, requisitos esenciales para reducir riesgos, aumentar la confianza del usuario y asegurar la fiabilidad del sistema.

4.8. El Rol del Talento Humano

El talento humano constituye un eje central en la adopción de IA. La tecnología no genera valor por sí sola; su impacto depende de la capacidad de las personas para

comprenderla, aplicarla y confiar en sus resultados. En organizaciones de baja digitalización, el reto principal no es técnico, sino formativo y cultural.

El proyecto reconoce que el personal de las microempresas abarroteras generalmente no posee conocimientos avanzados en analítica o sistemas de información. Por ello, la estrategia incluye la creación de capacidades en áreas como:

- Uso básico de herramientas móviles.
- Registro adecuado de inventario y ventas.
- Interpretación de predicciones y reportes.
- Comprensión de la importancia de la calidad del dato.
- Adopción de nuevas prácticas digitales.

La capacitación no solo transfiere habilidades, sino que genera confianza. Cuando los usuarios comprenden el funcionamiento del sistema predictivo y observan resultados tangibles, disminuyen la resistencia al cambio. Además, el rol del ser humano se transforma: deja de realizar tareas repetitivas y pasa a supervisar, validar, interpretar y decidir con apoyo de la IA.

Este enfoque coincide con la idea de la “inteligencia aumentada”, donde la tecnología potencia las capacidades humanas, en lugar de sustituirlas. Así, el talento humano se convierte en actor clave de la transformación organizacional.

4.9. Ética, Responsabilidad y Calidad de los Datos (5 V's)

La implementación de sistemas de IA debe regirse por principios éticos que aseguren transparencia, equidad, protección de datos y toma de decisiones responsable. En este contexto, la calidad de los datos es un elemento crucial, ya que la IA depende completamente de la información que recibe.

El libro introduce el concepto de las “5V's” como marco para evaluar la calidad, confiabilidad y utilidad de los datos en aplicaciones de IA:

A. Volume (Volumen)

Representa la cantidad de datos disponibles para entrenar modelos o generar análisis.

En el proyecto, el volumen es limitado, dado que las microempresas abarroteras poseen históricos pequeños. Esto exige modelos que funcionen con datos escasos, técnicas de preprocesamiento y mecanismos para mejorar la recolección de información.

B. Variety (Variedad)

Se refiere a los diferentes tipos de datos: ventas, inventarios, fechas, proveedores, estacionalidad, entre otros.

En el proyecto, la variedad es baja, pero suficiente para generar predicciones básicas. A medida que la empresa madura digitalmente, puede integrar más fuentes: clima, tendencias locales, promociones, datos externos, etc.

C. Velocity (Velocidad)

Describe la rapidez con la que los datos se generan y deben procesarse.

En la aplicación, la velocidad es esencial, ya que el inventario cambia diariamente. El sistema debe actualizar predicciones y alertas de forma dinámica, sin requerir intervenciones manuales complejas.

D. Veracity (Veracidad)

Indica la confiabilidad y exactitud de los datos.

En microempresas, este aspecto es crítico: errores de digitación, omisiones o registros incompletos afectan la calidad del modelo. El proyecto considera mecanismos para detectar inconsistencias y promover buenas prácticas de registro.

E. Value (Valor)

Evalúa si los datos generan beneficios reales para la organización.

En el proyecto, el valor se materializa en mejores decisiones de compra, reducción de pérdidas y mayor eficiencia operativa. La IA solo es útil si los datos producen resultados accionables.

F. Ética y responsabilidad

Además de las 5V's, la IA debe aplicarse con criterios éticos:

- Protección de la información comercial.
- Uso transparente de datos.
- Explicación clara de las predicciones al usuario.
- Responsabilidad humana en decisiones críticas.

El sistema debe ser interpretable y comprensible, evitando convertirse en una “caja negra”. Esto es especialmente importante en organizaciones pequeñas, donde la confianza es determinante para la adopción tecnológica.

4.10. Conclusión sobre el capítulo 4: Sistemas de información con IA

La integración de la inteligencia artificial en microempresas abarroteras representa una oportunidad significativa para mejorar la gestión del inventario, optimizar procesos y fortalecer la toma de decisiones mediante análisis predictivo. Sin embargo, su adopción requiere un enfoque estructurado que considere la madurez organizacional, la calidad de los datos, el talento humano y los principios éticos que rigen el uso responsable de la tecnología.

El proyecto demuestra que, aun en contextos con recursos limitados y baja digitalización, es posible implementar soluciones inteligentes siempre que se acompañen de un marco de gobernanza como COBIT 2019 y un modelo de madurez como CMMI V2.0. Estos marcos proporcionan estructura, control y capacidades necesarias para asegurar que la tecnología aporte valor real y sostenible.

Asimismo, la IA se convierte en un agente de transformación que amplifica las capacidades humanas, automatiza tareas repetitivas y facilita la adopción de decisiones fundamentadas en datos. La cultura, la confianza, la capacitación y la transparencia son elementos clave para consolidar esta transición.

En conjunto, estas dimensiones permiten avanzar hacia un modelo de gestión más eficiente, inteligente y orientado a la mejora continua, alineado con las necesidades del sector abarrotero y con el potencial de escalar hacia niveles superiores de innovación tecnológica.

4.11. Beneficios de IMPACT (consolidación)

1. **Imaginación (Imagination):** Permite reimaginar procesos y crear nuevo valor para la empresa mediante innovación y creatividad, orientando la IA hacia objetivos estratégicos.
2. **Maduración (Maturity):** Evalúa la preparación organizacional en dimensiones como estrategia, liderazgo, procesos y datos, asegurando que la adopción de IA sea sostenible.
3. **Personas (People):** Garantiza que el talento humano cuente con las competencias necesarias y que la IA se perciba como un complemento que potencia la toma de decisiones humanas.
4. **Aumentación y Automatización (Augmentation, Amplification, Automation):** Amplifica la inteligencia humana y automatiza tareas rutinarias, liberando tiempo para actividades estratégicas.
5. **Cultura (Culture):** Fomenta una cultura organizacional abierta al cambio, orientada al uso de datos, la transparencia y la confianza en la tecnología.
6. **Transformación (Transformation):** Integra la IA como un motor estructural de cambio, transformando procesos, roles y modelos de negocio hacia una operación más eficiente y predictiva.

5. Integración de COBIT 2019 y CMMI en sistemas de información con IA

5.1. Introducción a la integración de COBIT y CMMI

La integración de COBIT 2019 y CMMI 2.0 en sistemas de información con inteligencia artificial constituye una estrategia esencial para garantizar que la innovación tecnológica se desarrolle bajo un marco de gobernanza sólido y procesos maduros. COBIT establece lineamientos para alinear las iniciativas tecnológicas con los objetivos del negocio, asegurando control, transparencia y gestión de riesgos. Por su parte, CMMI proporciona prácticas que fortalecen la capacidad organizacional, estandarizan procesos y aseguran la calidad en cada etapa del ciclo de vida del software.

En conjunto, ambos marcos permiten que la implementación de IA no sea un esfuerzo aislado, sino una práctica estructurada, medible y sostenible, capaz de generar valor real para la organización. Esta integración resulta particularmente relevante en el contexto del presente proyecto, donde se busca desarrollar una aplicación móvil inteligente para la gestión de inventario y la predicción de demanda en microempresas abarroteras, partiendo de un nivel de madurez tecnológica inicial y avanzando hacia un modelo más formalizado y orientado a la mejora continua.

5.2. Actividades de COBIT detalladas

En el capítulo 2 se definieron los objetivos de COBIT más relevantes para el proyecto: APO02 (Gestionar la estrategia), APO04 (Gestionar la innovación), BAI02 (Gestionar requisitos) y BAI03 (Gestionar soluciones). Para este capítulo se abordará el Componente A: Proceso, uno de los siete componentes del sistema de gobernanza, el cual describe las prácticas que deben implementarse para cumplir con cada objetivo.

5.2.1. EDM 01.01: Componente A

Evaluar el sistema de gobierno:

Objetivos:

- El objetivo EDM01 (Asegurar el marco de gobernanza) se desarrolló en el análisis de la cascada de metas y el mapeo realizado en el capítulo 2 (ver Tabla 2.6 y Tabla 2.21), donde se evidencia la relación entre las metas empresariales y las metas de alineamiento para posteriormente seleccionar los procesos adecuados para la empresa. Este objetivo es clave para

garantizar la institucionalización de políticas y roles que soporten la implementación del sistema inteligente, asegurando transparencia y control en la toma de decisiones.

Actividades:

1. Analizar e identificar los factores ambientales internos y externos (obligaciones legales, regulatorias y contractuales), así como las tendencias en el entorno de negocio que pueden influir en el diseño del gobierno.
2. Determinar la importancia de I&T y su papel con respecto al negocio.

Las actividades seleccionadas para el objetivo EDM01 - Asegurar el marco de gobernanza, específicamente analizar e identificar los factores ambientales internos y externos y determinar la importancia de I&T y su papel con respecto al negocio, se fundamentan en el análisis realizado en el capítulo 2, donde se evaluaron las metas empresariales y los factores de diseño que influyen en la estrategia tecnológica. Dicho análisis permitió identificar la necesidad de establecer un sistema de gobernanza adaptado al contexto regulatorio, contractual y operativo de las microempresas abarroteras, garantizando que las decisiones sobre TI se alineen con los objetivos estratégicos y respondan a las tendencias del entorno. Estas actividades son esenciales para asegurar que la implementación del sistema inteligente se realice bajo principios de transparencia, control y valor para el negocio, tal como se refleja en el mapeo de metas empresariales y objetivos COBIT (ver Tablas 2.6 y 2.21).

5.2.2. APO 02.02: Componente A:

Evaluar las capacidades, rendimiento y madurez digital actual de la empresa gobierno:

Objetivos:

- Evaluar el rendimiento de los servicios de I&T actuales, y desarrollar una comprensión de las capacidades de la empresa y de I&T actuales (tanto internas como externas). Evaluar la madurez digital actual de la empresa y su apetito de cambio.

Actividades:

1. Desarrollar una línea base de las capacidades y servicios empresariales y de I&T actuales.
2. Incluir la evaluación de servicios externalizados, el gobierno de I&T y las habilidades y competencias de I&T de toda la empresa.

La actividad orientada a desarrollar una línea base de las capacidades y servicios empresariales y de I&T actuales es crítica en el contexto del proyecto, ya que las

tiendas de abarrotes en Nicaragua presentan un nivel de madurez digital cercano a cero. Estas empresas operan con procesos manuales y carecen de infraestructura tecnológica formal, lo que dificulta la adopción de soluciones inteligentes. Al establecer esta línea base, se logra identificar los recursos disponibles, evaluar los servicios externalizados y determinar las competencias digitales del personal, creando un diagnóstico realista que servirá como punto de partida para la estrategia tecnológica. Esta evaluación permite diseñar un sistema alineado con las necesidades del negocio, priorizar inversiones y garantizar que la implementación de la aplicación móvil con IA se realice de manera efectiva, reduciendo riesgos y maximizando el valor para la organización.

5.2.3. APO 04.03: Componente A

Monitorizar explorar el entorno tecnológico gobierno:

Objetivos:

- Implementar una vigilancia tecnológica para monitorizar y explorar sistemáticamente el entorno externo de la empresa para identificar las tecnologías emergentes que tengan el potencial de crear valor (p. ej., lograr la estrategia empresarial, optimizar costes, evitar la obsolescencia y habilitar de mejor manera los procesos empresariales y de I&T).
- Monitorizar el mercado, el entorno competitivo, los sectores de la industria y las tendencias legales y regulatorias para poder analizar las tecnologías emergentes o las ideas de innovación en el contexto empresarial.

Actividades:

1. Captar las ideas innovadoras del personal de I&T y revisar su posible implementación.

La actividad de captar las ideas innovadoras del personal de I&T y revisar su posible implementación se justifica plenamente en el marco del proyecto, ya que la adopción de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial requiere un enfoque participativo y creativo. En el contexto de las microempresas abarroteras, donde los recursos son limitados y la madurez digital es baja, las propuestas del equipo técnico pueden aportar soluciones adaptadas a las necesidades reales del negocio, optimizando costos y evitando la obsolescencia tecnológica. Esta práctica permite identificar oportunidades de innovación que complementen la estrategia definida en APO04, asegurando que la implementación de IA no solo responda a tendencias globales, sino también a la realidad operativa y cultural de las empresas, fortaleciendo su competitividad y sostenibilidad.

