ANEXO I. Referencias Tecnológicas y Capacidades de Implementación

Universidad EAN
Facultad de Ingeniería y Facultad de Administración, Economía, Negocios y Finanzas
Programa de Negocios Internacionales e Inteligencia de Negocios

Objetivo

Presentar un marco de referencia de capacidades tecnológicas y funcionales que sirva como apoyo para la formulación de la hoja de ruta de transformación digital de ***CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.***, identificando las capacidades requeridas para fortalecer la gestión de la información, la integración de procesos, la trazabilidad operativa, el monitoreo de la operación y la toma de decisiones basada en datos, en concordancia con las necesidades estratégicas y oportunidades de mejora identificadas durante el diagnóstico organizacional.

Alcance del anexo

El presente anexo complementa la propuesta de solución y la hoja de ruta tecnológica para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., detallando capacidades funcionales, consideraciones técnicas y dependencias de implementación asociadas a las necesidades estratégicas identificadas durante el proceso de diagnóstico.

La información presentada no constituye una especificación técnica definitiva ni una recomendación de adquisición de plataformas o proveedores específicos. Por el contrario, se plantea como un marco de referencia orientado a apoyar futuras etapas de evaluación, priorización y selección de soluciones tecnológicas, garantizando su alineación con las capacidades organizacionales, los requerimientos operativos y las prácticas de transformación digital industrial.

Bajo este enfoque, las capacidades descritas se estructuran de manera evolutiva, priorizando la interoperabilidad de la información, la integración de procesos, el

fortalecimiento de la gestión de datos, el control operativo y el desarrollo progresivo de capacidades analíticas para la toma de decisiones.

Referencias tecnológicas por capacidades

Capacidades de gestión e integración de información

Necesidad	Capacidades de gestión e integración de información		
	Capacidades técnicas referenciales	**Consideraciones técnicas**	**Dependencias técnicas**
N1. Fortalecimiento del gobierno y gestión de datos	• Consolidación de catálogos maestros, estructuras unificadas de identificación y diccionario organizacional de datos para materiales, ubicaciones, recursos, órdenes y estados operativos. • Implementación de criterios de validación, calidad, consistencia y trazabilidad de información para procesos operativos y administrativos. • Definición de roles, responsables y mecanismos de gobernanza para administración, actualización y control del ciclo de vida de los datos. • Implementación de mecanismos de integración y publicación interoperable de información mediante APIs, ETL, servicios web o tecnologías equivalentes.	• Definición y estandarización de nomenclaturas, estructuras y criterios organizacionales de información. • Control de calidad, duplicidad, consistencia y sincronización de registros entre plataformas organizacionales. • Implementación de mecanismos de trazabilidad, auditoría y control sobre cambios realizados en información crítica. • Definición de esquemas de seguridad, acceso y administración de información basados en roles y perfiles organizacionales.	• Articulación transversal entre áreas operativas, administrativas y tecnológicas para definición y gestión de información crítica. • Definición de lineamientos organizacionales de gobernanza, calidad y administración de datos. • Disponibilidad de mecanismos básicos de integración, interoperabilidad y sincronización de información entre plataformas organizacionales. • Participación de líderes funcionales y responsables de información para validación, control y sostenibilidad de las estructuras definidas.

N2. Fortalecimiento de la arquitectura de integración tecnológica	• Definición de una arquitectura modular orientada a la integración progresiva de plataformas operativas, administrativas y analíticas. • Implementación de mecanismos de interoperabilidad, sincronización e intercambio de información mediante APIs, ETL, servicios web, middleware o tecnologías equivalentes. • Diseño de flujos organizacionales y capas de integración operativa, transaccional y analítica para soportar la consolidación y disponibilidad de información. • Consolidación de mecanismos de publicación, consumo y trazabilidad de eventos entre plataformas empresariales y capacidades digitales integradas (ERP, WMS, MES, BI o soluciones equivalentes).	• Compatibilidad e interoperabilidad con plataformas organizacionales existentes. • Escalabilidad y flexibilidad para incorporación progresiva de nuevas capacidades digitales y escenarios híbridos de integración. • Sincronización, disponibilidad y trazabilidad de información entre plataformas operativas, administrativas y analíticas. • Capacidad para soportar procesos de monitoreo operativo, trazabilidad y analítica organizacional integrada.	• Inventario y caracterización de plataformas, aplicaciones y flujos actuales de información organizacional. • Estandarización de estructuras, nomenclaturas y criterios de calidad de datos para soportar procesos de integración. • Priorización de integraciones y mecanismos de interoperabilidad según criticidad operativa y dependencias funcionales. • Coordinación transversal entre áreas operativas, administrativas y tecnológicas para validación y sostenibilidad de los flujos integrados.

