Evaluación del nivel de madurez digital y diseño de una hoja de ruta de transformación digital para la gestión de procesos y la gestión de la información en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Jeniffer Eliana Gómez Hernández

Mónica Patricia Sarmiento Pérez

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Maestría en Inteligencia de Negocios

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas,

Maestría Negocios Internacionales

Bogotá, Colombia

2026

Evaluación del nivel de madurez digital y diseño de una hoja de ruta de transformación digital para la gestión de procesos y la gestión de la información en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Jeniffer Eliana Gómez Hernández

Mónica Patricia Sarmiento Pérez

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Negocios Internacionales y Magister en Inteligencia de Negocios

Director (a):

EDICSON JAIR GIL ACOSTA

Modalidad:

Consultoría Profesional

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Maestría en Inteligencia de Negocios

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas,

Maestría Negocios Internacionales

Bogotá, Colombia

2026

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

Resumen

El presente trabajo de grado, desarrollado bajo la modalidad de consultoría profesional, tiene como objetivo principal evaluar el nivel de madurez digital de la empresa CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. y diseñar una hoja de ruta de transformación digital orientada a gestión de procesos y gestión de la información. La organización, perteneciente al sector metalmecánico, presenta una alta dependencia de procesos manuales y una fragmentación en sus sistemas de información, que limita su trazabilidad y eficiencia operativa. Metodológicamente, la investigación siguió un enfoque cualitativo y descriptivo, utilizando como herramienta principal el Modelo de Madurez Digital (DMM) de Deloitte.

El diagnóstico permitió identificar brechas críticas en las dimensiones de tecnología y organización, evidenciando falta de integración entre plataformas existentes y ausencia de una gobernanza de datos sólida; con base en esto, se diseñó una propuesta estratégica estructurada en cinco oleadas progresivas de implementación (de la 0 a la 4), que van desde la consolidación de capacidades fundacionales y adopción de un ERP, hasta la integración de tecnologías de captura automática de datos (RFID) y analítica de negocios (BI). Como resultado, se entrega una hoja de ruta técnica y funcional que proporciona a la gerencia un plan de acción escalable para transformar activos de información en ventajas competitivas, optimizando procesos y fortaleciendo la toma de decisiones basada en evidencia.

Palabras clave: Madurez digital, Transformación digital, Gestión de la información, Hoja de ruta tecnológica, Inteligencia de negocios, Sector metalmecánico.

Abstract

This graduate work, developed under the professional consultancy modality, aims to evaluate the technological maturity level of the company CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. to design a digital transformation roadmap focused on process and information management. The organization, part of the metal-mechanical sector, exhibits a high dependency on manual processes and fragmented information systems, which limits traceability and operational efficiency. Methodologically, the research followed a qualitative and descriptive approach, utilizing Deloitte's Digital Maturity Model (DMM) as the primary assessment tool.

The diagnosis identified critical gaps in the technology and organization dimensions, highlighting the lack of integration between existing platforms and the absence of a robust data governance framework. Based on these findings, a strategic proposal was designed, structured into five progressive implementation waves (from 0 to 4), ranging from the consolidation of digital foundations and ERP adoption to the integration of automated data capture technologies (RFID) and Business Intelligence (BI). As a result, a technical and functional roadmap is delivered, providing management with a scalable action plan to transform information assets into competitive advantages, optimizing processes and strengthening evidence-based decision-making.

Keywords: Digital maturity, Digital transformation, Information management, Technological roadmap, Business intelligence, Metal-mechanical sector.

CONTENIDO

Introducción 13

Objetivos 16

Objetivo general 16
Objetivos específicos 16

Justificación 18

Marco Institucional 21

Historia y Perfil de la empresa 21
Misión 22
Visión 22
Estructura organizacional 23
Posición en el mercado y análisis sectorial 24
Contexto para la consultoría 24

Marco Contextual 26

Benchmarking tecnológico 26
Gestión de la cadena de suministro y trazabilidad 26
Gestión estratégica de proveedores 27

Marco Conceptual 28

Transformación digital y capacidades organizacionales 28
Gestión por procesos 28
Gestión de la información y gobernanza de datos 29
Interoperabilidad en ecosistemas empresariales 30
Teoría de las restricciones (TOC) con enfoque informacional 30
Optimización operativa bajo el enfoque Digital Lean 31
Toma de decisiones basada en datos (Data-Driven) 32
Modelos de madurez digital: estado del arte y criterios de selección 34

Diseño Metodológico de la Consultoría 38

Tipo de estudio 38
Enfoque metodológico 38
Métodos e instrumentos de recolección de información 38
Adaptación del Modelo de Madurez Digital de Deloitte (DMM) 41
Población y muestra 42
Técnicas de análisis de la información 43
Fases de la consultoría 46
Recolección de Datos 49
Análisis de la Información 50

Metodología para el Diagnóstico 51
Herramientas para la Consultoría 54
Limitaciones del estudio 56

Análisis y Diagnóstico Físico, Organizacional y Tecnológico 58

Componente Físico y Operativo 58
Caracterización del sistema físico y operativo 58
Flujo general de procesos 58
Etapas del proceso productivo 59
Configuración física de la planta (Layout actual) 60
Flujo de Materiales y Condiciones de circulación 62
Zonas críticas de tránsito 63
Análisis e interpretación del componente físico-operativo 65
Implicaciones para la organización 68
Síntesis del Diagnóstico Físico y Operativo 69
Componente Organizacional 70
Caracterización del sistema organizacional 70
PESTEL - Entorno externo 70
Porter - Entorno competitivo 73
Matriz DOFA - Análisis interno 75
Modelo de Negocio 77
Análisis financiero 79
Análisis e interpretación del componente organizacional 82
Implicaciones para la organización 85
Síntesis del Diagnóstico Organizacional 86
Componente Tecnológico 88
Caracterización del sistema tecnológico 89
Entrevista al área de Tecnología de la información 90
Infraestructura tecnológica y sistemas de información e integración 92
Nivel de soporte tecnológico de los procesos operativos 92
Evaluación del nivel de madurez digital 94
Benchmarking sectorial de madurez digital 101
Análisis e interpretación del componente tecnológico 104
Implicaciones para la organización 109
Síntesis del Diagnóstico Tecnológico 111
Diagnóstico Integrado 113
Trazabilidad metodológica de hallazgos diagnósticos 114
Hallazgos Integrados Estratégicos (HI) 115
Análisis sistémico integrado 116
Brechas estructurales identificadas 118
Implicaciones estratégicas para la organización 119

Síntesis priorizada del diagnóstico integrado 121
Situación actual 121
Fortalezas 121
Brechas y oportunidades prioritarias 122
Propuesta de solución y hoja de ruta tecnológica 123
Propuesta ejecutiva y decisiones iniciales 123
Decisiones para iniciar la propuesta 125
Fundamentos y criterios de estructuración 126
Necesidades priorizadas y hallazgos asociados 127
Prioridad Estratégica Alta 128
Prioridad Estratégica Media 129
Prioridad Estratégica Evolutiva 131
Arquitectura General de solución tecnológica 132
Requerimientos tecnológicos y dependencias 135
Desarrollo detallado de la Hoja de Ruta para la transformación digital de la gestión de procesos y la gestión de la información (Roadmap por Oleadas) 140
Oleada 0 – Capacidades fundacionales y arquitectura de integración 140
Oleada 1 – Trazabilidad y control operativo del piso de producción 143
Oleada 2 – Integración operativa y articulación organizacional 147
Oleada 3 – Analítica operativa y soporte para toma de decisiones 150
Oleada 4 – Sostenibilidad, apropiación y evolución digital 154
Gobernanza y cronograma referencial 159
KPIs estratégicos de seguimiento - Matriz de KPIs 159
Estimación referencial de inversión 162
Componentes referenciales de inversión tecnológica 162
Componentes referenciales de acompañamiento y consultoría 163
Componentes complementarios de inversión 164
Resumen General de Costos Iniciales (Año 1) 164
Impacto Organizacional Esperado 165
Lineamientos estratégicos para implementación de la hoja de ruta 168
Conclusiones y Recomendaciones 169
Conclusiones 169
Recomendaciones 172
Referencias 179
Anexos 185
Anexo A. Instrumento para la observación y recolección de datos de procesos en las plantas de CMA 185
Anexo B. Instrumento de entrevista para la evaluación del soporte tecnológico en las

áreas operativas de CMA 185
Anexo C. Instrumento de entrevista para el área de TI de CMA Ingeniería 185
Anexo D. Instrumento de evaluación de madurez digital 185
Anexo E. Instrumento de benchmarking basado en el MMD Deloitte 185
Anexo F. Resultados de la evaluación de madurez digital 185
Anexo G. Resultados benchmarking basado en el modelo de madurez digital de Deloitte 185
Anexo H. Consolidado de hallazgos diagnósticos 185
Anexo I. Referencias tecnológicas y capacidades de implementación 185
Anexo J. Matriz de KPIs estratégicos de seguimiento 185
Anexo K. Cronograma de implementación de la hoja de ruta de transformación digital. 185

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Organigrama CMA Ingeniería & Construcción S.A.S 23
Ilustración 2. Fases de Consultoría CMA Ingeniería & Construcción S.A.S 46
Ilustración 3. Triangulación Metodológica - Diagrama Sankey 50
Ilustración 4. Aplicación del ciclo Digital Lean – Metodología para el diagnóstico 54
Ilustración 5. Mapa general procesos operativos CMA 58
Ilustración 6. Etapas del proceso productivo CMA 59
Ilustración 7. Configuración física CMA - Plano 2D Digitalizado de Estaciones de trabajo 60
Ilustración 8. Configuración física CMA - Esquema 3D de maquinaria pesada y equipos 61
Ilustración 9. Configuración física CMA - Vista renderizada de área de cargue y descargue 61
Ilustración 10. Recorrido actual de materiales entre áreas 62
Ilustración 11. Zonas críticas de tránsito de materiales 64
Ilustración 12. Imagen fotográfica Bodega CMA 64
Ilustración 13. Caracterización organizacional – Análisis PESTEL 71
Ilustración 14. Caracterización organizacional - Fuerzas PORTER. 74
Ilustración 15. Caracterización organizacional - Matriz DOFA 76
Ilustración 16. Modelo de Negocio CMA 78
Ilustración 17. Análisis Financiero CMA - Estado de Resultados 80
Ilustración 18. Análisis Financiero CMA - Ratios de Rentabilidad 80
Ilustración 19. Análisis Financiero CMA - Otros datos financieros 81
Ilustración 20. Arquitectura General - Visión integrada de solución tecnológica 133
Ilustración 21. Hoja de Ruta por oleadas 158

Lista de Gráficas

Gráfica 1. Caracterización organizacional - Impacto de las fuerzas Porter. 75
Gráfica 2. Resultados de la entrevista a TI 91
Gráfica 3. Resultados de la evaluación del soporte tecnológico en áreas operativas. 93
Gráfica 4. Evaluación nivel de madurez: Dimensión 1 - Estrategia y liderazgo digital 95
Gráfica 5. Evaluación nivel de madurez: Dimensión 2 - Cultura y Organización 96
Gráfica 6. Evaluación nivel de madurez: Dimensión 3 - Operaciones y Procesos 97
Gráfica 7. Evaluación nivel de madurez: Dimensión 4 - Tecnología y Herramientas Digitales 98
Gráfica 8. Evaluación nivel de madurez: Dimensión 5 - Experiencia del cliente 99
Gráfica 9. Nivel de Madurez digital por dimensión 100
Gráfica 10. Benchmarking Sectorial de madurez digital 103

Gráfica 11. Comparación de madurez digital entre CMA Ingeniería & Construcción S.A.S - Estrumetal S.A. 104