5.2.4. BAI 02.01: Componente A

Definir y mantener los requisitos funcionales y técnicos del negocio:

Objetivos:

- Con base en el caso de negocio, identificar, priorizar, especificar y acordar los requisitos de información, funcionales, técnicos y de control del negocio que cubran el alcance/comprendión de todas las iniciativas necesarias para lograr los resultados esperados de la solución empresarial propuesta habilitada por la I&T.

Actividades:

1. Garantizar que todos los requisitos de las partes interesadas, incluidos los criterios de aceptación relevantes se consideren, capten, prioricen y registren de forma que sean comprensibles para todas las partes interesadas, reconociendo que los requisitos podrían cambiar y ser más detallados conforme se implementen.

La actividad orientada a garantizar que todos los requisitos de las partes interesadas se consideren, capten, prioricen y registren de forma comprensible es esencial para el éxito del proyecto, dado que la aplicación móvil inteligente debe responder a necesidades específicas de las microempresas abarroteras. Estas organizaciones presentan procesos manuales y limitaciones tecnológicas, por lo que la correcta definición de requisitos funcionales y técnicos asegura que la solución propuesta sea viable, útil y alineada con los objetivos del negocio. Además, esta práctica permite mantener trazabilidad y adaptabilidad frente a cambios durante la implementación, reduciendo riesgos y garantizando que la funcionalidad de la aplicación y el modelo de IA cumplan con los criterios de aceptación establecidos por los stakeholders.

5.2.5. BAI 03.05: Componente A

Construir soluciones:

Objetivos:

- Instalar y configurar soluciones (o desarrollar) e integrarlas con las actividades del proceso de negocio. Durante la configuración e integración del hardware y el software de infraestructura, implementar medidas de control, seguridad, privacidad y auditabilidad para proteger los recursos y asegurar la disponibilidad y la integridad de los datos. Actualizar el catálogo de productos o servicios para reflejar las nuevas soluciones.

Actividades:

1. Integrar y configurar los componentes de negocio y de la solución de TI y los repositorios de la información de acuerdo con las especificaciones detalladas y los requisitos de calidad. Considerar el rol de los usuarios, partes interesadas de la empresa y dueño del proceso en la configuración de los procesos del negocio.

La actividad orientada a integrar y configurar los componentes de negocio y de la solución de TI, junto con los repositorios de información, es esencial para garantizar la coherencia técnica y funcional del sistema propuesto. En el contexto de las microempresas abarroteras, donde la infraestructura tecnológica es limitada, esta integración debe realizarse conforme a las especificaciones detalladas y los requisitos de calidad definidos previamente, asegurando que la aplicación móvil y el modelo de IA trabajen de manera armónica. Además, considerar el rol de los usuarios y las partes interesadas en la configuración de los procesos del negocio permite adaptar la solución a la realidad operativa, facilitando su adopción y maximizando el valor generado. Esta práctica contribuye a la disponibilidad, integridad y seguridad de los datos, elementos críticos para la confiabilidad del sistema inteligente.

5.2.6. Resumen de las actividades de COBIT 2019

Componente	Proceso	Objetivo principal	Actividad fundamental
A: Proceso	EDM01.01	Evaluación del sistema de gobierno	Analizar factores internos y externos; Determinar importancia de I&T
A: Proceso	APO02.02	Evaluación de capacidades y madurez digital	Desarrollar línea base de capacidades y servicios de I&T
A: Proceso	APO04.03	Monitorizar y explorar entorno tecnológico	Captar ideas innovadoras del personal y revisar implementación
A: Proceso	BAI02.01	Definir y mantener requisitos funcionales y técnicos	Captar, priorizar y registrar requisitos con criterios de aceptación
A: Proceso	BAI03.05	Construir soluciones	Integrar y configurar componentes de negocio y TI según especificaciones

Tabla 5.1: Resumen de actividades de cobit 2019

5.3. Áreas de práctica CMMI y actividades específicas

En el capítulo 3 se seleccionaron las áreas de práctica más relevantes del modelo CMMI 2.0 para fortalecer los procesos asociados a los objetivos de COBIT. Estas

áreas son: PLAN (Planificación), RDM (Gestión de requisitos), PQA (Aseguramiento de calidad), PI (Integración de producto) y TS (Solución técnica).

Actividades por área:

5.3.1. PLAN (Planificación)

Esta área busca garantizar que el trabajo se organice de manera estructurada, con tareas claramente definidas y asignadas, para cumplir los requisitos del cliente y asegurar la satisfacción.

5.3.1.1. PLANN Nivel 1

PLANN 1.1

- a. Actividad: Desarrollar una lista de tareas.
- b. Propósito: Asegurar que se identifiquen las tareas necesarias para cumplir con todos los requisitos del cliente para aumentar su satisfacción.
- c. Entregable: Lista de tareas.

PLANN 1.2

- d. Actividad: Asignar personas a tareas.
- e. Propósito: Asegurarse de que las tareas se realicen de manera que cumplan con los requisitos y satisfagan al cliente.
- f. Entregable: Lista de tareas con asignaciones a personas.

5.3.2. RDM (Requirements Development and Management)

Esta área asegura que los requisitos del sistema se definan, documenten y mantengan trazabilidad durante todo el ciclo de vida del proyecto.

5.3.2.1. RDM Nivel 1

RDM 1.1

- a. Actividad: Registrar requisites.
- b. Propósito: El registro de requisitos constituyen la base para abordar con éxito las necesidades y expectativas del cliente.
- c. Entregable: Lista de requisitos o casos de uso.

5.3.3. PQA (Process and Product Quality Assurance)

Esta área busca garantizar la calidad del producto y de los procesos mediante revisiones y acciones correctivas.

5.3.3.1. PQA Nivel 1

PQA 1.1

- a. Actividad: Identificar y abordar problemas en procesos o soluciones.

- b. Propósito: Incrementa la satisfacción del cliente a través de la calidad y rendimiento optimizado.
- c. Entregable: Registro y solución de problemas.

5.3.4. PI (Product Integration)

Esta área se centra en la integración de los componentes del sistema para entregar una solución funcional al cliente.

5.3.4.1. PI Nivel 1

PI 1.1

- a. Actividad: Ensamblar soluciones y entregarlas al cliente.
- b. Propósito: Provoca la satisfacción del cliente al entregar soluciones útiles.
- c. Entregable: Soluciones integradas y documentación relacionada.

5.3.5. TS (Technical Solution)

Esta área aborda el diseño y construcción de la solución técnica que cumpla con los requisitos establecidos.

5.3.5.1. TS Nivel 1

TS 1.1

- a. Actividad: Construir solución para cumplir con los requisitos.
- b. Propósito: Provee al cliente una solución que implementa los requisitos y reduce el costo del trabajo repetitivo.
- c. Entregable: Producto o servicio.

TS 2.1

- a. Actividad: Diseñar y construir una solución que cumpla con los requisitos.
- b. Propósito: Provee una estructura para guiar la implementación de una solución efectiva que cumpla con los requisitos.
- c. Entregable: Construir la solución (la aplicación móvil).

5.3.6. Resumen de las actividades de CMMI 2.0

PA CMMI	Nivel de PA	Actividad principal	Propósito	Entregable
PLAN (Planificación)	PLANN 1.1	Desarrollar una lista de tareas	Identificar todas las actividades necesarias para cumplir requisitos del cliente	Lista de tareas

	PLANN 1.2	Asignar personas a tareas	Garantizar que cada tarea tenga un responsable para cumplir requisitos	Lista de tareas con asignaciones
RDM (Gestión de requisitos)	RDM 1.1	Registrar requisitos	Capturar requisitos funcionales y no funcionales alineados al negocio	Documento de requisitos o casos de uso
PQA (Aseguramiento de calidad)	PQA 1.1	Identificar y abordar problemas en procesos o soluciones	Garantizar calidad y rendimiento mediante acciones correctivas	Registro y solución de problemas
PI (Integración de producto)	PI 1.1	Ensamblar soluciones y entregarlas al cliente	Integrar componentes y entregar soluciones funcionales	Solución integrada y documentación
TS (Solución técnica)	TS 1.1	Construir solución para cumplir con los requisitos	Desarrollar aplicación móvil y modelo IA conforme a requisitos	Producto funcional (aplicación móvil con IA)
	TS 2.1	Diseñar y construir una solución que cumpla con los requisitos	Definir arquitectura técnica y guiar implementación	Diseño técnico y aplicación lista para despliegue

Tabla 5.2: Resumen de actividades de CMMI 2.0

5.4. Relación entre actividades COBIT y CMMI

COBIT Objective		CMMI Area	Actividades CMMI
EDM01.0 1	Evaluar el sistema de gobernanza	GOV (Governance)	Establecer políticas organizacionales
APO02.02	Evaluar capacidades y madurez digital	PLANN (Planificación)	Desarrollar lista de tareas; Asignar responsables; Definir cronograma
APO04.03	Monitorizar y explorar entorno tecnológico	RDM (Gestión de requisitos)	Registrar requisitos; Validar requisitos teniendo en cuenta la innovación y adopción de tecnologías emergentes.
BAI02.01	Definir y mantener requisitos funcionales y técnicos		
BAI03.05	Construir soluciones	PI (Integración de producto) PQA (Aseguramiento de calidad) y TS (Solución técnica)	Desarrollar soluciones; Integrar componentes; Ejecutar pruebas; Documentar resultados

Tabla 5.3: relación entre las actividades de cobit 2019 y CMMI 2.0

La tabla anterior resume la relación entre los procesos COBIT seleccionados y las áreas de práctica de CMMI que los complementan en el desarrollo del sistema

inteligente. Esta integración permite que los objetivos de gobernanza definidos por COBIT se traduzcan en actividades técnicas concretas mediante CMMI, asegurando trazabilidad, calidad y alineación estratégica. Por ejemplo, mientras APO02 establece la necesidad de evaluar la madurez digital, el área PLAN de CMMI operacionaliza esta meta mediante la planificación detallada de tareas y roles. De igual forma, BAI03 orienta la construcción de soluciones, y CMMI refuerza este objetivo con prácticas de integración y aseguramiento de calidad. Esta sinergia garantiza que la implementación de la aplicación móvil con IA se realice bajo principios de control, eficiencia y mejora continua.

5.5. KPI's (Key performance indicators) en evaluación de COBIT y CMMI

Objetivo / Proceso	Área CMMI	KPI	Fórmula / Métrica	Unidad	Frecuencia
EDM01 – Asegurar gobernanza	GOV	Nivel de madurez alcanzado	(Nivel actual / Nivel objetivo) × 100	%	Trimestral
APO02 – Gestionar estrategia	PLAN	Cumplimiento del cronograma	(Tareas completadas en tiempo / Total tareas) × 100	%	Por sprint
APO04 – Gestionar innovación	RDM	Ideas implementadas	(Ideas implementadas / Ideas propuestas) × 100	%	Mensual
BAI02 – Gestionar requisitos	RDM	Cobertura de requisitos	(Requisitos implementados / Requisitos definidos) × 100	%	Por iteración
BAI03 – Construir soluciones	TS / PI / PQA	Tasa de defectos	(Defectos detectados / Funcionalidades entregadas)	Ratio	Por sprint
BAI03 – Construir soluciones	TS / PI	Tiempo promedio de integración	Σ (Tiempo integración por módulo) / N° módulos	Horas	Por entrega
Gobernanza y calidad	PQA	Cumplimiento de pruebas	(Casos de prueba exitosos / Total casos) × 100	%	Por sprint

Tabla 5.4: KPI's considerados

5.6. Matriz RACI del proyecto

Actividad del Proyecto	Responsable (R)	Aprobador (A)	Consultado (C)	Informado (I)
Diseño del sistema de gobernanza (COBIT)	Rene Enrique Urbina	Miguel Hernández Gaitán	Miguel Hernández Gaitán	Rene Enrique Urbina
Definición de requisitos (BAI02)	Miguel Hernández Gaitán	Rene Enrique Urbina	Rene Enrique Urbina	Miguel Hernández Gaitán
Desarrollo de la aplicación móvil (BAI03)	Rene Enrique Urbina	Miguel Hernández Gaitán	Miguel Hernández Gaitán	Rene Enrique Urbina
Implementación de IA y MLOps	Miguel Hernández Gaitán	Rene Enrique Urbina	Rene Enrique Urbina	Miguel Hernández Gaitán
Documentación del proyecto	Rene Enrique Urbina	Miguel Hernández Gaitán	Miguel Hernández Gaitán	Rene Enrique Urbina
Presentación final	Miguel Hernández Gaitán	Rene Enrique Urbina	Rene Enrique Urbina	Miguel Hernández Gaitán

Tabla 5.5: matriz RACI del proyecto

5.7. Conclusión del capítulo 5

La integración de COBIT 2019 y CMMI 2.0 en el desarrollo de la aplicación móvil inteligente para la gestión de inventario y predicción de demanda en microempresas abarroteras de Nicaragua representa un enfoque integral que combina gobernanza, control y madurez de procesos con prácticas técnicas orientadas a la calidad y la mejora continua. Este capítulo ha demostrado que la sinergia entre ambos marcos no solo es posible, sino necesaria para garantizar que la innovación tecnológica se implemente de manera ordenada, eficiente y alineada con los objetivos estratégicos del negocio.