Tabla I 1 Requerimientos y Especificaciones técnicas – Capacidades de gestión e integración de información. Fuente: Elaboración propia

Referencias tecnológicas asociadas

- Herramientas de gobierno y calidad de datos: Data catalogs, diccionarios organizacionales, mecanismos MDM (Master Data Management) o herramientas equivalentes.
- Mecanismos de integración e interoperabilidad: APIs REST, middleware empresarial, ETL/ELT o plataformas de integración como Power Automate, Talend, Pentaho, Apache Nifi o soluciones equivalentes.

- Modelado de arquitectura funcional: herramientas de modelado de procesos y arquitectura empresarial como Bizagi, Draw.io, Visio o ArchiMate.
- Repositorios centralizados de información: bases de datos SQL centralizadas, Data Warehouse inicial o estructuras unificadas de información.

Capacidades de trazabilidad y control operativo

Necesidad	Capacidades de trazabilidad y control operativo		
	Capacidades técnicas referenciales	**Consideraciones técnicas**	**Dependencias técnicas**
N3. Fortalecimiento de la trazabilidad operativa del material en proceso	• Identificación digital de materiales, subconjuntos y órdenes de producción mediante mecanismos de trazabilidad operativa (QR, RFID o tecnologías equivalentes). • Registro y seguimiento de entradas, salidas, transferencias, movimientos internos y estados operativos del material en proceso (WIP). • Confirmación y trazabilidad de operaciones ejecutadas a lo largo de las etapas productivas. • Visualización operativa del estado, ubicación y avance del WIP mediante tableros de piso, mecanismos Andón, dashboards operativos o soluciones equivalentes. • Integración progresiva de eventos operativos con plataformas de producción, abastecimiento, mantenimiento y sistemas administrativos.	• Estandarización de eventos operativos, criterios de captura y mecanismos de registro de información para trazabilidad del proceso productivo. • Definición de puntos críticos de trazabilidad, seguimiento y control operativo del material en proceso (WIP). • Integración progresiva con plataformas de producción, monitoreo y gestión operativa. • Disponibilidad, sincronización y visibilidad de información operativa para seguimiento y control transversal de la operación. • Capacidad de operación en entornos industriales mediante mecanismos distribuidos de captura y consulta de información.	• Disponibilidad de estructuras estandarizadas de identificación para materiales, órdenes y eventos operativos. • Disponibilidad de conectividad operativa básica y mecanismos digitales de captura y registro de información. • Articulación con capacidades de gobierno, calidad y gestión de datos definidas en N1. • Definición de flujos operativos y puntos críticos de seguimiento y trazabilidad dentro del proceso productivo. • Capacitación y apropiación operativa para el uso de herramientas y mecanismos de trazabilidad digital.

N4. Fortalecimiento de la gestión operativa y control de planta	• Gestión operativa de órdenes de producción, secuenciación de actividades y coordinación del flujo interno de materiales. • Seguimiento, monitoreo y control operativo de actividades, estados y avances de producción en planta. • Coordinación operativa de estaciones de trabajo y sincronización de procesos productivos. • Integración progresiva con plataformas de gestión operativa, producción y control de planta (MES, WMS o soluciones equivalentes).	• Parametrización y configuración flexible de procesos críticos, flujos operativos y secuenciación de actividades productivas. • Integración progresiva con capacidades de inventarios, abastecimiento, mantenimiento y gestión operativa. • Disponibilidad y sincronización oportuna de información operativa para seguimiento y control de planta. • Escalabilidad para incorporación progresiva de capacidades de automatización, monitoreo y control operacional.	• Disponibilidad de capacidades básicas de trazabilidad digital y seguimiento operativo implementadas. • Estandarización de procesos, flujos y criterios operativos de control de planta. • Integración y disponibilidad de información entre áreas operativas, administrativas y de soporte. • Disponibilidad de mecanismos de captura, monitoreo y visualización operativa en tiempo oportuno.
N5. Fortalecimiento del monitoreo operativo en tiempo real	• Captura automática de eventos operativos y movimientos de materiales. • Monitoreo de congestiones, tiempos de espera y condiciones críticas de operación. • Visualización en tiempo real del comportamiento operativo de áreas críticas. • Generación de alertas operativas y eventos de control. • Integración con tecnologías de captura automática (RFID, sensores IoT, lectores industriales u otros mecanismos equivalentes).	• Priorización de puntos críticos de monitoreo operativo. • Integración con mecanismos de trazabilidad y control de producción. • Disponibilidad de conectividad operativa y sincronización de eventos. • Capacidad para operación en ambientes industriales. • Escalabilidad para incorporación progresiva de nuevos puntos de monitoreo.	• Trazabilidad digital implementada. • Infraestructura básica de captura y monitoreo. • Integración con plataformas de control operativo. • Definición de eventos y alertas críticas para la operación.