Lista de Tablas

Tabla 1. Análisis comparativo de modelos de madurez digital 36
Tabla 2. Métodos e instrumentos de recolección de la información 39
Tabla 3. Fases Metodológicas de la consultoría 47
Tabla 4. Fuentes de datos – Análisis de la información 51
Tabla 5. Enfoque Digital Lean - Metodología para el diagnóstico 52
Tabla 6. Herramientas para la consultoría 55
Tabla 7. Síntesis de condiciones observadas por etapas 63
Tabla 8. Síntesis de zonas críticas identificadas 65
Tabla 9. Síntesis de condiciones físico-operativas identificadas 67
Tabla 10. Modelo de negocio Actual (CANVAS) – Aspectos observados 78
Tabla 11. Análisis Financiero CMA - Estado de resultados 80
Tabla 12. Análisis Financiero CMA – Ratios de Rentabilidad 81
Tabla 13. Análisis Financiero – Otros datos financieros 81
Tabla 14. Síntesis de condiciones organizacionales identificadas 84
Tabla 15. Síntesis de condiciones Tecnológicas identificadas 108
Tabla 16. Síntesis ejecutiva de la propuesta de transformación digital. 124
Tabla 17. Necesidades de transformación - Capacidades de gestión e integración de información 128
Tabla 18. Necesidades de transformación - Capacidades de trazabilidad y control operativo. 128
Tabla 19. Necesidades de transformación - Capacidades de integración empresarial y gestión organizacional 129
Tabla 20. Necesidades de transformación - Capacidades de analítica y soporte para la toma de decisiones 130
Tabla 21. Necesidades de transformación - Capacidades de sostenibilidad tecnológica y seguridad 131
Tabla 22. Requerimientos tecnológicos - Capacidades de gestión e integración de información 136
Tabla 23. Requerimientos tecnológicos - Capacidades de trazabilidad y control operativo 136
Tabla 24. Requerimientos tecnológicos - Capacidades de integración empresarial y gestión organizacional 137
Tabla 25. Requerimientos tecnológicos - Capacidades de analítica y soporte para la toma de decisiones 137
Tabla 26. Requerimientos tecnológicos - Capacidades de sostenibilidad tecnológica y

apropiación digital 138
Tabla 27. Hoja de ruta – Oleada 0: Capacidades fundacionales y arquitectura de integración..... 141
Tabla 28. Hoja de ruta – Oleada 1: Trazabilidad y control operativo del piso de producción..... 144
Tabla 29. Hoja de ruta – Oleada 2: Integración operativa y articulación organizacional 148
Tabla 30. Hoja de ruta – Oleada 3: Analítica operativa y soporte para la toma de decisiones 151
Tabla 31. Hoja de ruta – Oleada 4: Sostenibilidad, apropiación y evolución digital 155
Tabla 32. Matriz estratégica de KPIs – Resumen Ejecutivo..... 161
Tabla 33. Componentes referenciales de inversión tecnológica 162
Tabla 34. Componentes referenciales de acompañamiento y consultoría 163
Tabla 35. Componentes complementarios de inversión..... 164
Tabla 36. Resumen General de costos iniciales (Año 1)..... 164

Introducción

El presente trabajo de grado, desarrollado bajo la modalidad de consultoría profesional, tiene como propósito evaluar el nivel de madurez digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., empresa colombiana del sector metalmecánico, y diseñar una hoja de ruta de transformación digital orientada a fortalecer la gestión de procesos, la gestión de la información y el soporte a la toma de decisiones.

En entornos industriales de alta exigencia operativa, la transformación digital ofrece oportunidades para mejorar la trazabilidad, integrar procesos y utilizar datos en la toma de decisiones (Porter, 2008; Westerman et al., 2014). Para aprovechar estas oportunidades, las organizaciones necesitan superar la dependencia de registros manuales y sistemas de información fragmentados, y desarrollar capacidades tecnológicas y organizacionales acordes con sus necesidades.

En CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se identifican limitaciones relacionadas con la digitalización de procesos operativos, la trazabilidad del flujo interno de materiales y la integración de información entre áreas y plataformas. Estas condiciones dificultan conocer oportunamente el estado de las operaciones, consolidar información confiable e identificar restricciones y reprocesos. El problema involucra tanto el funcionamiento físico de la planta como la forma en que se registra, comparte y utiliza la información para gestionar los procesos.

El reto de la consultoría consiste en determinar, a partir de un diagnóstico sustentado, qué capacidades digitales necesita fortalecer CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. y cómo priorizar su desarrollo mediante una hoja de ruta acorde con su contexto operativo y organizacional. En consecuencia, la pregunta que orienta el

trabajo es: ¿Cómo estructurar una hoja de ruta de transformación digital para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., basada en la evaluación de su nivel de madurez digital y en las brechas identificadas en sus procesos y en la gestión de la información, que oriente el fortalecimiento de la trazabilidad del flujo interno de materiales y el soporte a la toma de decisiones?

Desde la perspectiva de inteligencia de negocios, el estudio examina la disponibilidad, calidad, integración y aprovechamiento de los datos operativos como soporte para el monitoreo y la toma de decisiones (Inmon, 2005; Kimball & Ross, 2013). Desde el enfoque de negocios internacionales, considera la relación entre capacidades operativas y tecnológicas, eficiencia y competitividad en el entorno industrial (Porter, 2008). Ambas perspectivas permiten abordar la transformación digital como un proceso que articula información, tecnología y gestión organizacional.

El trabajo se desarrolló mediante un enfoque cualitativo y descriptivo. Se utilizaron observación directa en planta, entrevistas semiestructuradas, análisis documental, evaluación de madurez digital y benchmarking sectorial. Como referente principal de la evaluación se empleó el Modelo de Madurez Digital de Deloitte (2018), a partir del cual se realizó una adaptación operativa para el contexto de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. Los hallazgos obtenidos mediante las distintas técnicas se integraron para identificar brechas y priorizar capacidades de transformación.

Con base en el diagnóstico, se diseñó una hoja de ruta organizada en oleadas progresivas. La propuesta incluye lineamientos para fortalecer la trazabilidad de materiales, la integración de procesos y sistemas, el gobierno de datos, la captura digital de información, el monitoreo operativo y las capacidades analíticas. El alcance

de la consultoría comprende la evaluación y el diseño de esta hoja de ruta; su implementación y la medición de los beneficios esperados corresponden a etapas posteriores.

El documento se estructura en siete capítulos. El primero presenta el marco institucional de la organización; el segundo desarrolla el marco contextual; el tercero expone el marco conceptual que sustenta la consultoría; el cuarto describe el diseño metodológico; el quinto presenta el análisis y diagnóstico físico, organizacional y tecnológico; el sexto desarrolla la propuesta de solución y la hoja de ruta tecnológica; y el séptimo contiene las conclusiones y recomendaciones derivadas del proceso de consultoría.

De esta manera, el presente trabajo busca proporcionar a CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. una base estratégica y tecnológica estructurada para orientar futuros procesos de evolución digital, fortaleciendo sus capacidades operativas, tecnológicas y organizacionales mediante un enfoque progresivo de transformación soportado en integración, trazabilidad y gestión estratégica de la información.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el nivel de madurez digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., mediante el análisis de sus procesos operativos, el uso de la tecnología y la gestión de la información, con el fin de diseñar una hoja de ruta de transformación digital orientada al fortalecimiento de la gestión de procesos y al soporte de la toma de decisiones.

Objetivos específicos

- Analizar los procesos operativos de la organización, considerando la configuración física, el flujo de materiales y las condiciones de circulación interna, con el fin de identificar factores que afectan la eficiencia operativa y la trazabilidad.
- Analizar la disponibilidad, calidad, trazabilidad e integración de los datos generados en los procesos operativos, con el fin de identificar limitaciones en su uso para la gestión y la toma de decisiones organizacionales.
- Analizar cualitativamente la cadena de suministro interna y la gestión de inventarios en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., evaluando las condiciones del almacenamiento de materia prima en planta y su relación con la continuidad del flujo productivo.
- Evaluar el nivel de madurez digital de la organización, considerando la infraestructura tecnológica, los sistemas de información y el grado de digitalización que soporta sus procesos operativos.
- Comparar el nivel de madurez digital de la empresa frente a referentes del sector metalmecánico, mediante benchmarking, con el fin de identificar brechas tecnológicas y buenas prácticas de la industria.

- Diseñar una hoja de ruta de transformación digital que integre soluciones tecnológicas, indicadores de desempeño y lineamientos de implementación, orientada al fortalecimiento de la gestión de procesos, la gestión de la información y el soporte a la toma de decisiones.

Justificación

El presente proyecto de consultoría responde a la necesidad de evaluar el nivel de madurez digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. y de orientar su evolución tecnológica a partir de las condiciones de su operación. En el sector metalmecánico, la eficiencia en el uso de recursos, la trazabilidad de materiales y la capacidad de respuesta son aspectos relevantes para la competitividad. Por ello, resulta pertinente contar con un diagnóstico que permita identificar brechas y establecer prioridades de transformación digital acordes con el contexto de la empresa (Porter, 2008; McKinsey & Company, 2019).

La transformación digital requiere articular tecnología, procesos, capacidades organizacionales y gestión de la información (Kane et al., 2015; Westerman et al., 2011). En CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., la dependencia de registros manuales y la limitada integración entre áreas y plataformas dificultan el seguimiento del flujo interno de materiales y la consolidación de información operativa. La evaluación de madurez digital permite examinar estas condiciones y sustentar el diseño de una hoja de ruta que responda a las brechas identificadas.

Desde la perspectiva de inteligencia de negocios, el proyecto examina la disponibilidad, calidad, integración y trazabilidad de los datos operativos. Esta información es necesaria para definir indicadores, monitorear procesos e identificar oportunidades de mejora que apoyen la toma de decisiones (Inmon, 2005; Kimball & Ross, 2013). Desde el enfoque de negocios internacionales, el análisis de las capacidades operativas y tecnológicas permite considerar su relación con la eficiencia y la capacidad competitiva de la organización en un entorno industrial exigente (Porter,

2008).

En el ámbito institucional, el trabajo se enmarca en el campo de investigación Ciencia, tecnología e innovación y se articula con el grupo de investigación Tecnológico ONTARE y con las líneas Cadenas de suministro sostenible; Gestión y Diseño de Procesos; y Tecnologías de Información y Comunicaciones. La vinculación con Cadenas de suministro sostenible se sustenta en el análisis del abastecimiento y del flujo interno de materiales comprendidos en el estudio, así como en la identificación de oportunidades para mejorar la trazabilidad y favorecer un uso más eficiente de los recursos. La relación con Gestión y Diseño de Procesos se concreta en el diagnóstico de restricciones operativas y en la priorización de oportunidades de mejora. Por su parte, la articulación con Tecnologías de Información y Comunicaciones se expresa en la evaluación de capacidades digitales y en la formulación de lineamientos para la captura, integración y aprovechamiento de la información operativa. Esta articulación se circunscribe al abastecimiento y al flujo interno de materiales comprendidos en el estudio. Los posibles beneficios de sostenibilidad asociados a la hoja de ruta deberán verificarse mediante su implementación y evaluación posterior.

El aporte para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. consiste en un diagnóstico de sus capacidades y brechas digitales, acompañado de una hoja de ruta que propone una secuencia de acciones orientadas a fortalecer la gestión de procesos y de información. Su aporte académico radica en aplicar y adaptar instrumentos de evaluación existentes al contexto de una empresa metalmecánica y en mostrar cómo los hallazgos pueden traducirse en prioridades de transformación digital. Así, la consultoría proporciona una base para planificar futuras iniciativas y orientar decisiones

sobre el desarrollo de capacidades digitales. Los resultados obtenidos corresponden al diagnóstico y al diseño de la hoja de ruta. Los posibles beneficios operativos, competitivos y de sostenibilidad dependerán de la implementación de la propuesta y deberán verificarse mediante el seguimiento y la evaluación de sus resultados.

Marco Institucional

Historia y Perfil de la empresa

CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. es una empresa colombiana con más de cuatro décadas de experiencia en el diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas, consolidándose como una de las compañías más reconocidas en el sector metalmecánico y de infraestructura en Colombia y la región andina. Fundada en 1975 y con sede en la localidad de Fontibón, Bogotá D.C., esta empresa ha centrado su actividad económica en la fabricación de productos metálicos para uso estructural, clasificada bajo el código CIIU 2511, dentro del sector de la construcción y manufactura industrial pesada.

La compañía cuenta con una plantilla entre 201 y 500 empleados, y ha desarrollado proyectos relevantes en diferentes sectores estratégicos como el minero-energético (cemento, carbón, petróleo), edificaciones institucionales y comerciales, infraestructura vial y de telecomunicaciones, entre otros.

CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se ha destacado por implementar soluciones integrales que abarcan desde la ingeniería y el diseño estructural hasta la fabricación especializada y el montaje en sitio, con altos estándares de calidad, seguridad y cumplimiento. Su operación integra actividades de ingeniería, fabricación, logística y montaje, apoyadas en procesos de transformación metálica y tecnologías de manufactura especializada. En este contexto, la organización orienta sus capacidades al cumplimiento de estándares de calidad, seguridad y eficiencia operativa, relevantes en entornos industriales de alta exigencia técnica y competitiva.

El portafolio de la empresa incluye soluciones estructurales en acero para

proyectos industriales e infraestructura, tales como edificaciones metálicas, puentes, torres, plataformas, soportes y componentes metálicos especializados. Asimismo, presta servicios de ingeniería y diseño estructural, fabricación, montaje en obra y manufactura especializada mediante tecnologías CNC.

La dinámica operativa de la organización involucra múltiples procesos productivos, movimientos internos de materiales y coordinación entre áreas funcionales, condiciones que hacen relevante el fortalecimiento de capacidades tecnológicas, trazabilidad e integración de información como soporte para la gestión y la toma de decisiones.

Misión

Según lo establecido por CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. (s. f.) en su portal web oficial, la organización tiene como misión «ser una empresa moderna, dinámica, sólida y confiable en el diseño, fabricación y montaje de proyectos en acero y obras de ingeniería civil», centrando su enfoque en la mejora continua y el uso de tecnología avanzada para satisfacer las necesidades de sus clientes.

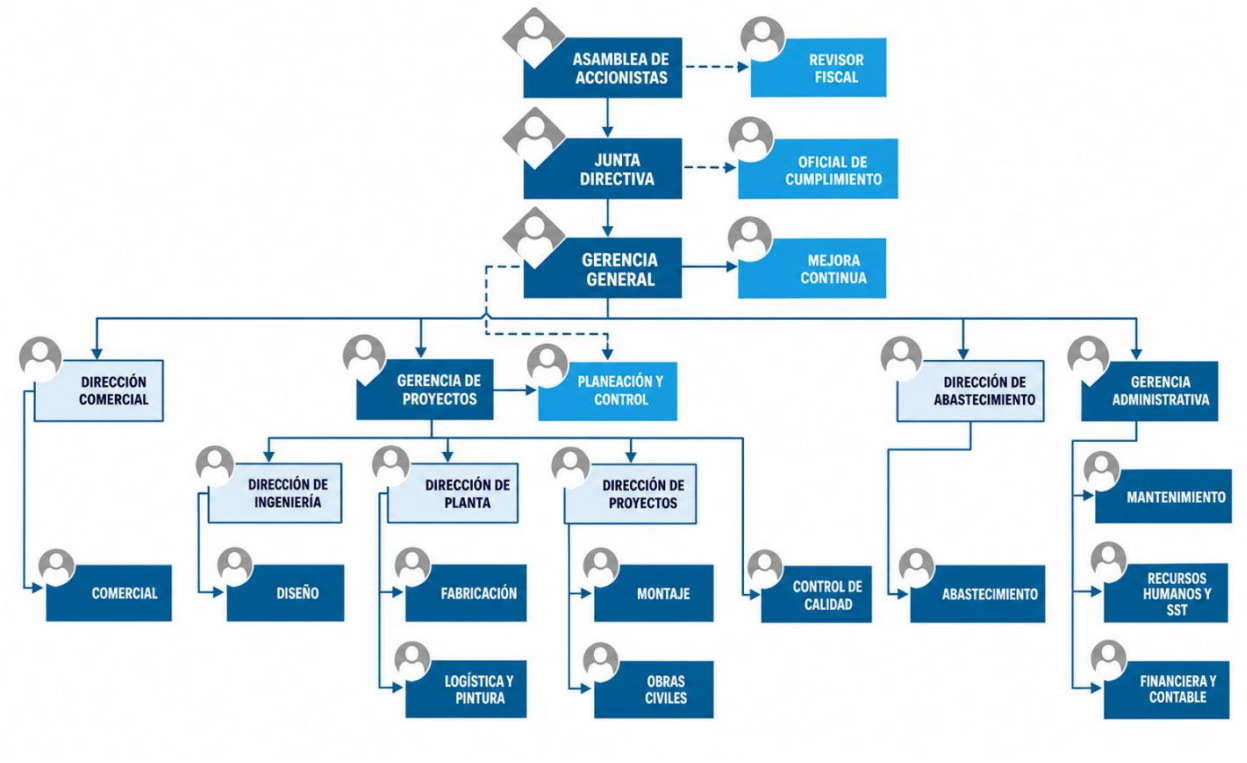
Visión

En cuanto a su proyección estratégica, CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. (s. f.) establece que la organización busca «consolidarse como un referente y líder indiscutible en el sector de la construcción en acero en Colombia y América Latina», orientando sus esfuerzos a mantenerse a la vanguardia mediante la incorporación de innovaciones tecnológicas constantes y el cumplimiento de estándares internacionales de calidad.

Estructura organizacional

CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. opera bajo una estructura organizacional funcional integrada por áreas de ingeniería, producción, logística, mantenimiento, calidad, proyectos y tecnologías de la información, las cuales soportan la ejecución de los procesos operativos y administrativos de la organización. Asimismo, integra procesos de diseño, fabricación y montaje para la ejecución de proyectos estructurales.

Ilustración 1. Organigrama CMA Ingeniería & Construcción S.A.S



Fuente: Información suministrada por la empresa

La empresa incorpora lineamientos asociados a calidad, seguridad industrial y gestión ambiental bajo enfoque HSEQ (Health, Safety, Environment and Quality), promoviendo el control operativo y el cumplimiento normativo en el desarrollo de sus actividades.

Posición en el mercado y análisis sectorial

CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. forma parte del sector de la construcción, en la subcategoría de fabricación de estructuras metálicas, un segmento que ha mostrado crecimiento sostenido en Colombia, especialmente por el desarrollo de grandes obras civiles, energéticas, comerciales y logísticas. Según datos del DANE (2023), el sector de construcción en Colombia representa más del 7% del PIB, y la industria de estructuras metálicas ha sido fundamental para responder a las necesidades de infraestructura de transporte, conectividad y urbanismo.

A nivel competitivo, esta empresa se distingue por su integración vertical, ya que no solo fabrica componentes metálicos, sino que también presta servicios de diseño e ingeniería, lo cual le permite participar en todas las etapas del proyecto y adaptarse a los requerimientos específicos de cada cliente. Esta capacidad de personalización y su enfoque técnico le otorgan ventajas frente a empresas que solo operan como subcontratistas o fabricantes.

Aunque el mercado está compuesto por empresas grandes y medianas, CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se ha posicionado como una empresa de referencia nacional, compitiendo en licitaciones públicas y privadas y desarrollando proyectos de impacto regional. La combinación de experiencia, capacidad instalada, tecnología avanzada y cumplimiento normativo ha consolidado su reputación como un proveedor confiable en infraestructura metálica, con oportunidades de expansión hacia mercados internacionales.

Contexto para la consultoría

El contexto organizacional de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. permite

comprender las condiciones bajo las cuales se desarrollan sus procesos productivos y la importancia de fortalecer la eficiencia operativa en entornos industriales caracterizados por múltiples etapas de transformación de materiales, coordinación interáreas y alta dependencia de información operativa.

En este sentido, el análisis de las capacidades tecnológicas y de integración operativa que soportan la operación y la gestión del flujo interno de materiales permite identificar oportunidades de mejora asociadas a trazabilidad operativa, interoperabilidad, integración de información y fortalecimiento de capacidades digitales orientadas a la gestión y la toma de decisiones basada en datos.

La comprensión de estas condiciones proporciona el marco de referencia para el desarrollo del diagnóstico integrado y la formulación de propuestas orientadas al fortalecimiento de la eficiencia operativa, la integración organizacional y la evolución progresiva de capacidades tecnológicas y digitales.

Marco Contextual

Benchmarking tecnológico

El benchmarking tecnológico se emplea en esta consultoría como una herramienta de análisis comparativo orientada a identificar brechas de digitalización, interoperabilidad y gestión de la información frente a referentes del sector metalmecánico. Este análisis permite contrastar las capacidades actuales de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. con tendencias relacionadas con integración operativa, trazabilidad y transformación digital, sirviendo como soporte para la formulación de la hoja de ruta de transformación digital propuesta.

Gestión de la cadena de suministro y trazabilidad

La gestión eficiente de la cadena de suministro es fundamental para garantizar la continuidad operativa y la coordinación del flujo de materiales a lo largo de los procesos productivos. CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. desarrolla proyectos de alta variabilidad y mantiene una operación intensiva en movimientos de materiales. Deloitte (2019) señala que las cadenas de suministro digitales incrementan la visibilidad de extremo a extremo, mejoran la sincronización de procesos y fortalecen la capacidad de respuesta organizacional. Según Chopra y Meindl (2016), la sincronización entre la demanda y la operación interna requiere mecanismos que incrementen la visibilidad de la cadena de suministro y permitan responder oportunamente a cambios o interrupciones.

Los sistemas de gestión de almacenes (WMS) permiten controlar la ubicación, el estado y el movimiento de los inventarios, contribuyendo a optimizar el uso del espacio, reducir tiempos de inactividad y disminuir movimientos innecesarios. De manera

complementaria, las tecnologías RFID facilitan el seguimiento automatizado de materiales y productos durante su desplazamiento por la planta, mejorando la eficiencia logística, la precisión de los registros y la planificación operativa (Sabbaghi & Vaidyanathan, 2008). Lambert et al. (2008) destacan que estas capacidades favorecen la continuidad operativa, reducen pérdidas y errores logísticos y proporcionan información confiable para la toma de decisiones.

Gestión estratégica de proveedores

La gestión estratégica de proveedores es un componente esencial en organizaciones industriales que operan bajo esquemas de producción por proyecto o pedido, como CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. La dependencia de insumos nacionales e importados exige mecanismos que permitan asegurar la calidad, disponibilidad y oportunidad de los materiales, reduciendo el riesgo de retrasos en la producción y fortaleciendo la confiabilidad de la operación.

El modelo propuesto por Kraljic (1983) establece una matriz de segmentación que permite clasificar a los proveedores según el nivel de riesgo de suministro y la importancia estratégica de los insumos, facilitando la definición de estrategias diferenciadas de gestión. Asimismo, Chopra y Meindl (2016) señalan que una cadena de suministro coordinada no solo garantiza el flujo continuo de materiales, sino que también contribuye a la eficiencia operativa y a la capacidad de respuesta de la organización.

Marco Conceptual

Transformación digital y capacidades organizacionales

La transformación digital no se limita a la incorporación de tecnologías, sino que implica la evolución de capacidades organizacionales, procesos y mecanismos de gestión orientados a mejorar la integración, la toma de decisiones y la generación de valor. Westerman et al. (2011) señalan que los procesos de transformación digital requieren fortalecer capacidades digitales organizacionales antes de implementar integraciones tecnológicas avanzadas, permitiendo que la tecnología se articule de manera efectiva con la estrategia, los procesos y la operación empresarial.

Gestión por procesos

La gestión por procesos constituye un enfoque organizacional que concibe a las organizaciones como un conjunto de procesos interrelacionados que transforman recursos en productos o servicios para generar valor. Desde esta perspectiva, el desempeño organizacional depende de la adecuada articulación entre actividades, personas, recursos e información, promoviendo una visión transversal que supera la gestión aislada por áreas funcionales (Hammer & Champy, 2006).

Este enfoque busca identificar, analizar, controlar y mejorar continuamente los procesos mediante la estandarización de actividades, la eliminación de restricciones, el seguimiento del desempeño y la optimización de los flujos de trabajo. Para ello, resulta fundamental disponer de información confiable que permita evaluar indicadores relacionados con tiempos de ciclo, productividad, calidad, utilización de recursos y cumplimiento de objetivos, facilitando la toma de decisiones orientada a la mejora continua (Harrington, 1991).