Por un lado, COBIT 2019 proporciona la estructura de gobernanza que asegura transparencia, trazabilidad y gestión de riesgos en la adopción de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial. Procesos como EDM01 permiten

establecer políticas y roles claros, mientras que APO02 y APO04 orientan la estrategia y la innovación tecnológica, y BAI02 y BAI03 garantizan la correcta definición de requisitos y la construcción de soluciones. Estas prácticas son esenciales para que la aplicación móvil no solo cumpla con los objetivos funcionales, sino que también se integre en un marco de control que respalde su sostenibilidad.

Por otro lado, CMMI 2.0 traduce estos lineamientos estratégicos en actividades concretas que fortalecen la ejecución técnica. Áreas como PLAN aseguran una planificación estructurada, RDM garantiza la trazabilidad de los requisitos, PQA vela por la calidad del producto, PI facilita la integración de componentes, y TS define la arquitectura y construcción de la solución. Estas prácticas permiten que el desarrollo de la aplicación y el modelo de IA se realice bajo principios de madurez, reduciendo riesgos y asegurando resultados predecibles.

La relación entre los procesos COBIT y las áreas CMMI, evidenciada en las tablas de este capítulo, muestra cómo la gobernanza y la mejora de procesos se complementan para crear un entorno de implementación robusto. Esta integración no solo responde a las necesidades inmediatas del proyecto, sino que establece un modelo replicable para otras iniciativas de transformación digital en entornos de baja madurez tecnológica. En consecuencia, el proyecto no se limita a desarrollar una herramienta funcional, sino que sienta las bases para una cultura organizacional orientada a la innovación, la eficiencia y la sostenibilidad, donde la inteligencia artificial actúa como un catalizador del cambio empresarial.

6. Implementación

6.1. Requisitos funcionales y no funcionales

Sistema: Aplicación móvil inteligente de gestión de inventario y predicción de demanda en tiendas de abarrotes.

Tipo: Aplicación móvil / escritorio multiplataforma (Flutter + Supabase)

1. Descripción general

La aplicación permite a una tienda de abarrotes gestionar su inventario de productos, clientes, proveedores, empleados, ventas (facturación), compras y reportes, incluyendo estadísticas y predicciones de ventas mediante IA (prophet).

2. Requisitos funcionales (RF)

RF-01 Gestión de autenticación y sesión

- **RF-01.01** El sistema debe permitir el inicio de sesión de usuarios autorizados mediante una pantalla de login.
- **RF-01.02** El sistema debe mantener una sesión activa y redirigir:
 - A /login cuando el usuario no esté autenticado.
 - A /home cuando el usuario autenticado intente acceder a /login.
- **RF-01.03** El sistema debe permitir cerrar sesión y redirigir nuevamente a la pantalla de login.

RF-02 Gestión de productos / inventario

- **RF-02.01** El sistema debe permitir registrar nuevos productos con al menos: nombre, código, precios (compra y venta), fecha de vencimiento, presentación y unidad de medida.
- **RF-02.02** El sistema debe permitir editar la información de productos existentes.
- **RF-02.03** El sistema debe permitir marcar productos como disponibles o eliminados/inactivos.
- **RF-02.04** El sistema debe listar los productos almacenados en inventario.
- **RF-02.05** El sistema debe permitir buscar y filtrar productos por:
 - Nombre.
 - Categoría.
 - Tipo de presentación.
- **RF-02.06** El sistema debe permitir ordenar los productos por:
 - Nombre.
 - Fecha de vencimiento.
 - Stock.
 - Fecha de agregado (más reciente / más antiguo).
- **RF-02.07** El sistema debe calcular el stock disponible por código de producto, considerando:
 - Productos unitarios (conteo de registros).
 - Productos a granel (cantidad total).
- **RF-02.08** El sistema debe identificar y mostrar los productos con **stock bajo** (por debajo de un umbral, por ejemplo < 5 unidades).
- **RF-02.09** El sistema debe identificar y mostrar los productos **próximos a vencer** (por ejemplo, dentro de los próximos 30 días).

RF-03 Gestión de clientes

- **RF-03.01** El sistema debe permitir registrar nuevos clientes.
- **RF-03.02** El sistema debe permitir editar los datos de clientes.
- **RF-03.03** El sistema debe listar los clientes registrados.
- **RF-03.04** El sistema debe permitir buscar clientes por nombre y número de teléfono.

- **RF-03.05** El sistema debe permitir seleccionar un cliente para asociarlo a una venta/factura.

RF-04 Gestión de empleados

- **RF-04.01** El sistema debe permitir registrar empleados.
- **RF-04.02** El sistema debe permitir editar los datos de empleados.
- **RF-04.03** El sistema debe listar los empleados registrados.
- **RF-04.04** El sistema debe permitir seleccionar el empleado responsable de una venta/factura.
- **RF-04.05** El sistema debe cargar automáticamente, al crear una factura, los datos del empleado asociado a la sesión activa (si existe).

RF-05 Gestión de proveedores

- **RF-05.01** El sistema debe permitir registrar proveedores.
- **RF-05.02** El sistema debe permitir editar los datos de proveedores.
- **RF-05.03** El sistema debe listar los proveedores registrados.
- **RF-05.04** El sistema debe mostrar en el dashboard el total de proveedores activos registrados.

RF-06 Gestión de métodos de pago

- **RF-06.01** El sistema debe cargar los métodos de pago disponibles desde la base de datos.
- **RF-06.02** El sistema debe mostrar al usuario la lista de métodos de pago para seleccionar uno al momento de facturar.
- **RF-06.03** El sistema debe mantener sincronizado el método de pago seleccionado con los métodos de pago existentes en la base de datos.

RF-07 Gestión de ventas y facturación

- **RF-07.01** El sistema debe permitir crear una venta/factura mediante un flujo guiado por pasos:
 - Selección de productos.
 - Ingreso de datos de pago (cliente, empleado, método de pago, fecha).
 - Confirmación de la venta.
- **RF-07.02** El sistema debe permitir agregar productos a la venta usando un buscador o cuadro de diálogo de selección de productos.
- **RF-07.03** El sistema debe calcular automáticamente los totales de la venta (por ejemplo, subtotal y total).
- **RF-07.04** El sistema debe validar, antes de confirmar la venta, que:
 - Se haya seleccionado un cliente.
 - Se haya seleccionado un empleado.
 - Se haya seleccionado un método de pago.
 - Se haya agregado al menos un producto.

- **RF-07.05** El sistema debe permitir cancelar una venta en curso, limpiando los datos y volviendo al primer paso del flujo.
- **RF-07.06** El sistema debe mostrar un resumen de la venta con los productos seleccionados y los totales correspondientes.

RF-08 Gestión de compras

- **RF-08.01** El sistema debe permitir registrar compras realizadas a proveedores.
- **RF-08.02** El sistema debe calcular y mostrar el total de compras realizadas en el mes.
- **RF-08.03** El sistema debe mostrar un reporte o sección con las compras realizadas y sus totales.

RF-09 Reportes de ventas

- **RF-09.01** El sistema debe listar las ventas realizadas, permitiendo filtrar por rango de fechas.
- **RF-09.02** El sistema debe permitir ordenar las ventas por:
 - Fecha (ascendente y descendente).
 - Ganancia (ascendente y descendente).
 - Total de venta (ascendente y descendente).
 - Cantidad de productos vendidos (ascendente y descendente).
- **RF-09.03** El sistema debe permitir consultar el detalle de productos incluidos en cada venta.
- **RF-09.04** El sistema debe calcular y mostrar:
 - Total vendido.
 - Total costo.
 - Ganancia total.
- **RF-09.05** El sistema debe permitir generar un **reporte en PDF** con el resumen de ventas.
- **RF-09.06** El sistema debe permitir imprimir o previsualizar el PDF generado.

RF-10 Dashboard y estadísticas

- **RF-10.01** El sistema debe proporcionar una pantalla de inicio (dashboard) con indicadores clave, incluyendo:
 - Total de productos.
 - Número de productos próximos a vencer.
 - Número de productos con stock bajo.
 - Ventas del día.
 - Ventas del mes.
 - Compras del mes.
 - Total de clientes.

- Total de proveedores.
- **RF-10.02** El sistema debe mostrar indicadores de **rentabilidad** (ganancias vs gastos) mediante gráficos (por ejemplo, gráficos de pastel/pie).
- **RF-10.03** El sistema debe permitir actualizar manualmente la información del dashboard mediante una acción de refresco (pull-to-refresh).

RF-11 Predicciones y análisis de ventas

- **RF-11.01** El sistema debe conectarse a un servicio externo de predicciones para verificar su disponibilidad.
- **RF-11.02** El sistema debe obtener datos históricos de ventas desde el backend para análisis.
- **RF-11.03** El sistema debe agrupar los datos de ventas por fecha para generar series temporales utilizables por un modelo de predicción (por ejemplo, Prophet).
- **RF-11.04** El sistema debe solicitar al servicio de predicciones una proyección de ventas para un periodo determinado (por ejemplo, 30 días).
- **RF-11.05** El sistema debe obtener y mostrar el listado de productos más vendidos (top productos) a partir de los datos históricos.

RF-12 Navegación y usabilidad general

- **RF-12.01** El sistema debe organizar las pantallas en un menú principal con secciones tales como:
 - Principal (Inicio).
 - Inventario (Productos).
 - Recursos Humanos (Proveedores, Clientes, Personal).
 - Transacciones (Factura, Compras, Reporte de ventas, Reporte de compras).
 - Información (Acerca de).
- **RF-12.02** El sistema debe manejar rutas inválidas mostrando un mensaje de error y ofreciendo la opción de volver a la pantalla de inicio.
- **RF-12.03** El sistema debe permitir al usuario navegar a cualquier módulo desde un menú lateral (drawer).

3. Requisitos no funcionales (RNF)

RNF-01 Arquitectura y diseño

- **RNF-01.01** El sistema debe estar desarrollado utilizando el framework Flutter.
- **RNF-01.02** El sistema debe seguir una arquitectura por capas separando:
 - Interfaz de usuario (pantallas screens y widgets).
 - Lógica de negocio y estado (providers).
 - Modelos de datos (models).
 - Servicios de acceso a datos y APIs (services).

- **RNF-01.03** El sistema debe utilizar el patrón ChangeNotifier + Provider para el manejo de estado.

RNF-02 Persistencia y backend

- **RNF-02.01** El sistema debe utilizar **Supabase** como backend para almacenamiento de datos y autenticación.
- **RNF-02.02** Las operaciones de lectura y escritura deben realizarse a través de consultas a Supabase, utilizando joins cuando sea necesario para traer información relacionada (clientes, empleados, métodos de pago, productos, etc.).
- **RNF-02.03** El sistema debe realizar consultas optimizadas, ejecutando en paralelo aquellas que sean independientes para reducir los tiempos de espera del usuario.

RNF-03 Rendimiento

- **RNF-03.01** El sistema debe minimizar el número de llamadas a la base de datos mediante:
 - Carga en paralelo de datos (uso de Future.wait).
 - Procesamiento en memoria de datos ya cargados (por ejemplo, agrupación de productos en venta por id_venta).
- **RNF-03.02** El sistema debe evitar recargas innecesarias de listas marcando estados de “ya cargado” para entidades como clientes y métodos de pago.
- **RNF-03.03** El sistema debe utilizar técnicas como Debouncer en búsquedas para evitar ejecutar consultas con cada pulsación de tecla (cuando aplique).

RNF-04 Usabilidad y experiencia de usuario

- **RNF-04.01** La interfaz gráfica debe ser clara e intuitiva, mostrando iconos, etiquetas y títulos descriptivos en cada sección.
- **RNF-04.02** El sistema debe proveer retroalimentación visual al usuario mientras se cargan datos (por ejemplo, indicadores de progreso).
- **RNF-04.03** El sistema debe mostrar mensajes de error amigables mediante Snackbar cuando ocurran fallos en la carga de datos o en las operaciones críticas.
- **RNF-04.04** El sistema debe utilizar diálogos de confirmación para operaciones destructivas o críticas (por ejemplo, cancelación de una venta en curso).
- **RNF-04.05** El sistema debe soportar modo oscuro y permitir al usuario alternar entre tema claro y oscuro desde el menú.