Tabla I 2 Requerimientos y Especificaciones técnicas – Capacidades de trazabilidad y control operativo.
Fuente: Elaboración propia

Referencias tecnológicas asociadas

- Tecnologías de captura y trazabilidad: RFID, códigos QR, códigos de barras industriales o tecnologías equivalentes.
- Herramientas MES/WMS: plataformas orientadas a monitoreo de producción, gestión de inventarios y seguimiento de materiales en proceso.
- Dispositivos de captura móvil: terminales industriales, tablets operativas o handhelds para registro distribuido en planta.
- Dashboards operativos de piso: Power BI, Grafana, dashboards embebidos MES o soluciones equivalentes.

Capacidades de integración empresarial y gestión organizacional

Necesidad	Capacidades de integración empresarial y gestión organizacional		
	Capacidades técnicas referenciales	**Consideraciones técnicas**	**Dependencias técnicas**
N6. Fortalecimiento de la interoperabilidad entre sistemas organizacionales	• Integración progresiva de plataformas organizacionales existentes (SIIGO, Gespro, SAMM u otras plataformas equivalentes). • Intercambio automatizado de información operativa, administrativa y financiera. • Sincronización de datos entre procesos organizacionales. • Reducción de reprocesos manuales y duplicidad de registros.	• Definición de reglas de sincronización e intercambio de información. • Priorización de flujos críticos de integración. • Compatibilidad entre plataformas existentes. • Disponibilidad de mecanismos interoperables de intercambio de datos.	• Arquitectura de integración definida en N2. • Gobierno y calidad de datos implementados en N1. • Priorización organizacional de procesos críticos de integración.

N7. Fortalecimiento de la integración empresarial y operativa	• Gestión integrada de producción, abastecimiento, logística, mantenimiento y administración. • Consolidación centralizada de información operativa y administrativa. • Integración progresiva mediante plataformas empresariales tipo ERP modular o equivalentes. • Articulación de información transaccional y operativa.	• Implementación progresiva por módulos y procesos prioritarios. • Integración con plataformas operativas y administrativas existentes. • Estandarización de procesos organizacionales. • Escalabilidad funcional y tecnológica.	• Estandarización de procesos y estructuras de datos. • Disponibilidad de información integrada y confiable.

Tabla I 3 Requerimientos y Especificaciones técnicas – Capacidades de integración empresarial y gestión organizacional. Fuente: Elaboración propia

Referencias tecnológicas asociadas

- Plataformas ERP orientadas a manufactura, tales como Odoo Manufacturing, SAP Business One, Oracle NetSuite, Microsoft Dynamics 365 Business Central o soluciones equivalentes.
- Integración empresarial: middleware, APIs empresariales y sincronización de procesos administrativos, financieros y operativos.
- Módulos funcionales priorizados: producción, inventarios, abastecimiento, mantenimiento, compras y finanzas.
- Herramientas BPM y workflows: plataformas para automatización y orquestación de procesos.