En la presente consultoría, la gestión por procesos orienta el diagnóstico integrado y la hoja de ruta propuesta, enfocando el fortalecimiento progresivo de las capacidades digitales en la optimización del flujo interno de materiales, la integración de procesos y la gestión de la información como soporte para la transformación digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Gestión de la información y gobernanza de datos

La gestión de la información comprende el conjunto de procesos, políticas y mecanismos orientados a capturar, organizar, almacenar, integrar, proteger y utilizar la información de manera eficiente para apoyar la operación, la coordinación entre procesos y la toma de decisiones organizacionales. Su propósito es garantizar que la información esté disponible, sea confiable, oportuna y útil para generar valor dentro de la organización, convirtiéndose en un activo estratégico para el logro de los objetivos institucionales (Davenport, 1994).

Para alcanzar este propósito, la gestión de la información requiere estructuras organizacionales y mecanismos que aseguren la calidad, consistencia y disponibilidad de los datos a lo largo de su ciclo de vida. En este contexto, la gobernanza de datos constituye el marco de referencia que establece políticas, roles, responsabilidades, estándares y mecanismos de control para garantizar la calidad, integridad, disponibilidad, seguridad y uso adecuado de la información (DAMA International, 2017).

La gobernanza de datos favorece la consolidación de fuentes únicas de información, reduce inconsistencias derivadas de datos duplicados o fragmentados y fortalece la interoperabilidad entre procesos y plataformas tecnológicas. Asimismo, proporciona las bases necesarias para soportar procesos de integración, trazabilidad,

analítica y toma de decisiones basada en datos, convirtiéndose en un habilitador fundamental de los procesos de transformación digital.

Interoperabilidad en ecosistemas empresariales

La interoperabilidad se define como la capacidad de sistemas heterogéneos para intercambiar información y utilizarla de forma precisa y automática (IEEE, 1990). Este concepto integra dimensiones técnicas, semánticas y organizacionales necesarias para asegurar que el significado y la consistencia de los datos se conserven durante su intercambio entre diversas plataformas (Vernadat, 2010).

En entornos empresariales, la interoperabilidad permite reducir los silos de información y facilitar flujos de datos continuos y sincronizados entre los procesos operativos, administrativos y analíticos. Estas capacidades constituyen un habilitador fundamental para la integración organizacional, la trazabilidad y el aprovechamiento estratégico de la información, favoreciendo además la evolución hacia cadenas de suministro digitales más conectadas y resilientes (Deloitte, 2019).

Teoría de las restricciones (TOC) con enfoque informacional

La Teoría de las Restricciones (TOC), propuesta por Goldratt (1984), plantea que el desempeño de un sistema está condicionado por un número limitado de restricciones o cuellos de botella que afectan el flujo general de la operación. Goldratt y Cox (2016) señalan que su identificación y gestión resultan fundamentales para mejorar la continuidad operativa y el desempeño organizacional.

En la presente consultoría, la TOC se aborda desde un enfoque informacional, dado que la fragmentación de la información y la baja integración entre sistemas limitan la visibilidad y el monitoreo oportuno de los procesos, dificultando la optimización del

flujo interno de materiales. Frente a esta restricción, la hoja de ruta de transformación digital busca fortalecer las capacidades de interoperabilidad, trazabilidad e integración de la información como soporte para la gestión operativa y la toma de decisiones mediante información integrada y oportuna.

Optimización operativa bajo el enfoque Digital Lean

La optimización operativa corresponde al conjunto de estrategias orientadas a mejorar el desempeño de los procesos mediante la reducción de actividades que no agregan valor, el uso eficiente de los recursos y el incremento de la productividad, buscando aumentar el valor generado para la organización sin elevar proporcionalmente los costos operativos (Slack et al., 2022). Desde la gestión por procesos, las organizaciones se conciben como sistemas integrados de actividades interdependientes, por lo que la optimización implica comprender las relaciones entre procesos, identificar restricciones y mejorar la coordinación entre las áreas funcionales para incrementar la eficiencia, la calidad y la capacidad de respuesta (Hammer & Champy, 2006; Harrington, 1991).

En entornos industriales, la optimización operativa depende cada vez más de la disponibilidad de información confiable sobre el comportamiento de los procesos. La captura, integración y análisis de datos permiten identificar cuellos de botella, tiempos improductivos, acumulación de inventario en proceso (WIP), reprocesos y otras restricciones que afectan la continuidad del flujo productivo, facilitando la implementación de acciones de mejora sustentadas en evidencia objetiva (Davenport & Harris, 2017).

La filosofía *Lean Manufacturing*, sustentada en la eliminación de desperdicios y

la mejora continua (Womack & Jones, 2003; Liker, 2004), amplía su alcance cuando se integra con tecnologías digitales propias de la Industria 4.0, dando origen al enfoque *Digital Lean*. Este enfoque combina capacidades de captura de datos, interoperabilidad, monitoreo en tiempo real y analítica para fortalecer el control operativo y acelerar los procesos de mejora continua (Sanders et al., 2016; Mayr et al., 2018).

En la presente consultoría, la optimización operativa se aborda desde una perspectiva integral que articula el análisis del layout, el flujo interno de materiales, la trazabilidad del material en proceso (WIP), la interoperabilidad y la gestión de la información. Bajo este enfoque, la hoja de ruta propuesta concibe la transformación digital como un habilitador para fortalecer progresivamente las capacidades organizacionales y tecnológicas necesarias para mejorar el desempeño de los procesos y promover la mejora continua.

Toma de decisiones basada en datos (Data-Driven)

La toma de decisiones basada en datos (*Data-Driven Decision Making*) corresponde a un enfoque de gestión mediante el cual las decisiones estratégicas, tácticas y operativas se fundamentan en el análisis de datos confiables, oportunos y relevantes, reduciendo la dependencia exclusiva de la intuición y favoreciendo decisiones sustentadas en evidencia (Provost & Fawcett, 2013). Para ello, es indispensable disponer de procesos estructurados de captura, integración, aseguramiento de la calidad y análisis de la información, apoyados por mecanismos de gobierno de datos e interoperabilidad que permitan consolidar una visión integral de la organización (DAMA International, 2017; Davenport & Harris, 2017).

Dentro de este enfoque, los indicadores clave de desempeño (KPIs) constituyen uno de los principales mecanismos para evaluar el comportamiento de los procesos frente a objetivos previamente establecidos. Estos indicadores facilitan el seguimiento de variables relacionadas con productividad, tiempos de ciclo, utilización de recursos, trazabilidad, calidad y cumplimiento, permitiendo identificar desviaciones y apoyar la implementación de acciones de mejora (Parmenter, 2020).

El aprovechamiento de los KPIs se fortalece mediante capacidades de Business Intelligence (BI), las cuales permiten integrar información proveniente de múltiples fuentes, estructurar modelos analíticos y presentar los resultados mediante tableros de control y reportes ejecutivos para apoyar el monitoreo organizacional y la toma de decisiones (Kimball & Ross, 2013; Sharda et al., 2018).

(Brynjolfsson & McElheran, 2016) señalan que las organizaciones orientadas por datos pueden alcanzar mayores niveles de eficiencia y mejorar la asignación de recursos, al fundamentar sus decisiones en evidencia objetiva sobre el comportamiento de los procesos.

En la presente consultoría, la toma de decisiones basada en datos constituye uno de los ejes centrales de la hoja de ruta propuesta. El fortalecimiento progresivo del gobierno de datos, la interoperabilidad, la captura digital de información, el monitoreo operativo y las capacidades de Business Intelligence buscan generar información integrada y confiable que soporte la gestión de procesos, la trazabilidad del flujo interno de materiales y la toma de decisiones en los niveles operativo, táctico y estratégico de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Modelos de madurez digital: estado del arte y criterios de selección

Los modelos de madurez digital permiten evaluar el desarrollo tecnológico y organizacional, identificar brechas y orientar la evolución de capacidades relacionadas con estrategia, procesos, tecnología, cultura y gestión de la información, facilitando su alineación con los objetivos organizacionales (Kane et al., 2015; Westerman et al., 2011). Entre los principales modelos utilizados en contextos organizacionales e industriales se encuentran:

- **Capability Maturity Model Integration (CMMI):** Modelo orientado a la mejora y estandarización de procesos organizacionales mediante niveles progresivos de madurez que van desde procesos iniciales hasta procesos optimizados, promoviendo su medición, control y mejora continua (SEI, 2010).
- **Modelo Acatech – Industria 4.0 Maturity Index:** Modelo enfocado en entornos industriales y de manufactura avanzada. Evalúa la integración entre procesos físicos y digitales en contextos de Industria 4.0, a partir de dimensiones como recursos, sistemas de información, estructura organizacional y cultura (Schuh et al., 2017).
- **Modelo de madurez digital BCG (Boston Consulting Group):** Enfoque orientado a evaluar la estrategia, las capacidades digitales, la cultura y el modelo de negocio de las organizaciones durante sus procesos de adopción y transformación digital (Kane et al., 2015).
- **Modelo de madurez digital de Deloitte - Digital Maturity Model (DMM):** Modelo orientado a evaluar el nivel de desarrollo digital de las organizaciones desde una perspectiva estratégica, operativa, tecnológica y organizacional, permitiendo

diagnosticar el grado de avance en la transformación digital y establecer lineamientos para su evolución (Deloitte, 2018).

Mittal et al. (2018) señalan que los modelos de madurez digital permiten identificar brechas tecnológicas, limitaciones de integración y oportunidades de evolución digital, especialmente en empresas manufactureras caracterizadas por fragmentación de información y alta dependencia de procesos manuales.

Teniendo en cuenta estos elementos, la presente consultoría seleccionó el Digital Maturity Model de Deloitte por su enfoque integral y su capacidad para evaluar dimensiones estratégicas, organizacionales, operativas y tecnológicas. Para su aplicación en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., el modelo fue adaptado a cinco dimensiones: Estrategia y Liderazgo Digital, Cultura y Organización, Operaciones y Procesos, Tecnología y Herramientas Digitales, y Experiencia del Cliente. Esta adaptación permitió establecer una línea base de madurez digital y soportar la formulación de la hoja de ruta propuesta, especialmente en los aspectos relacionados con integración, interoperabilidad y gestión de la información (Deloitte, 2018; Westerman et al., 2011).

A continuación, en la tabla 1 se presenta un análisis comparativo de modelos de madurez digital: propósitos, dimensiones, aplicabilidad y limitaciones para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S, criterios de selección considerados para la aplicación del modelo**.**

Tabla 1. Análisis comparativo de modelos de madurez digital

Referente	Propósito	Dimensiones o componentes publicados	Unidad de análisis	Ventajas para CMA	Límites para esta consultoría
CMMI	Mejorar la capacidad y el desempeño de procesos mediante prácticas y niveles progresivos de madurez.	No plantea cinco dimensiones generales de transformación digital. CMMI 3.0 organiza prácticas en dominios como desarrollo de productos, servicios, proveedores, seguridad, datos y gestión de personas, entre otros.	Procesos y capacidades de una organización dentro de los dominios evaluados.	Ofrece criterios para examinar estandarización, control y mejora de procesos.	Por sí solo no ofrece la visión integrada de estrategia digital, experiencia del cliente, tecnología y operación que requiere el diagnóstico de CMA.
Índice de Madurez Industria 4.0 de Acatech	Orientar la transformación de empresas industriales a través de seis etapas de desarrollo.	Cuatro áreas estructurales: recursos, sistemas de información, estructura organizacional y cultura.	Capacidades de la empresa industrial y sus procesos.	Tiene una relación directa con la planta, los recursos productivos y la integración entre operación e información.	Una aplicación completa de sus etapas y áreas requeriría evidencia más detallada de capacidades industriales que la disponible para esta consultoría.
Digital Acceleration Index de BCG	Evaluar la madurez digital y comparar el avance de organizaciones o sectores para orientar prioridades de transformación.	Examina, entre otros ámbitos, estrategia digital, núcleo digital, habilitadores, liderazgo y gobierno, y nuevas formas de trabajo. BCG ha utilizado distintas cantidades de dimensiones según el estudio.	Organización; también permite análisis comparativos sectoriales mediante la metodología de BCG.	Relaciona estrategia, datos, tecnología y capacidades organizacionales.	La metodología detallada de evaluación y la base comparativa de BCG no están disponibles en el estudio de CMA; no sería riguroso afirmar que se aplicó su índice ni generar una puntuación comparable.