RNF-05 Mantenibilidad y extensibilidad

- **RNF-05.01** El código debe estar organizado en módulos reutilizables (widgets compartidos, modales, servicios).

- **RNF-05.02** La lógica de negocio debe residir principalmente en providers y servicios para facilitar su prueba y mantenimiento.
- **RNF-05.03** La aplicación debe ser fácilmente extensible para agregar nuevos módulos (por ejemplo, nuevos reportes o tipos de entidades) sin afectar de forma significativa a los módulos existentes.

RNF-06 Portabilidad

- **RNF-06.01** El sistema debe poder ejecutarse, al menos, en Android y web, y está preparado para otras plataformas (iOS, Windows, macOS, Linux) gracias a Flutter.
- **RNF-06.02** Las dependencias utilizadas (supabase_flutter, provider, printing, pdf, fl_chart, etc.) deben ser compatibles con las plataformas objetivo.

RNF-07 Confiabilidad y robustez

- **RNF-07.01** El sistema debe manejar las excepciones en las operaciones asíncronas mostrando mensajes de error cuando una operación falle.
- **RNF-07.02** El sistema debe comprobar que los widgets están montados (mounted) antes de actualizar el estado después de una operación asíncrona.
- **RNF-07.03** El sistema debe garantizar la consistencia de la factura validando todos los campos requeridos antes de confirmar la venta.

RNF-08 Seguridad básica

- **RNF-08.01** El sistema no debe almacenar credenciales sensibles directamente en el código fuente.
- **RNF-08.02** El sistema debe restringir el acceso a las pantallas internas solo a usuarios autenticados (control de rutas mediante el router y la sesión de Supabase).
- **RNF-08.03** Las ventas deben quedar asociadas a un empleado autenticado para mejorar la trazabilidad.

6.2. Alcance y enfoque mínimo viable

Dado que el proyecto se orienta hacia una versión preliminar y demostrativa:

- La funcionalidad de inventario será básica, limitada a registro y venta de productos.
- La IA será el valor central del proyecto, enfocándose en la predicción de demanda mediante Prophet (modelo creado por meta).
- La integración de metodologías y marcos garantizará que el proyecto sirva como prueba de concepto de cómo una pyme puede implementar sistemas

inteligentes, mejorar la toma de decisiones y establecer procesos alineados con gobernanza y mejora continua.

6.3. MLOPS

6.3.1. ¿Qué es MLOps?

MLOps (Machine Learning Operations) es un conjunto de prácticas, principios y herramientas diseñadas para operacionalizar modelos de Machine Learning dentro de entornos productivos. Su propósito es integrar el desarrollo de modelos (Machine Learning) con las operaciones de TI, siguiendo un enfoque similar al que DevOps aplica en el desarrollo de software tradicional. En otras palabras, MLOps busca que los modelos de IA no se queden en prototipos aislados, sino que se conviertan en soluciones funcionales, escalables y mantenibles dentro de sistemas reales.

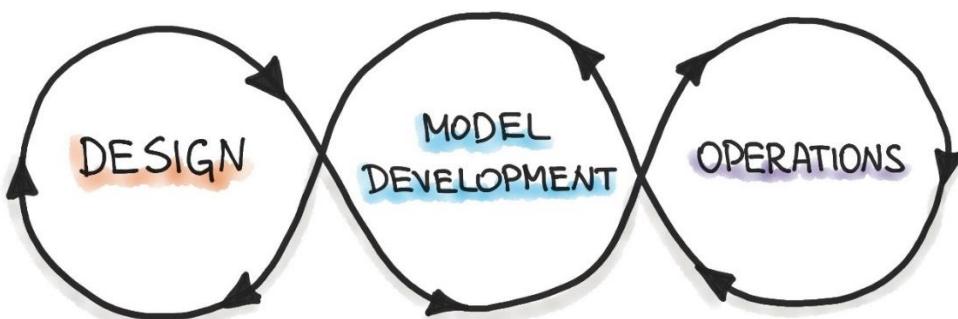


Ilustración 6.1: MLOPS

Este enfoque abarca todo el ciclo de vida del modelo:

- Gestión de datos (captura, limpieza, almacenamiento).
- Entrenamiento y validación (experimentación, ajuste de hiperparámetros).
- Despliegue en producción (integración con aplicaciones y servicios).
- Monitoreo y mejora continua (detección de degradación, Re-training).

6.3.2. ¿Por qué es relevante en proyectos modernos?

En la actualidad, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático son pilares de la transformación digital. Sin embargo, uno de los mayores retos en proyectos de IA es pasar del laboratorio a la producción. Muchos modelos se desarrollan en entornos controlados, pero fracasan al implementarse en escenarios reales debido a problemas como:

- Falta de automatización en el entrenamiento y despliegue.
- Ausencia de trazabilidad y control de versiones.
- Dificultades para integrar el modelo con aplicaciones móviles o web.

- Carencia de mecanismos para monitorear el rendimiento y actualizar el modelo.

MLOps resuelve estos desafíos al proporcionar un marco que garantiza:

- Escalabilidad: Permite que el sistema crezca sin perder estabilidad.
- Eficiencia: Reduce tiempos y costos mediante automatización.
- Calidad y gobernanza: Asegura que los modelos cumplan con estándares y políticas organizacionales.
- Integración continua: Facilita la conexión con aplicaciones modernas (por ejemplo, Flutter + Supabase en el proyecto).

En proyectos como el desarrollo de una aplicación móvil inteligente para la gestión de inventario y predicción de demanda, MLOps es clave para que el modelo predictivo funcione de manera confiable, se actualice con nuevos datos y aporte valor real al negocio. Sin esta estructura, la IA se convierte en una solución estática, incapaz de adaptarse a cambios en el mercado o en los patrones de consumo.

6.3.3. Objetivos del MLOps

El propósito fundamental de MLOps es garantizar que los modelos de aprendizaje automático no permanezcan como prototipos aislados, sino que se conviertan en soluciones funcionales, escalables y sostenibles dentro de entornos productivos. Para lograrlo, se establecen objetivos estratégicos que abarcan tanto la automatización como la gobernanza y la integración tecnológica.

Principales objetivos:

- Automatizar el entrenamiento y el despliegue del modelo

La automatización permite reducir la intervención manual en tareas críticas como la preparación de datos, el ajuste de hiperparámetros y la actualización del modelo en producción. Esto asegura ciclos más rápidos y eficientes, disminuyendo el riesgo de errores humanos y acelerando la entrega de valor.

- Asegurar la reproducibilidad y la trazabilidad

Cada experimento, conjunto de datos y versión del modelo debe estar documentado y controlado. La trazabilidad garantiza que se pueda reconstruir cualquier resultado, identificar las configuraciones utilizadas y cumplir con estándares de calidad y auditoría. Este objetivo es esencial para mantener la transparencia y la confiabilidad del sistema.

- Facilitar la integración con aplicaciones y servicios

MLOps busca que los modelos se integren de manera fluida con aplicaciones móviles, web o sistemas empresariales. Esto implica exponer el modelo

mediante APIs seguras y optimizadas, asegurando que las predicciones estén disponibles en tiempo real para los usuarios finales. En entornos modernos, esta integración es clave para que la inteligencia artificial se traduzca en beneficios tangibles.

En síntesis, los objetivos de MLOps no se limitan a aspectos técnicos, sino que abarcan la creación de un ecosistema donde la inteligencia artificial pueda evolucionar, adaptarse y generar valor continuo. La combinación de automatización, trazabilidad e integración convierte a MLOps en un componente esencial para la transformación digital y la innovación empresarial.

6.3.4. Componentes principales

La estructura de MLOps se compone de elementos que permiten gestionar el ciclo completo de vida del modelo, desde la captura de datos hasta el monitoreo en producción. Cada componente cumple una función específica y se integra para garantizar eficiencia, trazabilidad y escalabilidad.

1) Datos

Función: Constituyen la base del sistema. La calidad y disponibilidad de los datos determinan la precisión del modelo.

Actividades clave:

- Almacenamiento: Uso de bases de datos relacionales como PostgreSQL, implementadas en servicios modernos como Supabase, que ofrecen autenticación, seguridad y escalabilidad.
- Limpieza y normalización: Eliminación de valores nulos, corrección de inconsistencias y estandarización de formatos para garantizar la veracidad y utilidad de la información.
- Gestión de calidad: Aplicación de métricas basadas en las 5V's (Volumen, Variedad, Velocidad, Veracidad y Valor) para asegurar que los datos sean confiables y relevantes.

Importancia: Sin datos limpios y estructurados, el modelo no puede aprender patrones ni generar predicciones útiles.

2) Modelos

Función: Son el núcleo del sistema inteligente, responsables de generar predicciones a partir de los datos.

Actividades clave:

- Entrenamiento: Uso de librerías en Python para implementar algoritmos de predicción. En este caso, se recomienda Prophet, un modelo desarrollado por Meta para análisis de series temporales.
- Versionado: Control de versiones del modelo y sus parámetros mediante herramientas como MLflow, que permiten reproducir experimentos y mantener trazabilidad.
- Validación: Evaluación del rendimiento con métricas como MAE (Mean Absolute Error) y RMSE (Root Mean Square Error), asegurando que el modelo cumpla con los estándares de calidad definidos.

3) Servicios

Función: Permiten que el modelo se comunique con aplicaciones externas y proporcione predicciones en tiempo real.

Actividades clave:

- Exposición del modelo: Implementación de APIs mediante frameworks como FastAPI, que ofrecen rapidez, seguridad y facilidad de integración.
- Servidor de ejecución: Uso de Unicorn para desplegar el servicio de predicciones, garantizando baja latencia y alta disponibilidad.
- Importancia: Sin esta capa, el modelo permanecería aislado y no podría interactuar con la aplicación móvil ni con otros sistemas.

4) Automatización

Función: Reduce la intervención manual y asegura que los procesos se ejecuten de manera consistente.

Actividades clave:

- Triggers y funciones: Uso de Edge Functions en Supabase para automatizar tareas como la actualización del modelo cuando se incorporan nuevos datos.
- Pipeline de entrenamiento: Configuración de flujos automáticos que gestionen la preparación de datos, el entrenamiento y el despliegue del modelo.
- Importancia: La automatización es esencial para mantener la eficiencia y evitar errores humanos en procesos repetitivos.

5) Monitoreo

Función: Garantiza que el modelo mantenga su rendimiento y que las predicciones sigan siendo confiables.

Actividades clave:

- Métricas: Seguimiento de indicadores como precisión del modelo, tiempo de respuesta y frecuencia de errores.
- Logs: Registro de eventos críticos para auditoría y análisis de fallos.
- Detección de drift: Identificación de cambios en los patrones de datos que puedan afectar la calidad del modelo, activando procesos de reentrenamiento.

Importancia: Sin monitoreo, el sistema corre el riesgo de degradarse con el tiempo, perdiendo efectividad y confiabilidad.

6.3.5. Flujo de trabajo con MLOPS



Imagen 6.1: Flujo de trabajo MLOPS

El flujo de trabajo en MLOps sigue una secuencia lógica que asegura la integración del modelo en producción de manera controlada y eficiente:

- 1) Recolección de datos: Captura y almacenamiento de datos relevantes (ventas) en una base segura.

- 2) Entrenamiento del modelo: Aplicación de algoritmos predictivos (ej. Prophet) sobre datos limpios y estructurados.
- 3) Validación y registro de resultados: Evaluación del rendimiento mediante métricas y registro de experimentos para trazabilidad.
- 4) Despliegue en producción: Exposición del modelo mediante API (FastAPI + Unicorn) para su uso en aplicaciones móviles o web.
- 5) Monitoreo y actualización: Seguimiento del rendimiento, detección de drift y reentrenamiento automático cuando sea necesario. (Imagen 6.1: muestra las etapas clave del ciclo MLOps).