Capacidades de analítica y soporte para la toma de decisiones

Necesidad	Capacidades de analítica y soporte para la toma de decisiones

	Capacidades técnicas referenciales	Consideraciones técnicas	Dependencias técnicas
N8. Fortalecimiento del monitoreo operativo y Business Intelligence	• Consolidación de indicadores operativos, logísticos y gerenciales. • Visualización de desempeño mediante dashboards operativos y ejecutivos (Power BI, Tableau, Qlik u otras herramientas equivalentes). • Seguimiento de productividad, eficiencia, trazabilidad y desempeño operativo. • Monitoreo gerencial mediante tableros de control e indicadores clave de desempeño.	• Disponibilidad de información integrada, confiable y estructurada. • Estandarización de indicadores, estructuras de medición y criterios de seguimiento organizacional. • Actualización y sincronización oportuna de información operativa, administrativa y gerencial. • Integración con plataformas operativas, administrativas y analíticas.	• Disponibilidad de mecanismos de captura digital y registro de eventos operativos implementados. • Integración y consolidación de información proveniente de plataformas operativas, administrativas y organizacionales. • Disponibilidad de datos históricos, operativos y gerenciales estructurados para análisis y monitoreo. • Estandarización básica de indicadores y criterios de medición organizacional.
N9. Fortalecimiento de capacidades analíticas y toma de decisiones basada en datos	• Consolidación de modelos analíticos para evaluación de desempeño operativo. • Análisis descriptivo y diagnóstico de procesos organizacionales. • Identificación de restricciones, cuellos de botella y oportunidades de mejora. • Soporte analítico para toma de decisiones operativas y estratégicas.	• Calidad y consistencia de información histórica y operativa. • Consolidación de información transversal entre áreas. • Disponibilidad de estructuras analíticas y modelos de información. • Integración entre datos operativos, administrativos y gerenciales.	• Disponibilidad de información integrada y estructurada. • Consolidación de indicadores operativos y gerenciales. • Madurez básica en gestión y análisis de datos organizacionales.

Tabla I 4 Requerimientos y Especificaciones técnicas – Capacidades de analítica y soporte para la toma de decisiones.
Fuente: Elaboración propia

Referencias tecnológicas asociadas

- Plataformas de Business Intelligence y analítica organizacional, tales como Power BI, Tableau, Qlik Sense o herramientas equivalentes.

- Modelos de datos analíticos: Data Warehouse, Data Marts operativos y estructuras analíticas consolidadas.
- KPIs operativos y gerenciales: monitoreo de productividad, trazabilidad, tiempos de operación y desempeño organizacional.
- Capacidades analíticas futuras: analítica predictiva, identificación de restricciones y modelos de optimización operativa.

Capacidades de sostenibilidad tecnológica y apropiación digital

Necesidad	Capacidades de sostenibilidad tecnológica y apropiación digital		
	Capacidades técnicas referenciales	**Consideraciones técnicas**	**Dependencias técnicas**
N10. Fortalecimiento de capacidades de ciberseguridad y continuidad tecnológica	• Gestión de accesos y perfiles de usuario. • Protección de información organizacional y control de accesos. • Respaldo y recuperación de información crítica. • Continuidad básica de servicios y plataformas digitales.	• Definición de perfiles y niveles de acceso. • Gestión de respaldos y recuperación de información. • Implementación de controles básicos de seguridad digital. • Protección de información operativa y administrativa crítica.	• Inventario de activos tecnológicos y digitales. • Definición de responsables de seguridad y administración tecnológica. • Lineamientos organizacionales de seguridad de información.

N11. Fortalecimiento de capacidades de captura digital en planta	• Registro digital de eventos operativos en tiempo real. • Captura móvil de información operativa en planta. • Reducción progresiva de formatos manuales. • Incorporación de dispositivos móviles industriales (tablets industriales, handhelds u otros dispositivos equivalentes).	• Priorización de estaciones críticas de captura. • Compatibilidad de dispositivos con entorno industrial. • Facilidad de uso y operación para personal operativo. • Integración con plataformas de trazabilidad y monitoreo.	• Disponibilidad de conectividad básica en planta. • Integración con capacidades de trazabilidad operativa. • Capacitación y apropiación operativa de herramientas digitales.
N12. Fortalecimiento de capacidades organizacionales y apropiación digital	• Formación tecnológica por perfiles organizacionales. • Gestión del cambio y acompañamiento operativo. • Seguimiento de adopción tecnológica y apropiación digital. • Transferencia de conocimiento sobre herramientas y procesos digitales.	• Capacitación progresiva por roles y procesos. • Acompañamiento operativo durante implementación. • Priorización de procesos críticos de adopción. • Seguimiento de uso y apropiación de capacidades implementadas.	• Participación organizacional y liderazgo directivo. • Estrategia de transformación y apropiación digital. • Coordinación entre áreas operativas, administrativas y tecnológicas.

Tabla I 5 Requerimientos y Especificaciones técnicas – Capacidades de sostenibilidad tecnológica y apropiación digital.
Fuente: Elaboración propia

Referencias tecnológicas asociadas

- Herramientas de gestión de accesos y seguridad: Active Directory, MFA, control de accesos y mecanismos básicos de ciberseguridad.
- Mecanismos de respaldo y continuidad tecnológica: backup automatizado, replicación y políticas de recuperación.

- Plataformas de formación y apropiación digital: LMS, capacitación por perfiles y programas de adopción tecnológica.
- Herramientas de monitoreo tecnológico y continuidad operativa.