Digital Maturity Model presentado por Deloitte	Diagnosticar capacidades de transformación digital, identificar brechas y orientar prioridades de evolución.	Cinco dimensiones centrales publicadas: cliente, estrategia, tecnología, operaciones, y organización y cultura. El documento consultado las desarrolla en subdimensiones y criterios.	Organización y sus capacidades digitales, con posibilidad de examinar unidades y niveles de responsabilidad.	Ofrece una estructura amplia para relacionar las brechas de procesos, sistemas, gestión organizacional e información identificadas en CMA. Ideal para empresas con operaciones escalables por proyecto y nóminas fluctuantes.	Su estructura original es extensa y requiere adaptación al contexto y a las evidencias disponibles. Los resultados de un instrumento adaptado no equivalen a una evaluación oficial ni son directamente comparables con puntuaciones del modelo completo.

Fuente: Elaboración propia

La selección del referente para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. consideró cuatro criterios: cobertura de aspectos estratégicos, organizacionales, operativos y tecnológicos; pertinencia frente a las brechas de trazabilidad e integración de información identificadas en la empresa; posibilidad de aplicar un instrumento con las fuentes disponibles (entrevistas, observación y documentación); y utilidad de los resultados para priorizar una hoja de ruta. Acatech presenta una correspondencia especialmente fuerte con el entorno industrial, mientras que CMMI profundiza en la mejora de procesos y BCG ofrece una perspectiva amplia de transformación. Se tomó el modelo presentado por Deloitte como referente principal porque su estructura permite integrar los distintos componentes del diagnóstico de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. en una evaluación organizacional y vincular los hallazgos con prioridades de transformación. Esta elección es metodológica para el caso estudiado; no supone que los otros modelos sean inferiores en términos generales.

Diseño Metodológico de la Consultoría

Tipo de estudio

La presente investigación corresponde a un estudio descriptivo-propositivo, desarrollado bajo un enfoque cualitativo y de corte transversal, enmarcado en la modalidad de consultoría profesional. Su componente descriptivo se orienta al análisis de los procesos operativos, flujos de información y capacidades tecnológicas de la organización (Hernández-Sampieri et al., 2014), mientras que el componente propositivo busca formular una hoja de ruta estratégica orientada al fortalecimiento de capacidades de gestión, trazabilidad y transformación digital.

Enfoque metodológico

El enfoque metodológico es predominantemente cualitativo, fundamentado en el análisis e interpretación de información obtenida mediante observación directa, entrevistas semiestructuradas y aplicación de modelos de madurez digital. Este enfoque permite comprender la relación entre tecnología, procesos operativos y gestión de la información en la organización. Asimismo, el estudio es de corte transversal, debido a que la información fue recolectada en un único momento para establecer una línea base orientada a la formulación de decisiones estratégicas.

Métodos e instrumentos de recolección de información

Para el diagnóstico se utilizaron diferentes métodos e instrumentos de recolección de información orientados al análisis de los componentes físico-operativo, organizacional y tecnológico. La información obtenida permitió identificar hallazgos, brechas y oportunidades de mejora que sirvieron de base para la construcción de la

hoja de ruta de transformación digital propuesta. La Tabla 2 resume los métodos, instrumentos y resultados esperados considerados durante el proceso de consultoría.

Tabla 2. Métodos e instrumentos de recolección de la información

Método	Propósito del método	Qué se buscaba analizar	Instrumento utilizado / Anexo	Resultado esperado
Observación directa en planta	Obtener información de primera mano sobre la operación y el entorno productivo.	Condiciones del entorno físico, flujo de materiales, distribución física, movimientos internos, restricciones operativas, uso del espacio y soporte tecnológico en planta.	Instrumento para la Observación y Recolección de Datos de Procesos en Planta (Anexo A).	Identificación de hallazgos físico-operativos, restricciones operativas, cuellos de botella, ineficiencias y oportunidades de mejora del flujo productivo.
Mapeo de procesos y análisis del layout	Representar el estado actual de los procesos y la distribución física de la planta.	Secuencia de actividades, recorridos de materiales, cruces de flujo, zonas de congestión y relación entre áreas operativas.	Mapa de procesos AS-IS y Plano de distribución (layout) de planta.	Identificación de restricciones físicas y oportunidades de optimización del flujo interno de materiales y productos.
Análisis documental	Caracterizar el contexto organizacional y sectorial de la empresa.	Información financiera, operativa, estructura organizacional, desempeño empresarial y tendencias del sector metalmecánico.	Documentación interna, EMIS (Emerging Markets Information Service), informes corporativos y literatura especializada.	Línea base organizacional y contextualización de las condiciones de CMA frente al sector.
Entrevistas semiestructuradas	Recopilar información sobre procesos, soporte tecnológico y necesidades de mejora.	Uso de herramientas tecnológicas, digitalización, monitoreo, control operativo, integración de información y soporte tecnológico.	Instrumento de Entrevista para evaluación del soporte tecnológico en las Áreas Operativas (Anexo B) e Instrumento de Entrevista para el Área de TI (Anexo C).	Identificación de brechas tecnológicas, limitaciones operativas y oportunidades de transformación digital.

Evaluación de madurez tecnológica	Determinar el nivel de desarrollo de las capacidades digitales de la organización.	Estrategia digital, cultura organizacional, operaciones y procesos, tecnología y experiencia del cliente.	Instrumento de Evaluación de Madurez Tecnológica basado en el Modelo de Madurez Digital de Deloitte (Anexo D).	Determinación del nivel de madurez digital e identificación de fortalezas y oportunidades de mejora (Anexo F).
Benchmarking sectorial	Comparar el desempeño tecnológico de CMA frente a referentes del sector.	Buenas prácticas, capacidades digitales, integración tecnológica, automatización y transformación digital.	Instrumento de benchmarking basado en el Modelo de Madurez Digital de Deloitte (Anexo E).	Identificación de brechas competitivas, referentes sectoriales y oportunidades de fortalecimiento organizacional (Anexo G).

Fuente: Elaboración propia

Los instrumentos de recolección de información fueron diseñados y validados por la organización, el equipo consultor y el acompañamiento académico. El Anexo A estuvo orientado al levantamiento de información sobre flujos de materiales, interacción entre procesos y condiciones operativas en planta. El Anexo B permitió evaluar el nivel de uso y soporte tecnológico en las áreas operativas, mientras que el Anexo C se enfocó en caracterizar la infraestructura tecnológica, los sistemas de información y los mecanismos de integración y soporte desde la perspectiva del área de Tecnologías de la Información (TI).

Como complemento, para el análisis de los procesos y de la distribución física se emplearon como insumos un mapa de procesos AS-IS, utilizado para representar la secuencia de actividades, responsables y flujo interno de materiales, y el plano de distribución (layout) de la planta, empleado para analizar la disposición de las áreas operativas, maquinaria, zonas de almacenamiento y circulación interna. La información obtenida mediante estos instrumentos e insumos constituyó la base para el análisis

integrado de los procesos operativos, el flujo interno de materiales y la distribución física de la planta, permitiendo identificar restricciones operativas, oportunidades de mejora y brechas tecnológicas que posteriormente sustentaron el diagnóstico y la formulación de la hoja de ruta de transformación digital.

Adaptación del Modelo de Madurez Digital de Deloitte (DMM)

La evaluación del nivel de madurez digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se fundamentó en el *Digital Maturity Model* (DMM) de Deloitte. Para responder a las características de la operación, la estructura organizacional y la variabilidad del personal asociado a los proyectos, se realizaron adaptaciones metodológicas tomando como referencia la estructura del modelo, con el propósito de contextualizar la evaluación a las condiciones particulares de la organización.

- Mantenimiento y ajuste Conceptual de las 5 Dimensiones: Se tomaron como referencia las dimensiones del modelo y se estructuraron cinco dimensiones adaptadas para la evaluación de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.: Estrategia y liderazgo digital, Cultura y organización, Operaciones y procesos, Tecnología y herramientas digitales y Experiencia del cliente. A partir de esta estructura, las 20 preguntas del instrumento de evaluación fueron contextualizadas al modelo de negocio industrial (B2B) bajo pedido. Se reemplazaron indicadores de consumo masivo por variables de manufactura metálica: interoperabilidad entre el sistema contable (SIIGO) y aplicativos de seguimiento (SAMM/Gespro), automatización en corte/ensamble, trazabilidad de piezas y gestión digital de proveedores de acero.
- Inclusión del Nivel 0 en la Escala de Valoración (Escala 0 a 5): Se incorporó la categoría 0 (No existe la práctica o recurso) a la escala ordinal. Esto permitió

diagnosticar con precisión aquellas variables donde la empresa carece totalmente de tecnología (como la nula adopción de IoT, Inteligencia Artificial o Cloud Computing).

- Procedimiento de Cálculo de Madurez: La madurez por dimensión corresponde a la media aritmética de sus 4 preguntas evaluadas. La madurez global del sistema corresponde al promedio de las 5 dimensiones, sustentando matemáticamente el diagnóstico consolidado en el capítulo de resultados.

Adicionalmente, como complemento al diagnóstico, se realizó un ejercicio de benchmarking sectorial basado en las dimensiones adaptadas del Modelo de Madurez Digital de Deloitte. El análisis contrastó las puntuaciones obtenidas por CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. con referentes sectoriales, buenas prácticas y tendencias de transformación digital identificadas en literatura especializada y estudios del sector.

Asimismo, se seleccionó como referente comparativo la organización con mayor nivel de desarrollo relativo dentro del grupo analizado, con el propósito de identificar brechas y oportunidades de mejora relacionadas con la eficiencia operativa, la integración tecnológica y la gestión de procesos (Deloitte, 2018; Porter, 2008).

Población y muestra

La población objeto de estudio estuvo conformada principalmente por colaboradores relacionados con procesos operativos, logísticos y tecnológicos de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. La empresa cuenta con un equipo base aproximado de 19 colaboradores permanentes y personal temporal contratado según las necesidades de producción, alcanzando en algunos casos 500 personas. No obstante, debido al carácter temporal y rotativo de este personal, así como a su limitada participación en procesos de gestión organizacional y tecnológica, no fue incluido

dentro de la muestra de entrevistas y encuestas.

Para la recolección de información se empleó un muestreo estratégico por conveniencia, seleccionando participantes con conocimiento directo de los procesos operativos, tecnológicos y de integración organizacional, con el fin de fortalecer la validez del diagnóstico mediante triangulación de información. De los cuales se relacionan:

- **Jefe de Planta:** Aportó información sobre distribución operativa, flujo de materiales y puntos críticos de trazabilidad.
- **Director Comercial:** Participó en temas asociados a proveedores, abastecimiento y tiempos de entrega, coordinación con compras y afectaciones por demoras.
- **Supervisores operativos, personal administrativo y líderes de fabricación:** aportaron información sobre necesidades tecnológicas y restricciones operativas.
- **Responsables del área de logística y abastecimiento**: Suministraron información sobre movimientos de materiales, inventarios y coordinación interáreas.
- **Responsable del área de tecnología:** Participó en la caracterización de infraestructura, sistemas implementados y retos de integración tecnológica.

Técnicas de análisis de la información

La información recolectada fue analizada mediante técnicas orientadas a estructurar y validar los hallazgos del diagnóstico. Entre las principales se encuentran:

- **Procedimiento de análisis cualitativo:** El análisis cualitativo se desarrolló a partir de las respuestas registradas en las entrevistas semiestructuradas, las notas de observación en planta y la documentación examinada durante la consultoría. Los registros se organizaron según su fuente, el proceso al que hacían referencia y el

componente del diagnóstico correspondiente. Posteriormente, se identificaron temas relacionados con el flujo y la ubicación de materiales, la coordinación entre áreas, la gestión de información, el uso de sistemas y los mecanismos de seguimiento y control.

Las situaciones identificadas se agruparon por semejanza y se contrastaron entre las fuentes disponibles. Las dificultades mencionadas por los participantes se compararon, cuando fue posible, con las condiciones observadas en planta y con los registros documentales. Este contraste permitió diferenciar condiciones observadas directamente, percepciones de los participantes e interpretaciones de las consultoras. Los resultados de la evaluación de madurez digital se utilizaron como información complementaria para examinar la coherencia de las brechas identificadas.