6.3.6. Flujo del sistema completo

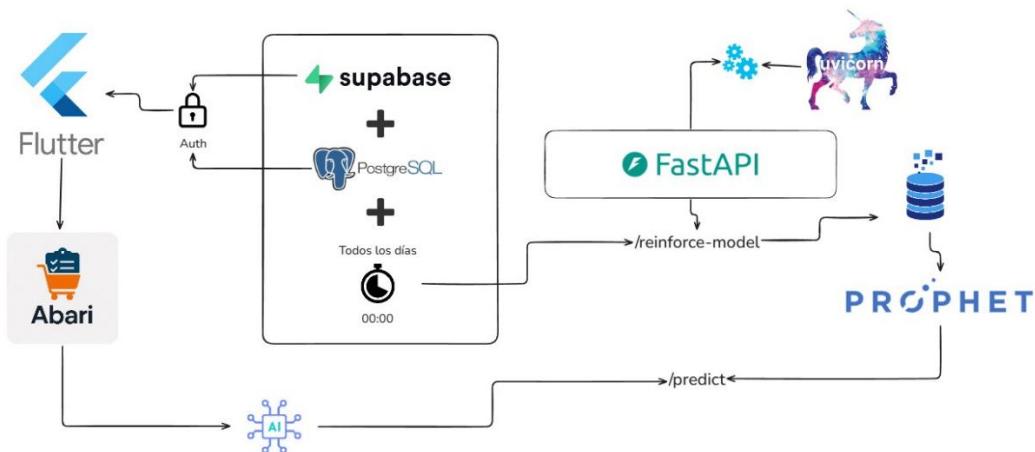


Diagrama 6.1: flujo de implementación de MLOPS

6.3.7. Ventajas y retos

La adopción de MLOps en proyectos que incorporan inteligencia artificial ofrece beneficios significativos, pero también plantea desafíos que deben ser gestionados para garantizar su éxito. A continuación, se presentan las principales ventajas y retos asociados a su implementación.

6.3.7.1. Ventajas

1) Escalabilidad

MLOps permite que los modelos evolucionen y se adapten a volúmenes crecientes de datos sin comprometer la estabilidad del sistema. Gracias a la automatización y la integración continua, es posible incorporar nuevas funcionalidades y mejorar el rendimiento sin interrumpir el servicio.

2) Eficiencia operativa

La automatización de procesos como el entrenamiento, la validación y el despliegue reduce el tiempo y el esfuerzo manual, acelerando la entrega de valor. Esto se traduce en ciclos de desarrollo más cortos y en una mayor capacidad para responder a cambios en el mercado.

3) Integración continua

MLOps facilita la conexión entre los modelos de IA y las aplicaciones empresariales mediante APIs y servicios optimizados. Esta integración asegura que las predicciones estén disponibles en tiempo real, mejorando la experiencia del usuario y la toma de decisiones basada en datos.

4) Trazabilidad y control

Cada versión del modelo, conjunto de datos y configuración queda registrada, lo que permite reproducir experimentos y cumplir con estándares de calidad y auditoría. Este nivel de control es esencial para garantizar transparencia y confiabilidad en entornos regulados.

5) Mejora continua

El monitoreo constante del rendimiento del modelo permite detectar degradaciones (data drift) y activar procesos de reentrenamiento. Esto asegura que el sistema mantenga su precisión y relevancia a lo largo del tiempo.

6.3.7.2. Retos

1) Gestión de datos

La calidad de los datos es crítica para el éxito del modelo. En entornos donde la información es dispersa o incompleta, se requiere un esfuerzo considerable para implementar procesos de limpieza, normalización y validación.

2) Costos de infraestructura

Aunque MLOps optimiza la operación, su implementación implica inversión en herramientas, servicios en la nube y recursos computacionales para entrenamiento y despliegue. Esto puede ser un desafío para organizaciones con presupuestos limitados.

3) Complejidad técnica

La integración de múltiples componentes (bases de datos, APIs, pipelines de automatización, sistemas de monitoreo) demanda conocimientos especializados en desarrollo, operaciones y ciencia de datos. La falta de personal capacitado puede retrasar la adopción.

4) Seguridad y gobernanza

Garantizar la protección de datos, la privacidad y el cumplimiento normativo requiere políticas claras y mecanismos de auditoría. La ausencia de estas prácticas puede generar riesgos legales y pérdida de confianza.

5) Cambio cultural

La adopción de MLOps no es solo tecnológica, sino también organizacional. Es necesario promover una cultura orientada a la mejora continua, la colaboración entre equipos y la toma de decisiones basada en evidencia.

En conclusión, MLOps ofrece un marco robusto para transformar modelos de IA en soluciones productivas, escalables y confiables. Sin embargo, su implementación exige planificación estratégica, inversión en infraestructura y desarrollo de competencias técnicas y organizacionales.

6.3.8. Documentación de componentes

1. Datos

- Diagrama de bases de datos



Diagrama 6.2: Diagrama de base de datos

- Datasets

1	fecha,total
2	2025-01-01,306.42
3	2025-01-01,228.3
4	2025-01-01,317.45
5	2025-01-02,343.72
6	2025-01-04,309.9
7	2025-01-04,302.72
8	2025-01-05,272.89
9	2025-01-05,361.85
10	...
11	2025-11-25,473.61
12	2025-11-27,424.12
13	2025-11-27,558.89
14	2025-11-27,506.84
15	2025-11-27,473.78
16	2025-11-27,444.29
17	2025-11-27,480.91
18	2025-11-28,459.99
19	2025-11-28,480.85
20	2025-11-29,592.1
21	2025-11-30,415.43
22	2025-11-30,470.51

Tabla 6.1: dataset de ventas utilizado

0	id...	i..	nombre...	t..	prec...	fl..	prec...	fl..	cantidad
314	Suavizante			147.62		124.65		500	
315	Cocoa			159.9		135.02		100	
316	Chocolate			154.63		123.74		1	
317	Frijoles			165.07		131.65		0.5	
318	Coca Cola			186.09		156.8		355	
319	Galletas			58.89		47.46		1	
321	Galletas			90.53		69.77		1	
322	Maní			41.87		36.39		1	
323	Jabón			215.77		179.52		500	
324	Desinfectante			174.17		137.37		355	
325	Maní			161.71		139.06		1	
326	Papas fritas			198.25		161.5		1	
327	Frijoles			228.41		197.79		5	
328	Frijoles			167.76		137.2		2	
329	Detergente			59.68		50.74		355	

Tabla 6.2: productos insertados (recortado)

2. Modelo

- creación del modelo y entrenamiento de prophet

```
# Validar que hay datos
print(request.ventas)
if not request.ventas or len(request.ventas) < 2:
    raise HTTPException(
        status_code=400,
        detail="Se requieren al menos 2 registros de ventas para entrenar el modelo"
    )

# Convertir a DataFrame
data = [{"ds": v.ds, "y": v.y} for v in request.ventas]
df = pd.DataFrame(data)
df["ds"] = pd.to_datetime(df["ds"])

# Agregar ventas por fecha (sumar si hay múltiples ventas en el mismo día)
df = df.groupby("ds", as_index=False)[["y"]].sum()
df = df.sort_values("ds").reset_index(drop=True)

# Entrenar Prophet
model = Prophet(
    yearly_seasonality=True,
    weekly_seasonality=True,
    daily_seasonality=False
)
model.fit(df)

# Guardar modelo entrenado y datos
trained_model = model
training_data = df.copy()
```

Captura 6.1: Limpieza de datos y entrenamiento de prophet

- Inferencia

```
global trained_model, training_data
if trained_model is None:
    raise HTTPException(
        status_code=400,
        detail="No hay modelo entrenado. Primero entrena el modelo usando POST /train"
)
try:
    # Mapeo de días de la semana en español
    days_es = {
        0: "Lunes", 1: "Martes", 2: "Miércoles", 3: "Jueves",
        4: "Viernes", 5: "Sábado", 6: "Domingo"
    }
    # Generar fechas futuras
    future = trained_model.make_future_dataframe(periods=periods)
    # Hacer predicciones
    forecast = trained_model.predict(future)
    # Tomar solo las predicciones futuras
    forecast = forecast.tail(periods).copy()
    # Asegurar valores no negativos y redondear
    forecast["yhat"] = forecast["yhat"].clip(lower=0)
    forecast["yhat_lower"] = forecast["yhat_lower"].clip(lower=0)
    forecast["yhat_upper"] = forecast["yhat_upper"].clip(lower=0)
    predictions = [
        PredictionItem(
            ds=row["ds"].strftime("%Y-%m-%d"),
            yhat=round(row["yhat"], 2),
            yhat_lower=round(row["yhat_lower"], 2),
            yhat_upper=round(row["yhat_upper"], 2),
            day_of_week=days_es[row["ds"].dayofweek],
            is_weekend=row["ds"].dayofweek >= 5
        )
        for _, row in forecast.iterrows()
    ]

```

Captura 6.2: Inferencia con prophet

3. Servicios

- Uvicorn

```
336 if __name__ == "__main__":
337     import uvicorn
338     uvicorn.run(app, host="0.0.0.0", port=8000)
```

Captura 6.3: Uvicorn

- PS C:\Users\Ink\Downloads\abari-ai> uvicorn app:app --reload
 INFO: Will watch for changes in these directories: ['C:\\\\Users\\\\Ink\\\\Downloads\\\\abari-ai']
 INFO: Uvicorn running on **http://127.0.0.1:8000** (Press CTRL+C to quit)
 INFO: Started reloader process [9732] using StatReload
- Importing plotly failed. Interactive plots will not work.
 INFO: Started server process [10628]
 INFO: Waiting for application startup.
 INFO: Application startup complete.

Captura 6.4: Ejecucion de app en localhost puerto 8000

- FastAPI

```

79 app = FastAPI(
80     title="API de Ventas de Productos",
81     description=""
82     ## API para gestión y consulta de ventas de productos
83     Esta API permite:
84     * **Verificar el estado del servicio** - Endpoint de health check
85     * **Consultar ventas de productos** - Con filtros opcionales por producto y fecha
86     * **Predecir demanda** - Usar Prophet de Meta para predicción a 30 días
87     """
88     version="1.0.0",
89     docs_url="/docs",
90     redoc_url="/redoc",
91     openapi_tags = [
92         {"name": "Health", "description": "Endpoints de monitoreo y salud del servicio"},
93         {"name": "Ventas", "description": "Endpoints para consultar ventas de productos"},
94         {"name": "Predicción", "description": "Endpoints de predicción de demanda con Prophet"},
95     ]
96 )

```

Captura 6.5: FastAPI config

- Ngrok

```

⚡ Call internal services from your gateway: https://ngrok.com/r/http-request

Session Status          online
Account                 enriqueu734@gmail.com (Plan: Free)
Version                3.33.1
Region                 United States (us)
Latency                76ms
Web Interface          http://127.0.0.1:4040
Forwarding             https://onrushing-ward-cleruchial.ngrok-free.dev -> http://localhost:8000

Connections            ttl     opn      rt1      rt5      p50      p90
                        0       0        0.00    0.00    0.00    0.00

```

Captura 6.6: ip local expuesta mediante grok en url publica

4. Automatización

- Edge functions

Edge Functions					
Deploy edge functions to handle complex business logic					
NAME		URL	CREATED	LAST UPDATED	DEPLOYMENTS
get-predict		https://gtrviyxzjghufruilesy.supabase.co/functions/v1/get-predict	28 Nov, 2025 17:46	12 hours ago	13
reinforce-model		https://gtrviyxzjghufruilesy.supabase.co/functions/v1/reinforce-m...	27 Nov, 2025 22:22	2 days ago	23

Captura 6.7: Edge functions de supabase

- Cron jobs

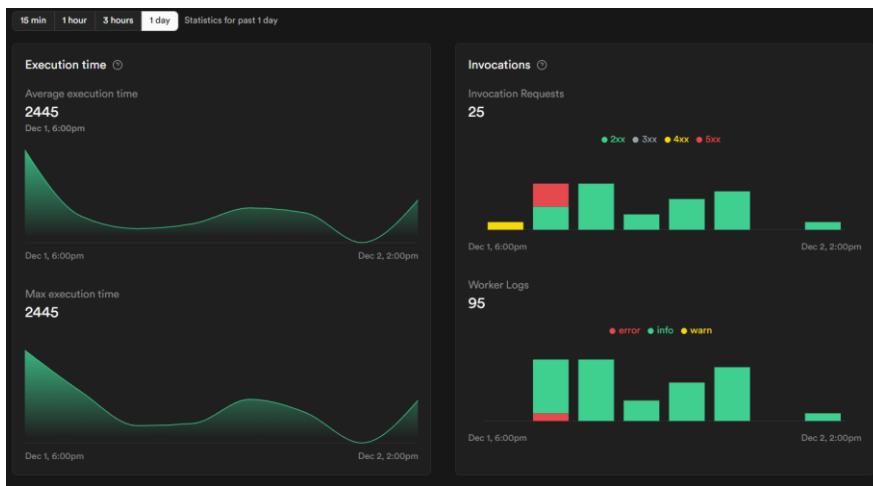
The screenshot shows the 'Cron' section of a monitoring tool. At the top, it says 'Schedule recurring Jobs in Postgres'. Below is a table with one row:

Name	Schedule	Last run	Next run	Command	Active
Reinforce model	0 0 * * *	01 Dec 2025 18:00:00 (-0600) Succeeded	02 Dec 2025 18:00:00 (-0600)	select net.http_post(url:='https://gtrviyx2	<input checked="" type="checkbox"/>

Captura 6.8: Cron job que automatiza el entrenamiento todos los días a las 0:00h

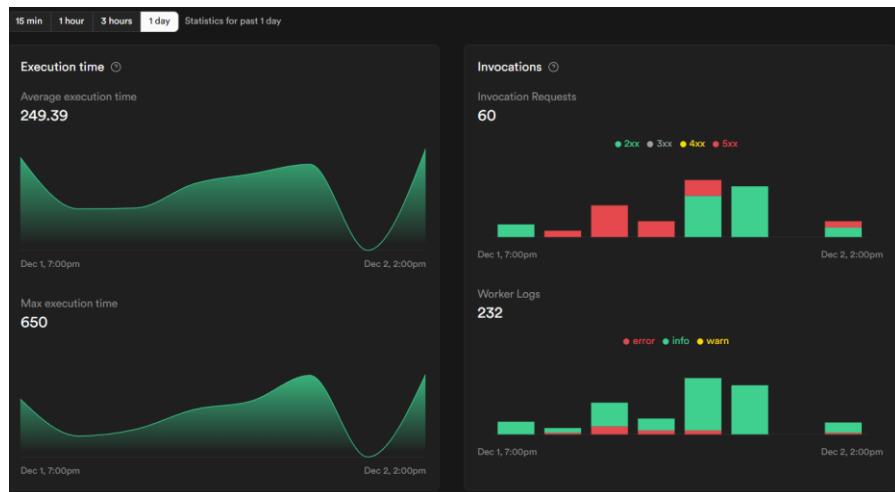
5. Monitorización

- Train model Edge function



Captura 6.9: monitoreo de ejecucion de edge function de entrenamiento

- Model predict Edge function



Captura 6.10: Monitoreo de ejecución de edge function de generar predicción

6.4. Conclusión del capítulo 6: implementación

La implementación de MLOps representa un cambio fundamental en la forma en que los modelos de inteligencia artificial se integran en entornos productivos. Más allá de ser una tendencia tecnológica, MLOps constituye un marco estratégico que garantiza que los modelos no permanezcan como prototipos aislados, sino que evolucionen hacia soluciones funcionales, escalables y sostenibles. Su enfoque integral, que abarca desde la gestión de datos hasta el monitoreo continuo, permite que la inteligencia artificial aporte valor real y medible a las organizaciones.

En proyectos modernos, donde la velocidad de adaptación y la calidad de las soluciones son factores críticos, MLOps se convierte en un habilitador clave. La automatización de procesos reduce tiempos y costos, la trazabilidad asegura transparencia y control, y la integración continua facilita que las predicciones estén disponibles en tiempo real para la toma de decisiones. Estos beneficios son especialmente relevantes en entornos donde la información cambia constantemente y la competitividad depende de la capacidad para anticipar tendencias y optimizar recursos.

Sin embargo, la adopción de MLOps no está exenta de desafíos. Aspectos como la gestión de datos, la inversión en infraestructura, la complejidad técnica y el cambio cultural requieren una planificación cuidadosa y un compromiso organizacional. Superar estas barreras implica comprender que MLOps no es solo una herramienta tecnológica, sino una práctica que transforma procesos, roles y mentalidades, orientando a la empresa hacia una cultura de mejora continua y decisiones basadas en evidencia.

En síntesis, aplicar MLOps incluso en proyectos pequeños es una decisión estratégica que sienta las bases para la innovación y la sostenibilidad. Al integrar componentes como almacenamiento seguro de datos, modelos predictivos robustos y mecanismos de monitoreo, se construye un ecosistema capaz de evolucionar con las necesidades del negocio. Esta visión convierte a MLOps en un pilar esencial para la transformación digital, asegurando que la inteligencia artificial no solo funcione, sino que genere impacto real y duradero.

7. Conclusión

La transformación digital no es únicamente una tendencia tecnológica, sino una necesidad estratégica para las organizaciones que buscan mantenerse competitivas en entornos dinámicos y altamente exigentes. Este documento ha demostrado que la integración de marcos de gobernanza, modelos de madurez y tecnologías emergentes constituye un enfoque integral para alcanzar este objetivo. La combinación de COBIT 2019, CMMI V2.0, Inteligencia Artificial (IA) y MLOps no solo permite optimizar procesos, sino también garantizar transparencia, trazabilidad y sostenibilidad en la adopción de soluciones tecnológicas.

COBIT 2019 aporta la estructura necesaria para alinear las iniciativas tecnológicas con los objetivos estratégicos del negocio. Sus principios y componentes permiten establecer un sistema de gobernanza que asegura la generación de valor, la gestión de riesgos y el uso eficiente de los recursos. En entornos con baja madurez tecnológica, como las microempresas, COBIT se convierte en un habilitador clave para formalizar procesos, definir roles y garantizar la toma de decisiones basada en criterios claros y medibles.

Por su parte, CMMI V2.0 complementa esta visión al proporcionar un marco para la mejora continua y la madurez de procesos. Su enfoque progresivo permite que las organizaciones evolucionen desde prácticas informales hacia procesos definidos, controlados y optimizados. La adopción de áreas de práctica como planificación, gestión de requisitos, aseguramiento de calidad e integración técnica asegura que el desarrollo de soluciones tecnológicas se realice bajo estándares que promuevan la repetibilidad y la predictibilidad, reduciendo riesgos y mejorando la eficiencia operativa.

La incorporación de Inteligencia Artificial añade un componente transformador que amplifica las capacidades humanas y permite la toma de decisiones basadas en datos. En el contexto empresarial, la IA no solo automatiza tareas, sino que habilita análisis predictivos que anticipan tendencias y optimizan recursos. Sin embargo, su implementación requiere una estrategia clara, una infraestructura adecuada y una cultura organizacional orientada a la innovación y la confianza en la tecnología.

Finalmente, MLOps emerge como el puente entre la experimentación y la producción, garantizando que los modelos de IA evolucionen hacia soluciones funcionales, escalables y sostenibles. Su estructura, basada en la automatización, la trazabilidad y el monitoreo continuo, asegura que los sistemas inteligentes mantengan su rendimiento y se adapten a los cambios del entorno. MLOps no solo optimiza la operación técnica, sino que también refuerza la gobernanza y la calidad, integrando la IA en los procesos de negocio de manera controlada y eficiente.

En conjunto, estos cuatro pilares conforman un ecosistema que permite a las organizaciones avanzar hacia un modelo de gestión inteligente, orientado a la

mejora continua y preparado para enfrentar los retos del mercado actual. La sinergia entre gobernanza, madurez de procesos y tecnologías emergentes no solo incrementa la eficiencia operativa, sino que también fortalece la capacidad de innovación y la sostenibilidad empresarial. Este enfoque integral demuestra que la transformación digital no depende únicamente de la tecnología, sino de la articulación estratégica entre procesos, personas y cultura organizacional.

En síntesis, la aplicación de COBIT 2019, CMMI V2.0, IA y MLOps constituye una hoja de ruta para construir organizaciones más resilientes, transparentes y competitivas. Adoptar estos marcos y prácticas no es un lujo, sino una inversión en el futuro, capaz de convertir la tecnología en un motor de crecimiento sostenible y en un catalizador para la innovación empresarial.

8. Anexos

8.1. ¿Qué es una metodología?

Una metodología es un conjunto coherente de procedimientos, técnicas, roles y ceremonias que prescribe cómo ejecutar actividades concretas para alcanzar objetivos específicos (por ejemplo, gestionar proyectos, desarrollar software o realizar pruebas). A diferencia de un framework, que ofrece un marco de alto nivel y principios, una metodología suele ser más prescriptiva y centrada en la operativa diaria.

8.1.1. Papel en una empresa de TI

- Organizar la ejecución: define cómo se realizan actividades (planificación, ejecución, seguimiento) en el día a día.
- Distribución de roles y responsabilidades: asigna funciones concretas (p. ej., Product Owner, Scrum Máster).
- Rituales y artefactos operativos: recoge ceremonias (reuniones, revisiones) y entregables (historias, sprints, entregables).
- Mejora de la productividad: aporta técnicas y prácticas repetibles que facilitan la coordinación entre miembros del equipo.
- Facilitar adopción de buenas prácticas: permite una implementación más rápida y homogénea de procesos probados.

En suma, la metodología traduce políticas y objetivos (que pueden venir de un framework) en prácticas concretas y repetibles a nivel de equipo.

8.2. Diferencia entre metodologías y frameworks

En el ámbito de las Tecnologías de la Información, un framework o marco de referencia como COBIT o CMMI proporciona una estructura general de buenas prácticas, lineamientos y procesos que orientan a las organizaciones en la gestión, control y mejora continua de sus actividades. Su propósito principal es definir qué debe lograrse y cómo evaluar la madurez de los procesos, sin imponer una forma específica de trabajo.

Por el contrario, una metodología como Scrum o DevOps establece una forma concreta de ejecutar el trabajo, definiendo pasos, roles y herramientas que guían el desarrollo o la entrega de software. Las metodologías se enfocan en la implementación operativa, mientras que los frameworks se centran en la gestión estratégica y el aseguramiento de la calidad organizacional.

En síntesis, los frameworks proporcionan la base para gobernar y evaluar los procesos de TI, mientras que las metodologías ofrecen los métodos prácticos para llevar a cabo las tareas. Ambas se complementan: los frameworks orientan la dirección organizacional y las metodologías garantizan la ejecución eficiente dentro de ese marco.

8.2.1. Conclusión sobre metodología vs framework

En el panorama de gestión y ejecución de TI existen conceptos relacionados pero diferenciados: frameworks, modelos de madurez y metodologías/prácticas. Un framework (p. ej., COBIT) ofrece un andamiaje estratégico para gobernar y alinear TI con el negocio; un modelo de madurez (p. ej., CMMI) proporciona un camino estructurado para mejorar procesos y medir su evolución; una metodología o práctica operacional (p. ej., Scrum o DevOps) define cómo los equipos organizan su trabajo y las técnicas que emplean para entregar software de forma repetible.

- COBIT gobierna, define controles y objetivos empresariales; CMMI evalúa y mejora la capacidad/madurez de procesos; ambos pueden trabajarse de forma complementaria: COBIT define “qué” debe lograr la organización y CMMI ayuda a “cómo” mejorar los procesos que contribuyen a esos logros.
- Scrum es un marco de trabajo orientado a la gestión ágil del desarrollo; DevOps es un enfoque cultural y técnico que optimiza el flujo end-to-end desde desarrollo hasta operaciones. En la práctica, Scrum y DevOps se complementan: Scrum organiza la entrega en iteraciones y DevOps habilita que esas iteraciones lleguen de forma continua y confiable a producción.

Para una empresa de TI, la combinación adecuada dependerá del nivel de madurez, objetivos estratégicos y restricciones organizativas. Un enfoque integrado — gobernanza clara (COBIT), mejora de procesos (CMMI) y prácticas ágiles/DevOps para la ejecución— permite alinear la estrategia con la operación y reducir la brecha entre lo que la organización necesita y lo que entrega.

8.3. SCRUM

8.3.1. Introducción y conceptos básicos

SCRUM es un marco de trabajo ágil diseñado para gestionar proyectos complejos mediante ciclos iterativos y entregas incrementales. Su propósito principal es optimizar la colaboración entre los miembros del equipo, adaptarse a cambios en los requisitos y garantizar la entrega continua de valor al cliente. Este enfoque se fundamenta en tres pilares esenciales: transparencia, inspección y adaptación, que permiten mantener el control del proceso y mejorar de manera continua.

En el contexto del presente proyecto —desarrollo de una aplicación móvil inteligente para la gestión de inventario y predicción de demanda en microempresas abarroteras— la adopción de SCRUM resulta especialmente relevante por varias razones. En primer lugar, el entorno de desarrollo presenta alta variabilidad en los requisitos, dado que las funcionalidades deben ajustarse a las necesidades reales del negocio y a las limitaciones tecnológicas de las microempresas. En segundo lugar, la integración de componentes innovadores, como el modelo de inteligencia artificial para la predicción de demanda, exige un enfoque flexible que permita validar resultados de manera temprana y realizar ajustes oportunos.