Los hallazgos se clasificaron como físico-operativos (HF), organizacionales (HO), tecnológicos (HT) o transversales (HTR). La relación entre estos permitió formular los hallazgos integrados estratégicos (HI), que sintetizan restricciones compartidas entre los componentes. La revisión de las interpretaciones se sustentó en el contraste de fuentes y en la correspondencia entre los registros y los hallazgos. Las afirmaciones sin corroboración suficiente deben mantenerse identificadas como percepciones o interpretaciones, indicando sus limitaciones.

- **Criterios de valoración cualitativa de los componentes:** Las categorías bajo, medio y alto se utilizan como descriptores cualitativos para sintetizar las condiciones identificadas. Su asignación requiere relacionar cada aspecto evaluado con un criterio explícito y con evidencias registradas. Estas categorías no constituyen puntuaciones calculadas ni mediciones estadísticas.

Para capacidades como articulación entre áreas, integración de información, estandarización, trazabilidad y control, la categoría baja corresponde a prácticas ausentes, aisladas o predominantemente informales; la categoría media describe prácticas parcialmente establecidas, con diferencias entre áreas o limitaciones de cobertura y continuidad; y la categoría alta corresponde a prácticas formalizadas y utilizadas consistentemente en los procesos examinados.

Para condiciones problemáticas, como congestión o dependencia manual, la categoría baja describe una presencia ocasional con efectos limitados; la categoría media identifica situaciones localizadas y recurrentes que requieren ajustes; y la categoría alta corresponde a situaciones recurrentes que dificultan de manera importante la coordinación, continuidad o seguimiento de los procesos examinados. Por tanto, una categoría alta representa mayor desarrollo cuando se valora una capacidad y mayor presencia de la restricción cuando se valora una condición problemática.

Cuando las evidencias muestran diferencias entre áreas o procesos, estas se explicitan en la descripción, en lugar de utilizar categorías intermedias sin definición. Si la información disponible no permite sustentar una valoración, se indica evidencia insuficiente. La falta de información no se interpreta automáticamente como ausencia de una capacidad.

Las puntuaciones de madurez digital se interpretan mediante los criterios del instrumento aplicado y se mantienen diferenciadas de estas valoraciones cualitativas. Las condiciones del flujo y del espacio se describen a partir de las observaciones, sin atribuirles valores de eficiencia u ocupación que requieran mediciones no realizadas. La trazabilidad de las valoraciones debe relacionar el aspecto evaluado, el criterio

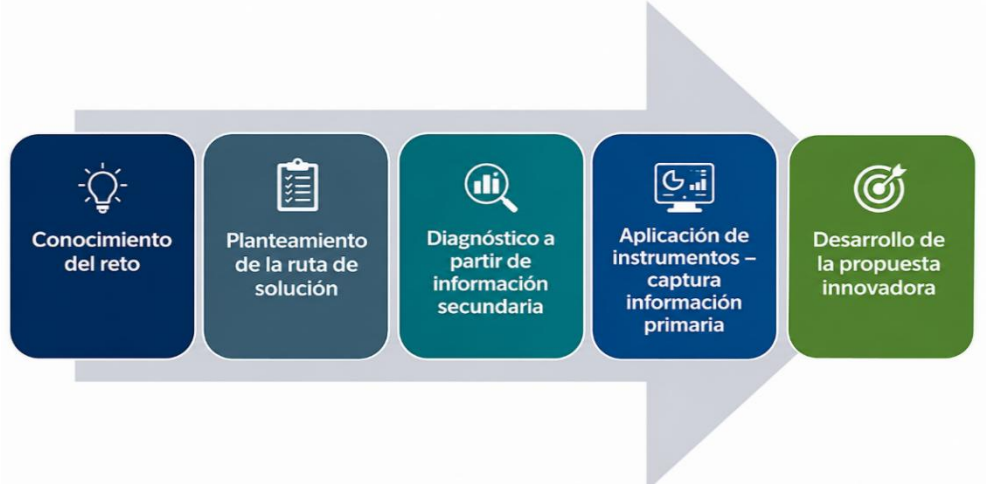
aplicado, la evidencia específica, la fuente, sus limitaciones y el hallazgo asociado.

- **Análisis temático de entrevistas:** Orientado a identificar percepciones y brechas tecnológicas desde la perspectiva de los colaboradores.
- **Herramientas estratégicas de análisis organizacional (PESTEL, DOFA, Porter y Canvas)**: Aplicadas para evaluar el entorno, las capacidades internas y el posicionamiento competitivo de la organización.
- **Triangulación metodológica (fuente primaria vs. secundaria):** Utilizada para contrastar información obtenida mediante observación, entrevistas, análisis documental, y evaluación de madurez digital.
- **Análisis comparativo de madurez digital:** Evaluación sectorial desarrollada mediante benchmarking basado en el modelo de madurez digital.

Fases de la consultoría

La consultoría se desarrolló en cinco fases metodológicas orientadas al diagnóstico organizacional y tecnológico, la recolección de información y la formulación de una propuesta de transformación digital.

Ilustración 2. Fases de Consultoría CMA Ingeniería & Construcción S.A.S



Fuente: Elaboración propia

- **Conocimiento del reto:** Análisis de procesos operativos y flujo interno de materiales.
- **Planteamiento de Ruta de solución:** Definición metodológica e instrumentos de diagnóstico.
- **Captura de información secundaria:** Análisis documental y evaluación del entorno organizacional.
- **Captura de información primaria:** Aplicación de instrumentos y evaluación de madurez digital.
- **Desarrollo Propuesta de solución:** Formulación de hoja de ruta tecnológica y lineamientos de ejecución.

A continuación, se presentan las fases metodológicas de la consultoría, actividades desarrolladas, instrumentos y resultados asociados a cada fase:

Tabla 3. Fases Metodológicas de la consultoría

Fase	Objetivo de la fase	Actividades desarrolladas	Instrumentos utilizados	Resultado Esperado

Fase 1. Conocimiento del reto	Comprender el contexto operativo y tecnológico de la organización e identificar preliminarmente restricciones operativas y brechas tecnológicas.	• Revisión preliminar de procesos operativos. • Recorridos en planta para analizar el flujo de materiales y la interacción entre procesos. • Reuniones con responsables de áreas operativas y tecnológicas. • Identificación inicial de restricciones operativas y brechas tecnológicas.	• Instrumento de observación y recolección de datos. • Mapa preliminar de procesos (AS-IS). • Layout de planta.	• Comprensión inicial de la operación. • Identificación preliminar de restricciones físicas, organizacionales y tecnológicas. • Definición del alcance del diagnóstico.
Fase 2. Definición de la ruta metodológica	Estructurar la ruta metodológica para el diagnóstico y establecer los instrumentos para la recolección y análisis de la información.	• Sistematización de hallazgos preliminares. • Definición del enfoque metodológico. • Diseño de instrumentos de recolección de información. • Definición de criterios de análisis.	• Matrices PESTEL, Porter, DOFA y Canvas. • Instrumento de evaluación de madurez digital. • Plantilla de benchmarking sectorial.	• Ruta metodológica definida. • Instrumentos de diagnóstico estructurados. • Criterios de análisis establecidos.
Fase 3. Recolección y análisis de información secundaria	Caracterizar el entorno organizacional y sectorial mediante fuentes documentales y herramientas estratégicas.	• Revisión documental. • Recolección y análisis de fuentes secundarias relacionadas con el sector y la organización. • Análisis del entorno organizacional mediante herramientas estratégicas. • Evaluación del modelo de negocio. • Revisión y análisis de información financiera disponible.	• Bases documentales y fuentes secundarias. • Matriz PESTEL. • Matriz de las cinco fuerzas de Porter. • Matriz DOFA. • Modelo Canvas.	• Identificación de factores internos y externos que afectan la operación. • Identificación de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. • Comprensión del contexto competitivo y financiero. • Contextualización estratégica de la organización dentro del sector. • Diagnóstico organizacional preliminar.

Fase 4. Recolección y análisis de información primaria	Diagnosticar las condiciones físicas, organizacionales y tecnológicas, mediante información primaria y evaluación de madurez digital.	• Observación directa de procesos en planta y registro de dinámicas operacionales. • Aplicación de entrevistas semiestructuradas. • Evaluación del soporte tecnológico. • Aplicación del Modelo de Madurez Digital de Deloitte. • Desarrollo del benchmarking sectorial.	• Instrumento de observación de procesos. • Entrevistas a áreas operativas y TI. • Instrumento de evaluación de madurez digital. • Instrumento de benchmarking sectorial.	• Diagnóstico físico-operativo, organizacional y tecnológico. • Identificación de brechas de madurez digital. • Consolidación de hallazgos diagnósticos.
Fase 5. Formulación de la propuesta de solución	Diseñar una hoja de ruta de transformación digital alineada con las necesidades identificadas.	• Integración de resultados y brechas identificadas en fases anteriores. • Priorización de necesidades de transformación. • Definición de capacidades tecnológicas requeridas. • Diseño de arquitectura de solución. • Construcción de hoja de ruta por oleadas. • Definición de indicadores y lineamientos de implementación.	• Resultados del diagnóstico integrado. • Matriz de priorización de necesidades tecnológicas. • Matriz de dependencias tecnológicas. • Referentes sectoriales y tecnológicos. • Hoja de ruta tecnológica (roadmap). • Matriz de indicadores de desempeño (KPIs).	• Hoja de ruta de transformación digital. • Arquitectura general de solución. • KPIs de seguimiento. • Lineamientos para la implementación tecnológica.

Fuente: Elaboración propia

Recolección de Datos

La recolección de datos se realizó mediante fuentes cuantitativas y cualitativas. Los datos cuantitativos se obtuvieron a través de encuestas aplicadas al personal de las áreas operativas y logísticas, mientras que los datos cualitativos provinieron de entrevistas semiestructuradas a líderes de proceso y observación directa en planta.

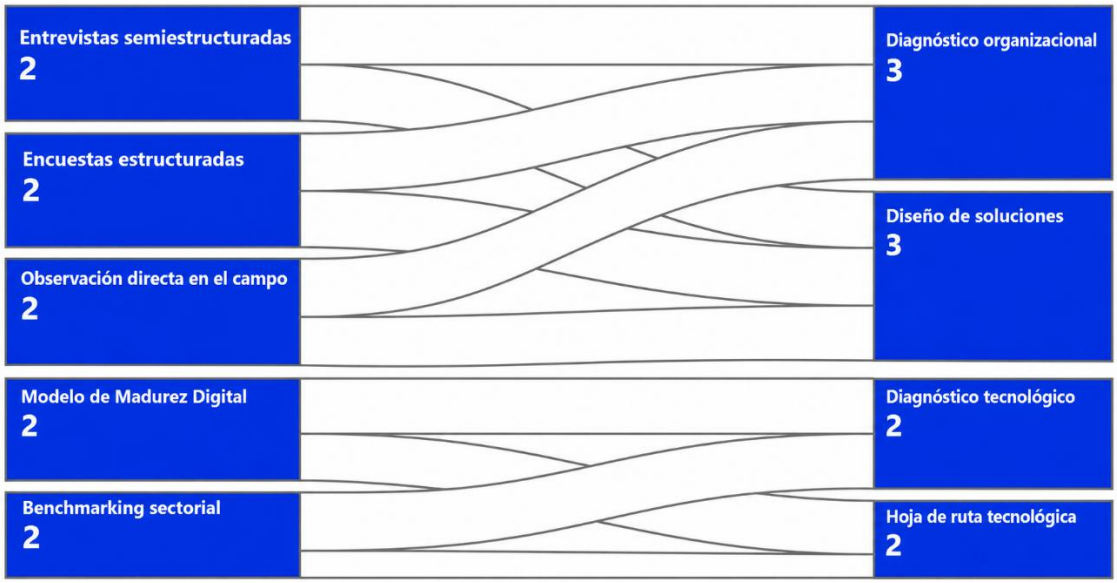
Análisis de la Información

Para el análisis de la información cualitativa se aplicó un proceso de codificación temática que permitió clasificar las respuestas, identificar patrones, brechas tecnológicas y oportunidades de mejora. La sistematización de la información y la construcción de matrices de análisis se realizaron mediante Microsoft Excel. El procedimiento detallado para el tratamiento de estos datos cualitativos se describe en el apartado Técnicas de análisis de la información.

La Ilustración 3 representa cómo las fuentes utilizadas en la consultoría se relacionan con los componentes del diagnóstico y con la formulación de la hoja de ruta. Las entrevistas semiestructuradas y la observación directa aportaron información cualitativa sobre la operación, la coordinación entre áreas y el uso de la tecnología. Las encuestas y la evaluación de madurez digital aportaron resultados estructurados; el análisis documental y el benchmarking proporcionaron información de contexto y contraste.

Las conexiones del diagrama muestran qué fuentes se consideraron para interpretar cada componente. El contraste entre ellas se realizó durante el análisis de los registros y la consolidación de hallazgos, como se explica en el procedimiento de análisis cualitativo y se documenta en el anexo H. Por tanto, el diagrama sintetiza la ruta de integración de la información, mientras que la evidencia específica que sustenta cada hallazgo se consulta en los instrumentos y anexos correspondientes.

Ilustración 3. Triangulación Metodológica - Diagrama Sankey



Fuente: Elaboración propia

De igual forma, la tabla 4 explica el aporte de cada una de las fuentes de datos al análisis de la información.

Tabla 4. Fuentes de datos – Análisis de la información

	Fuente de datos
Entrevistas semiestructuradas	Aportaron percepciones estratégicas y operativas.
Encuestas estructuradas	Permitieron medir el nivel de soporte tecnológico y digitalización.
Observación directa en planta	Evidenció dinámicas reales de operación y trazabilidad.
Modelo de Madurez Digital (Deloitte)	Evaluó el nivel de desarrollo tecnológico.
Benchmarking sectorial	Comparó el estado de CMA frente a empresas similares.

Fuente: Elaboración propia

Metodología para el Diagnóstico

La metodología de diagnóstico se desarrolló bajo el enfoque Digital Lean, orientado al análisis de procesos, identificación de restricciones operativas y fortalecimiento de capacidades tecnológicas y de gestión de información. Este enfoque permitió evaluar dinámicas operativas, flujo de materiales, interoperabilidad y nivel de

digitalización de la organización, integrando herramientas de análisis organizacional, observación en planta y evaluación de madurez digital.

A continuación, se describen los principales etapas y herramientas aplicadas durante el proceso de diagnóstico y formulación de la propuesta de solución.

Tabla 5. Enfoque Digital Lean - Metodología para el diagnóstico

Etapas de Digital Lean	Propósito	Aplicación en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.
Definición del valor y alineación estratégica	Identificar necesidades operativas, objetivos de transformación y capacidades prioritarias.	Se realizaron reuniones con líderes de área y recorridos en planta para delimitar el alcance del diagnóstico y priorizar necesidades relacionadas con trazabilidad, integración de información y eficiencia operativa.
Mapeo y entendimiento del estado actual	Analizar procesos, flujos operativos y puntos de desperdicio o desconexión.	Se efectuó observación directa, entrevistas y mapeo de procesos AS-IS para analizar el flujo interno de materiales, la interacción entre áreas y las dinámicas operativas de la organización.
Análisis de brechas y restricciones operativas	Identificar ineficiencias, causas raíz y oportunidades de mejora organizacional y tecnológica.	Se aplicaron herramientas de análisis organizacional, benchmarking sectorial y el Modelo de Madurez Digital de Deloitte para evaluar restricciones operativas, nivel de digitalización y brechas de integración tecnológica.
Diseño de soluciones digitales y operativas	Formular soluciones orientadas a eficiencia, integración y digitalización progresiva.	Se estructuraron propuestas de fortalecimiento tecnológico y operativo mediante lineamientos de integración, trazabilidad, interoperabilidad y digitalización progresiva.
Monitoreo y gestión basada en datos	Establecer mecanismos de seguimiento y control mediante indicadores y monitoreo continuo.	Se definieron indicadores operativos, tecnológicos y financieros orientados al seguimiento de eficiencia, trazabilidad y evolución de capacidades digitales.
Mejora continua y evolución digital	Promover evolución progresiva de capacidades digitales y sostenibilidad operativa.	Se formuló una hoja de ruta tecnológica organizada por oleadas de implementación para fortalecer capacidades de integración y monitoreo operativo.

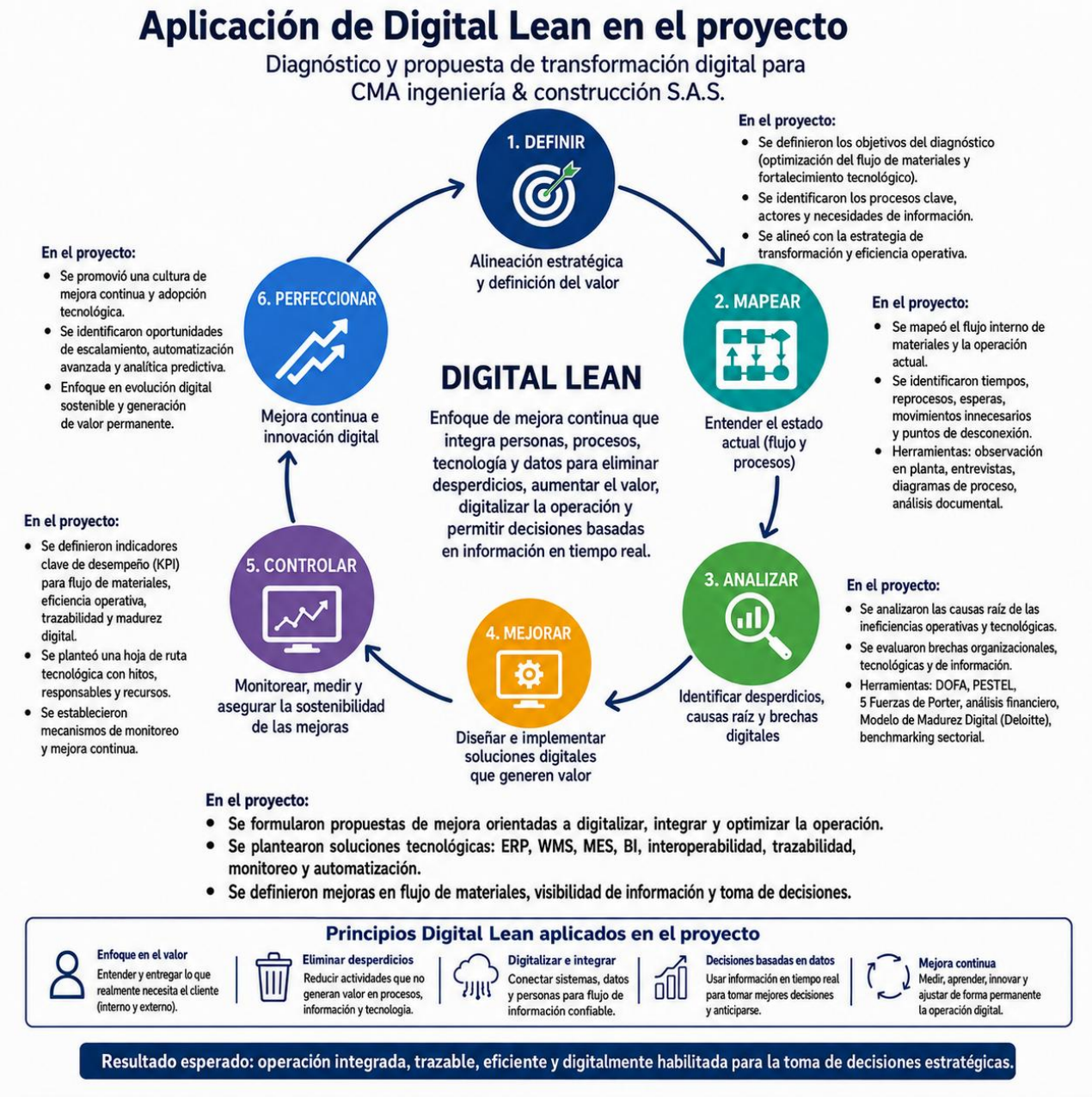
Fuente: Elaboración propia

El enfoque Digital Lean permitió estructurar el diagnóstico de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. mediante el análisis de procesos, identificación de restricciones

operativas y evaluación de capacidades digitales, integrando herramientas de análisis organizacional, observación operativa y evaluación de madurez digital. Este enfoque permitió desarrollar un diagnóstico integral orientado a identificar restricciones operativas, brechas tecnológicas y oportunidades de mejora para la formulación de la hoja de ruta tecnológica.

La ilustración 4 resume la aplicación del ciclo Digital Lean en la consultoría, relacionando sus etapas con las actividades desarrolladas durante el diagnóstico y la formulación de la hoja de ruta tecnológica.

Ilustración 4. Aplicación del ciclo Digital Lean – Metodología para el diagnóstico



Fuente: Elaboración propia

Herramientas para la Consultoría

Con el fin de analizar la información recopilada durante el diagnóstico y estructurar la propuesta de mejora para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., se

emplearon diferentes herramientas de análisis estratégico, operativo y tecnológico. Estas herramientas permitieron interpretar los hallazgos obtenidos, identificar brechas y oportunidades de mejora, y sustentar la formulación de la hoja de ruta de transformación digital propuesta para la organización. La Tabla 6 presenta las principales herramientas utilizadas, su propósito, alcance y resultados esperados dentro del proceso de consultoría.

Tabla 6. Herramientas para la consultoría

Ctg	Herramienta	Propósito	Alcance	Resultado esperado
Estratégicas	DOFA	Identificar factores internos y externos que afectan el desempeño organizacional.	Organización	Identificación de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.
	PESTEL	Analizar factores externos que pueden impactar la organización.	Entorno sectorial y empresarial	Identificación de variables políticas, económicas, sociales, tecnológicas, ambientales y legales relevantes para CMA.
	Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter	Evaluar el nivel de competitividad y las dinámicas del sector.	Sector metalmecánico e industrial	Identificación de presiones competitivas y oportunidades de posicionamiento.
	Modelo Canvas	Caracterizar el modelo de negocio y sus componentes estratégicos.	Organización	Comprensión de la propuesta de valor, segmentos de clientes, recursos y actividades clave.
Operativas	Mapa de procesos AS-IS	Representar y analizar el estado actual de los procesos.	Procesos operativos y administrativos	Identificación de actividades, responsables, flujos de trabajo y oportunidades de mejora.
	Análisis de layout de planta	Evaluar la distribución física de recursos y áreas operativas.	Planta de producción	Identificación de restricciones físicas, recorridos innecesarios y oportunidades de optimización del flujo interno.
Tecnológicas	Modelo de Madurez Digital de Deloitte	Evaluar el nivel de desarrollo de capacidades digitales y tecnológicas.	Organización	Diagnóstico del estado de madurez digital e identificación de brechas digitales.

	Benchmarking sectorial	Comparar capacidades tecnológicas y operativas frente a referentes del sector.	Sector metalmecánico e industrial	Identificación de buenas prácticas, referentes y oportunidades de mejora.
	Referencias tecnológicas y capacidades de implementación	Identificar capacidades funcionales y tecnológicas requeridas para soportar la transformación digital.	Procesos, tecnología y gestión de la información	Definición de capacidades y lineamientos para la hoja de ruta tecnológica.
Seguimiento	Matriz de KPIs estratégicos	Definir mecanismos de seguimiento para las iniciativas propuestas.	Procesos operativos, tecnológicos y organizacionales.	Monitoreo de eficiencia, trazabilidad, productividad y evolución de capacidades digitales.

Fuente: Elaboración propia

Las herramientas empleadas permitieron complementar el diagnóstico integral de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., facilitando el análisis de los componentes estratégico, operativo y tecnológico de la organización. Los resultados obtenidos sirvieron como base para la identificación de brechas, la definición de capacidades requeridas y la formulación de la hoja de ruta de transformación digital propuesta.

Limitaciones del estudio

Durante el desarrollo del estudio se presentaron limitaciones asociadas a la ausencia de mediciones cuantitativas sobre tiempos y distancias del flujo de materiales, acceso restringido a ciertos datos internos, limitada disponibilidad del personal operativo para participar en entrevistas o encuestas, y ausencia de información histórica consolidada sobre productividad y eficiencia de procesos. Estas limitaciones fueron mitigadas mediante observación directa, entrevistas a personal clave y uso de información cualitativa complementaria proporcionada por la organización; asimismo, se estableció que la implementación de la Oleada 1 de la hoja de ruta (captura digital y control de WIP) constituirá el mecanismo habilitador para recolectar automáticamente

estos datos cuantitativos y construir métricas históricas para mediciones futuras.