8.3.1.1. Roles en SCRUM adaptados al proyecto

La implementación de SCRUM contempla tres roles principales:

- **Product Owner:** Responsable de definir y priorizar el Product Backlog según los objetivos estratégicos del negocio, asegurando que las funcionalidades más críticas (como la gestión básica de inventario y la predicción de demanda) se desarrollen en las primeras iteraciones.
- **Scrum Máster:** Encargado de facilitar la metodología, garantizar el cumplimiento de las ceremonias y eliminar impedimentos que puedan afectar el avance del equipo.
- **Equipo de desarrollo:** Conformado por los profesionales que implementan la aplicación móvil, integran el modelo predictivo y configuran la infraestructura tecnológica necesaria para su funcionamiento.

8.3.1.2. Artefactos y ceremonias aplicadas

SCRUM se apoya en artefactos que proporcionan visibilidad y control sobre el trabajo:

- **Product Backlog:** Lista priorizada de funcionalidades, que incluye desde el registro de productos hasta la generación de reportes predictivos.

- **Sprint Backlog:** Conjunto de tareas seleccionadas para cada iteración, orientadas a cumplir los objetivos definidos en la planificación del sprint.
- **Incremento:** Versión funcional del producto entregada al final de cada sprint, que incorpora mejoras respecto a la iteración anterior.

Las ceremonias de SCRUM (Sprint Planning, Daily Scrum, Sprint Review y Sprint Retrospective) se adaptan al proyecto para asegurar una comunicación efectiva y una mejora continua. Por ejemplo, en la Sprint Review se presentan los avances a los usuarios finales, permitiendo validar la utilidad de las funcionalidades y obtener retroalimentación inmediata.

8.3.1.3. Beneficios esperados en el contexto del proyecto

La aplicación de SCRUM aporta ventajas significativas:

1. **Flexibilidad ante cambios:** Permite ajustar el desarrollo según nuevas necesidades o hallazgos durante la implementación.
2. **Entrega incremental de valor:** Cada sprint produce un incremento funcional que puede ser probado y validado por los usuarios.
3. **Mejora continua:** Las retrospectivas fomentan la optimización de procesos y la reducción de errores.
4. **Alineación con marcos de gobernanza y madurez:** SCRUM complementa los principios de COBIT y CMMI, aportando agilidad sin sacrificar control ni calidad.

En síntesis, SCRUM se consolida como la metodología ideal para gestionar el desarrollo de la aplicación móvil inteligente, al combinar adaptabilidad, colaboración y enfoque en la entrega de valor. Su integración con los marcos de gobernanza y madurez propuestos en el proyecto asegura que la innovación tecnológica se implemente de manera ordenada, eficiente y orientada a resultados.

8.4. Capturas de interfaz de la aplicación

10:47 ⓘ



Abari



10:48 ⓘ



ABARI

Gestión de inventario para tiendas de abarrotes

Email

usuario@abari.com

Contraseña

.....

→ Ingresar

Conexión segura SSL

✓ Tus datos están protegidos con
encriptación de nivel empresarial.

¿Problemas para acceder? [Contacta soporte](#)

11:36 ⓘ

≡ ABARI

Predicción de Ventas C

Próximos 30 días (en
córdobas) Caché Actualizado hace 3h

Próxima semana

C\$5.5K

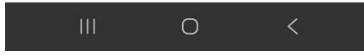
Próximos 30 días

C\$20.9K



Entrenar Modelo

Ventas



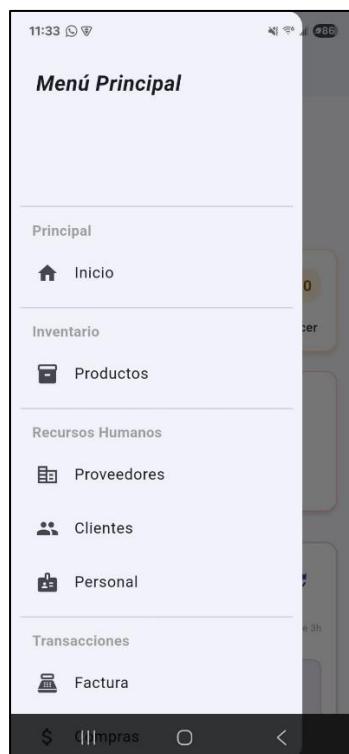
Captura 8.1: Iniciando la APP

Captura 8.2: Login

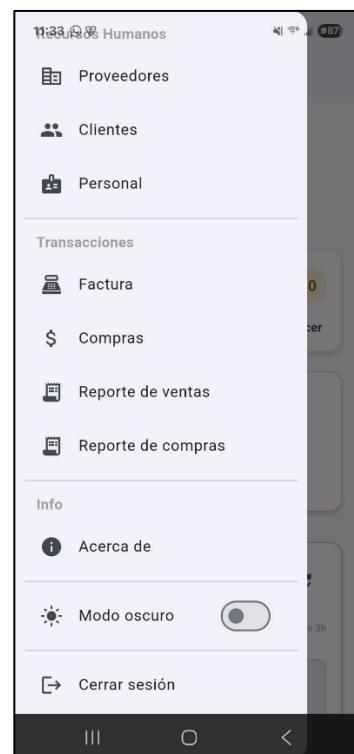
Captura 8.3: Página de inicio
(dashboard)



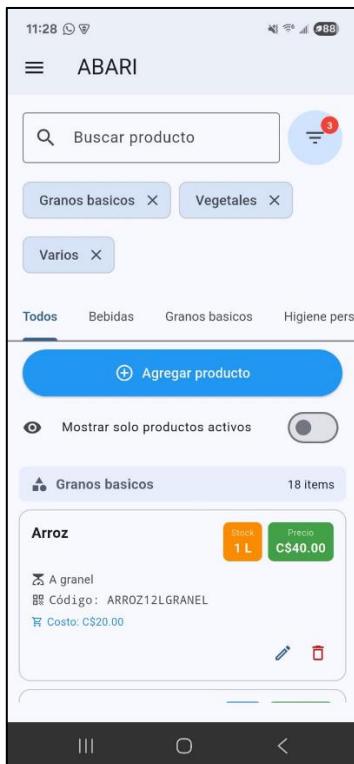
Captura 8.4: Vista de inicio



Captura 8.5: Menú principal pt1



Captura 8.6 Menú principal pt2



Captura 8.7: Vista de productos/inventario



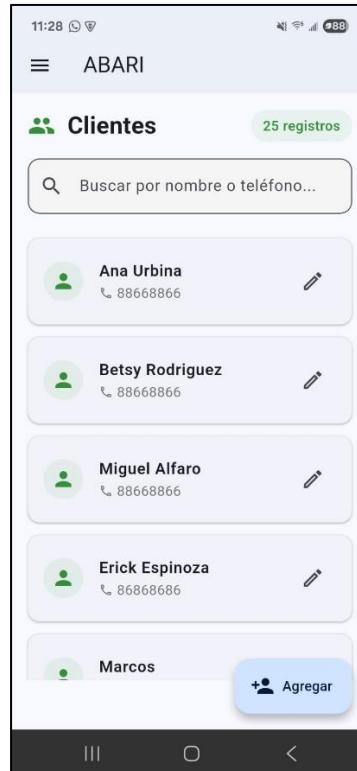
Captura 8.8: Vista de Ventas / facturación



Captura 8.9: Vista de compras a proveedores



Captura 8.10: Vista de empleados



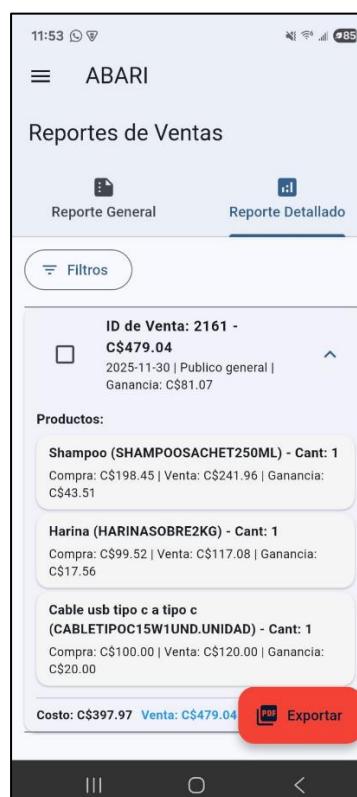
Captura 8.11: vista de clientes



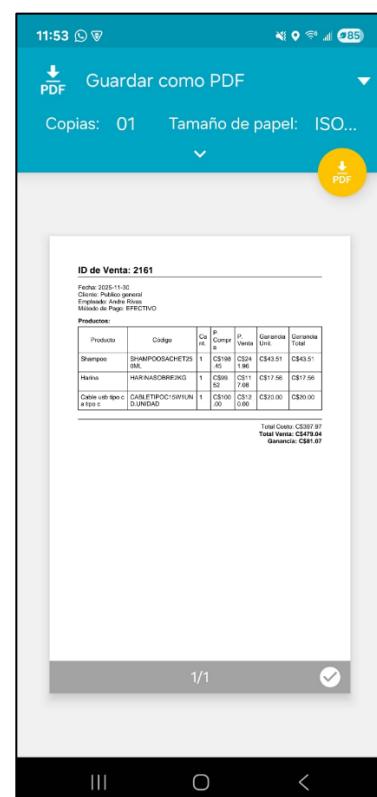
Captura 8.12: vista de proveedores



Captura 8.13:reporte de compras



Captura 8.14:reporte de ventas



Captura 8.15: exportación de reportes a PDF

8.5. Enlaces a repositorios y pagina web

Página WEB del proyecto con documentación actualizada



QR1: Pagina Web del proyecto ABARI

Repositorio de estructura de la etapa de implementación de I.A. con MLOPS



QR 2: Repositorio de MLOPS

Repositorio de la aplicación ABARI en github



QR 3: QR al repo en github de abari

ABARI APP: <https://github.com/Inkling412/abari.git>

MLOPS: <https://github.com/MiguelHG2351/abari-ai.git>

Sitio WEB: <https://iso-lp.vercel.app/>

8.6. Cronograma de actividades

Sprint	Actividades detalladas	Objetivos	Fecha inicio Fecha fin		Responsables	Marcos / metodología
Sprint 0 – Preparación del entorno	<ul style="list-style-type: none"> - Configurar repositorio \ GitHub - Configurar CI/CD básico - Definir estándares técnicos - Unificar entornos - Configurar herramientas colaborativas 	Preparar entornos, repositorio y estándares	01-jul-2025	05-jul-2025	René Urbina, Miguel Hernández	SCRUM, CMMI (PLAN)
Sprint 1 – Gobernanza y arquitectura	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de gobernanza COBIT - Objetivos estratégicos - Modelo ER PostgreSQL - Supabase Auth - Priorización del Backlog 	Establecer gobernanza, arquitectura y autenticación	07-jul-2025	21-jul-2025	René Urbina	COBIT, CMMI (PLAN), SCRUM
Sprint 2 – UI/UX, Requisitos y Datos	<ul style="list-style-type: none"> - Diseños Figma - Validación con stakeholders - Roles y permisos en Supabase - Limpieza inicial de datos 	Diseñar UI/UX y preparar datos	22-jul-2025	05-ago-2025	Miguel Hernández	CMMI (RDM), SCRUM

	- Documento de requisitos					
Sprint 3 – Flutter + Backend	<ul style="list-style-type: none"> - UI Flutter - CRUD con Supabase - Edge Functions - FastAPI inicial - Pruebas unitarias - Logs 	Construir base funcional e integrar backend	06-ago-2025	20-ago-2025	René Urbina	CMMI (TS, PI), SCRUM
Sprint 4 – IA, MLOps y API	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza avanzada - Entrenamiento Prophet - API FastAPI producción - Pipeline MLOps - Validación de predicciones 	Entrenar IA y habilitar API predictiva	22-ago-2025	05-sep-2025	Miguel Hernández	MLOps, CMMI (PI), SCRUM
Sprint 5 – Integración IA, QA y Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Integración de predicciones - QA completo - Optimización de rendimiento - Monitoreo continuo - Seguridad en Edge Functions 	Integrar IA, optimizar y garantizar calidad	06-sep-2025	20-sep-2025	René Urbina	CMMI (PQA), COBIT, SCRUM
Sprint 6 – Documentación y cierre	<ul style="list-style-type: none"> - Documentación técnica - Manual de usuario 	Documentar, presentar y cerrar proyecto	01-oct-2025	15-oct-2025	Miguel Hernández	COBIT, CMMI (PLAN), SCRUM

	<ul style="list-style-type: none"> - Reporte de mejoras - Presentación final - Validación académica 				
--	--	--	--	--	--

Tabla 8.1: Cronograma de actividades

9. Índice de Tablas, gráficos e ilustraciones

1. INTRODUCCIÓN	6
2. COBIT 2019.....	8
IMAGEN 2.1: LOS 6 PRINCIPIOS DEL SISTEMA DE GOBERNANZA	9
IMAGEN 2.2: LOS 3 PRINCIPIOS DEL MARCO DE GOBIERNO	10
IMAGEN 2.3: LOS 7 COMPONENTES DEL SISTEMA DE GOBIERNO	12
IMAGEN 2.4: DOMINIOS DEL MARCO COBIT	14
IMAGEN 2.5: LOS 40 OBJETIVOS DE COBIT 2019	15
TABLA 2.1: NIVELES DE CAPACIDAD CONTEMPLADOS POR CMMI EN COBIT 2019	17
TABLA 2.2: LOS 11 FACTORES DE DISEÑO DE COBIT 2019.....	18
GRÁFICO 2.1 PRIORIDAD DE DF1 SEGÚN ARQUETIPOS PROPUESTOS POR ISACA.....	19
TABLA 2.1 PONDERACIÓN DE PRIORIDAD SEGÚN ARQUETIPOS PERTINENTES	19
TABLA 2.2 RESULTADOS DE ETAPA 1, DF 1	20
GRÁFICO 2.2 RESULTADOS DE ETAPA 1, DF 1	20
IMAGEN 2.6: CASCADA DE METAS	21
TABLA 2.5: MAPEO DE METAS EMPRESARIALES CON METAS DE ALINEAMIENTO	22
TABLA 2.6: MAPEO DE METAS DE ALINEAMIENTO CON OBJETIVOS DE COBIT	23
TABLA 2.3 RESULTADOS DE ETAPA 2 DF2 Y CASCADA DE METAS	23
GRÁFICO 2.3 RESULTADOS DE ETAPA 2 DF2 Y CASCADA DE METAS	23
TABLA 2.4 ESCENARIOS DE RIESGOS CONTEMPLADOS POR DF 3.....	24
TABLA 2.5 RESULTADOS DE DF 3.....	24
TABLA 2.6 PROBLEMAS RELACIONADOS A TI DF 4.....	24
TABLA 2.7 RESULTADOS DE DF 4	24
TABLA 2.8 VALORES CUALITATIVOS DE PONDERACIÓN DE DF 4	24
TABLA 2.13: CONTINUACIÓN DE TABLA 2.10	25
GRÁFICO 2.4 OBJETIVOS DE COBIT RECOMENDADOS EN ETAPA 2	25
GRÁFICO 2.5 OBJETIVOS DE COBIT RECOMENDADOS EN ETAPA 3	25
TABLA 2.9 PONDERACIÓN DE PRIORIDADES EN DF 8	26
TABLA 2.10 RESULTADOS DE DF 8	26
TABLA 2.11 PONDERACIÓN DE PRIORIDADES DE DF 9	26
TABLA 2.12 RESULTADO DE DF 9	26
GRÁFICO 2.6 RESULTADO DE DF 9	26
TABLA 2.18: METAS EMPRESARIALES CONTEMPLADAS	27

TABLA 2.19: METAS DE ALINEAMIENTO CONTEMPLADAS	27
TABLA 2.20: RELACIÓN ENTRE METAS DE ALINEAMIENTO CON METAS EMPRESARIALES	27
TABLA 2.21: RELACIÓN ENTRE OBJETIVOS DE COBIT Y METAS DE ALINEAMIENTO	27
TABLA 2.22: OBJETIVOS DE COBIT 2019 QUE SE ASPIRAN ALCANZAR.....	28
GRÁFICO 2.7: RESULTADOS PASO 3.....	28
GRÁFICO 2.8: RESULTADOS PASO 4.....	28
IMAGEN 2.7: CICLO DE VIDA DE COBIT 2019	29
IMAGEN 2.8: COMPONENTES DEL SISTEMA DE GOBIERNO	31
IMAGEN 2.9: PRACTICA DE GOBIERNO 1 DE COMPONENTE A.....	31
IMAGEN 2.10: DOCUMENTACIÓN RELACIONADA A PRACTICA DE GOBIERNO 1 DEL COMPONENTE A	32
IMAGEN 2.11: PRACTICA DE GOBIERNO 2 DE COMPONENTE A.....	32
IMAGEN 2.12: PRACTICA DE GOBIERNO 3 DE COMPONENTE A.....	32
IMAGEN 2.13: COMPONENTE B	33
IMAGEN 2.14: APLICACIÓN DE IA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN	33
IMAGEN 2.15: COMPONENTE C.....	34
IMAGEN 2.16: COMPONENTE D.....	34
IMAGEN 2.17: COMPONENTE E	34
IMAGEN 2.18: COMPONENTE F	34
IMAGEN 2.19: COMPONENTE G.....	35
3. CMMI	37
IMAGEN 3.1: CMMI INSTITUTE.....	37
ILUSTRACIÓN 3.1 REPRESENTACIONES DE CMMI ILUSTRADAS (CONTINUA Y POR ETAPAS)	39
ILUSTRACIÓN 3.2 NIVELES DE MADUREZ DE CMMI V2.0.....	40
ILUSTRACIÓN 3.3 NIVELES DE CAPACIDAD DE CMMI V2.0	42
ILUSTRACIÓN 3.4 LOS ELEMENTOS DE CMMI 2.0	44
TABLA 3.1: LISTADO DE PAS CMMI V2.....	45
TABLA 3.2: LISTADO DE PA'S DE CMMI 2.....	46
IMAGEN 3.2: EJEMPLO DE ENTREGABLES Y ACTIVIDADES	49
TABLA 3.3: ÁREAS DE PRACTICA QUE SE CONTEMLPLAN EN NIVEL DE MADUREZ 2	49
TABLA 3.4: ÁREAS DE PRACTICA CONTEMPLADAS EN CMMI V2.0	53
4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN CON IA.....	57
TABLA 4.1 TÉRMINOS Y CONCEPTOS RELACIONADOS A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	64
5. INTEGRACIÓN DE COBIT 2019 Y CMMI EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN CON IA	82

TABLA 5.1: RESUMEN DE ACTIVIDADES DE COBIT 2019	86
TABLA 5.2: RESUMEN DE ACTIVIDADES DE CMMI 2.0	89
TABLA 5.3: RELACIÓN ENTRE LAS ACTIVIDADES DE COBIT 2019 Y CMMI 2.0.....	89
TABLA 5.4: KPI'S CONSIDERADOS	90
TABLA 5.5: MATRIZ RACI DEL PROYECTO	91
6. IMPLEMENTACIÓN	92
ILUSTRACIÓN 6.1: MLOPS	99
IMAGEN 6.3: FLUJO DE TRABAJO MLOPS	103
DIAGRAMA 6.1: FLUJO DE IMPLEMENTACIÓN DE MLOPS	104
DIAGRAMA 6.2: DIAGRAMA DE BASE DE DATOS.....	106
TABLA 6.1: DATASET DE VENTAS UTILIZADO	107
TABLA 6.2: PRODUCTOS INSERTADOS (RECORTADO)	107
CAPTURA 6.1: LIMPIEZA DE DATOS Y ENTRENAMIENTO DE PROPHET	107
CAPTURA 6.2: INFERENCE CON PROPHET	108
CAPTURA 6.3: UVICORN	108
CAPTURA 6.4: EJECUCION DE APP EN LOCALHOST PUERTO 8000	108
CAPTURA 6.5: FASTAPI CONFIG	109
CAPTURA 6.6: IP LOCAL EXPUESTA MEDIANTE GROK EN URL PUBLICA.....	109
CAPTURA 6.7: EDGE FUNCTIONS DE SUPABASE	109
CAPTURA 6.8: CRON JOB QUE AUTOMATIZA EL ENTRENAMIENTO TODOS LOS DÍAS A LAS 0:00H	110
CAPTURA 6.9: MONITOREO DE EJECUCION DE EDGE FUNCTION DE ENTRENAMIENTO	110
CAPTURA 6.10: MONITOREO DE EJECUCIÓN DE EDGE FUNCTION DE GENERAR PREDICCIÓN...110	110
7. CONCLUSIÓN	112
8. ANEXOS	113
CAPTURA 8.1: INICIANDO LA APP	117
CAPTURA 8.2: LOGIN.....	117
CAPTURA 8.3: PÁGINA DE INICIO (DASHBOARD)	117
CAPTURA 8.4: VISTA DE INICIO	118
CAPTURA 8.5: MENU PRINCIPAL PT1.....	118
CAPTURA 8.6 MENU PRINCIPAL PT2.....	118
CAPTURA 8.7: VISTA DE PRODUCTOS/INVENTARIO	118
CAPTURA 8.8: VISTA DE VENTAS / FACTURACION	118
CAPTURA 8.9: VISTA DE COMPRAS A PROVEEDORES	118

CAPTURA 8.10: VISTA DE EMPLEADOS	119
CAPTURA 8.11: VISTA DE CLIENTES	119
CAPTURA 8.12: VISTA DE PROVEEDORES	119
CAPTURA 8.13: REPORTE DE COMPRAS	119
CAPTURA 8.14: REPORTE DE VENTAS.....	119
CAPTURA 8.15: EXPORTACIÓN DE REPORTES A PDF	119
QR1: PAGINA WEB DEL PROYECTO ABARI	120
QR 2: REPOSITORIO DE MLOPS.....	120
QR 3: QR AL REPO EN GITHUB DE ABARI	120
TABLA 8.1: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	123
9. ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS E ILUSTRACIONES	124
10. REFERENCIAS.....	127

10. Referencias

COBIT 2019

- ISACA. (2018). COBIT 2019: Introduction and methodology. ISACA.
- ISACA. (2018). COBIT 2019: Governance and management objectives. ISACA.
- ISACA. (2018). COBIT 2019 design guide: Designing an information and technology governance solution. ISACA.
- ISACA. (2018). COBIT 2019 implementation guide: Implementing and optimizing an information and technology governance solution. ISACA.
- ISACA. (2019). COBIT® 2019 governance system design workbook. ISACA.

CMMI DEV V2.0

- CMMI Institute. (2018). CMMI Development V2.0. CMMI Institute.
- ISACA. (2020). CMMI adoption guidance. ISACA.
- Ardila Albarracín, C. A. (s. f.). Calidad de software: Capítulo 4. Calidad y mejora de procesos de software (4.2. Estándares y modelos; 4.2.2. Modelo CMMI 2.0). Universidad del Cauca.

MLOPS

- Haviv, Y., & Gift, N. (2020). Implementing MLOps: A production-first approach. O'Reilly Media.

I.A.

- Natarajan, P. (2021). Demystifying AI for the enterprise: A playbook for business value and digital transformation. Routledge.

SCRUM

- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). The Scrum Guide: The definitive guide to Scrum: The rules of the game. Scrum.org & ScrumAlliance.

SUPABASE

- Supabase. (2024). Supabase documentation. Supabase. <https://supabase.com/docs>

FLUTTER / DART

- Google. (2024). Flutter documentation. Flutter.dev. <https://docs.flutter.dev>
- Google. (2024). Dart language documentation. Dart.dev. <https://dart.dev/guides>

DEVOPS

- Kim, G., Debois, P., Willis, J., & Humble, J. (2016). The DevOps handbook: How to create world-class agility, reliability, and security in technology organizations. IT Revolution Press.

CI/CD

- Humble, J., & Farley, D. (2010). Continuous delivery: Reliable software releases through build, test, and deployment automation. Addison-Wesley Professional.

PROPHET

- Taylor, S. J., & Letham, B. (2018). Forecasting at scale. The American Statistician, 72(1), 37–45.

FASTAPI

- Ramírez, S. (2024). FastAPI documentation. FastAPI. <https://fastapi.tiangolo.com>

UVICORN

- Uvicorn. (2024). Uvicorn documentation. Uvicorn.org. <https://www.uvicorn.org>

NGROK

- Ngrok. (2024). Ngrok documentation. Ngrok. <https://ngrok.com/docs>

GIT

- Chacon, S., & Straub, B. (2014). Pro Git (2nd ed.). Apress.

GITHUB

- GitHub. (2024). GitHub documentation. GitHub Docs. <https://docs.github.com>

POSTGRESQL

- The PostgreSQL Global Development Group. (2024). PostgreSQL documentation. <https://www.postgresql.org/docs>

PYTHON

- Python Software Foundation. (2024). Python documentation. Python.org. <https://docs.python.org/3>

SUPABASE AUTH

- Supabase. (2024). Authentication documentation. Supabase. <https://supabase.com/docs/guides/auth>

SUPABASE EDGE FUNCTIONS

- Supabase. (2024). Edge Functions documentation. Supabase. <https://supabase.com/docs/guides/functions>

SUPABASE CRON

- Supabase. (2024). Scheduled functions (Cron). Supabase. <https://supabase.com/docs/guides/functions/schedule-functions>