Así mismo, el análisis de la cadena de suministro para la consultoría se delimitó enfáticamente al eslabón de aprovisionamiento (Inbound Logistics), la gestión de compras de acero/materia prima y la integración con la recepción de almacén y la planta de producción. La logística externa de distribución y entrega final en obra se consideró como un elemento exógeno, dado que el foco principal del proyecto radica en la trazabilidad del material y la madurez digital en el entorno de manufactura interna de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Análisis y Diagnóstico Físico, Organizacional y Tecnológico

Componente Físico y Operativo

El componente físico–operativo analiza la relación entre la distribución de planta, el flujo interno de materiales y la ejecución de los procesos productivos en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., considerando su impacto en la eficiencia operativa y la trazabilidad de los procesos. Desde el enfoque Lean, la optimización del flujo y la reducción de desperdicios constituyen elementos clave para mejorar el desempeño operativo en entornos industriales (Womack & Jones, 2003).

Caracterización del sistema físico y operativo

Flujo general de procesos

La ilustración 5 presenta el flujo general de materiales dentro del sistema productivo, desde la recepción de materias primas hasta el despacho del producto terminado. El proceso integra actividades de transformación, control de calidad y logística, evidenciando la interacción entre áreas funcionales y la secuencia operativa de la organización.

Ilustración 5. Mapa general procesos operativos CMA



Fuente: Elaboración propia

A lo largo del proceso productivo, los materiales atraviesan diferentes estaciones

de trabajo, evidenciando la secuencia de actividades que permiten su transformación progresiva hasta convertirse en producto terminado y ser despachado al cliente.

Etapas del proceso productivo

El proceso productivo de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se desarrolla de manera secuencial, integrando actividades desde la interpretación de los requerimientos del cliente hasta la entrega del producto final.

Ilustración 6. Etapas del proceso productivo CMA



Fuente: Elaboración propia

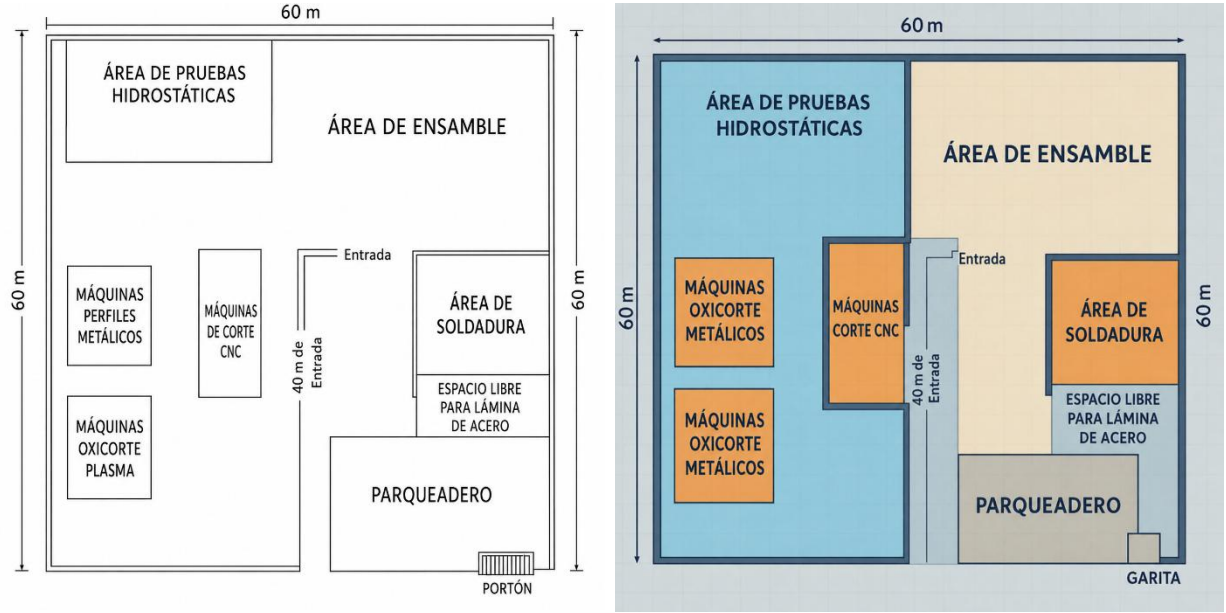
El proceso inicia con las actividades de diseño e ingeniería, donde se interpretan los requerimientos del cliente y se generan los planos y especificaciones técnicas del producto. Posteriormente, la planeación de la producción define la programación de los trabajos según la capacidad instalada, mientras que el abastecimiento gestiona la adquisición de materias primas y la coordinación con proveedores para asegurar su disponibilidad. Seguido por las etapas de transformación como corte (mediante equipos CNC, plasma, láser o métodos manuales), soldadura, ensamble (integración de componentes mediante procesos como SMAW, MIG y TIG) y pintura, donde se aplican recubrimientos y acabados técnicos. Finalmente, se realizan actividades de control de calidad, logística y despacho al cliente, garantizando el cumplimiento de estándares de calidad, tiempos de entrega y trazabilidad del producto.

Configuración física de la planta (Layout actual)

El layout de la planta de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se organiza mediante estaciones de trabajo asociadas a procesos de corte, soldadura, ensamble, pintura y despacho, junto con áreas de almacenamiento de materias primas y productos en proceso. La infraestructura incluye equipos de corte CNC, sistemas de soldadura, puentes grúa y estaciones de trabajo especializadas que soportan los procesos productivos de la organización.

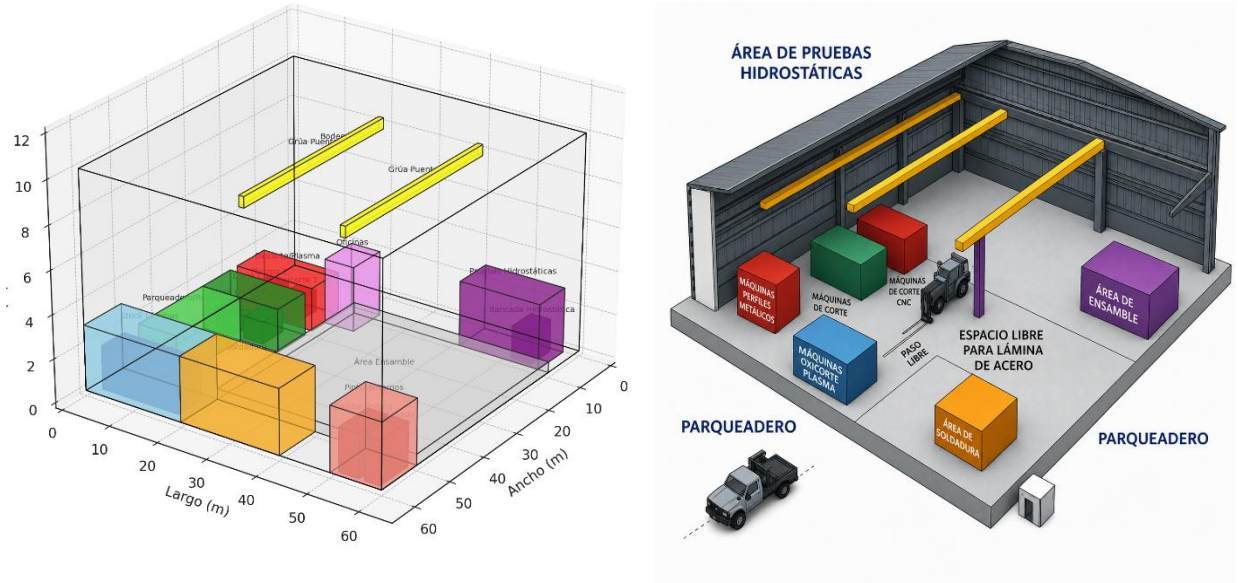
Las ilustraciones 7, 8 y 9 presentan la distribución física de la planta, incluyendo la representación en plano 2D de las estaciones de trabajo, la disposición de maquinaria y equipos, así como la configuración del área de cargue y descargue en relación con el entorno inmediato.

Ilustración 7. Configuración física CMA - Plano 2D Digitalizado de Estaciones de trabajo



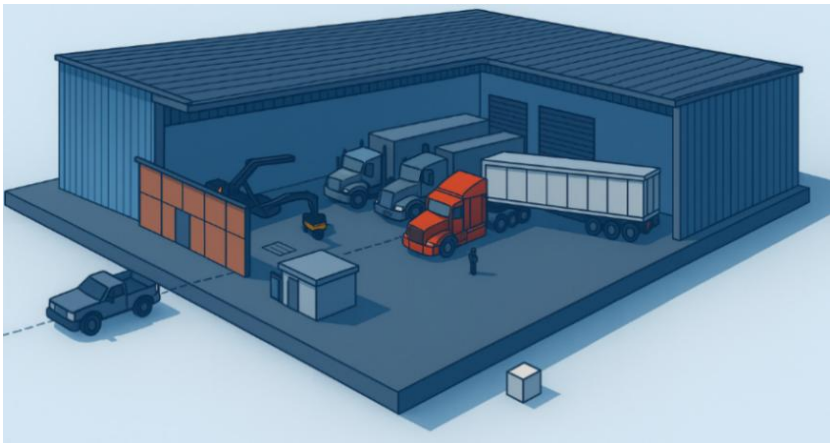
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8. Configuración física CMA - Esquema 3D de maquinaria pesada y equipos



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9. Configuración física CMA - Vista renderizada de área de cargue y descargue



Representación de áreas de cargue y descargue, entorno inmediato (parqueadero y acceso principal)

Fuente: Elaboración propia

La planta dispone de sistemas de manipulación de carga (puentes grúa), zonas de almacenamiento, áreas de transformación y espacios destinados a pruebas y acabados, configurando el entorno físico donde se desarrollan los procesos productivos

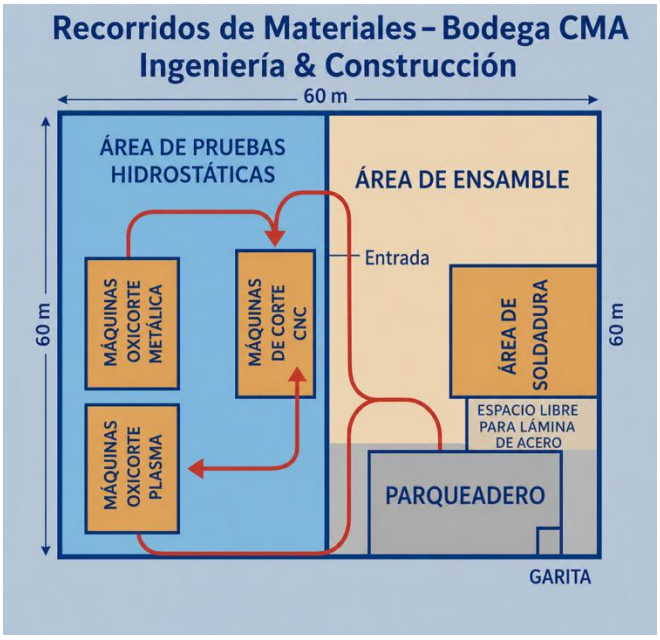
y el flujo interno de materiales.

Flujo de Materiales y Condiciones de circulación

El flujo de materiales dentro de la planta se desarrolla a través de múltiples trayectorias que conectan las diferentes estaciones de trabajo. A lo largo del proceso, los materiales son trasladados entre áreas de recepción, transformación, pruebas, almacenamiento intermedio y despacho, siguiendo las necesidades operativas de cada etapa productiva.

En este contexto, se observan recorridos con cambios de dirección, cruces entre áreas operativas y desplazamientos entre diferentes puntos de la planta, lo cual configura la dinámica de circulación interna. La Ilustración 10 representa el recorrido actual de los materiales, donde los desplazamientos se evidencian mediante trayectorias que conectan las distintas estaciones de trabajo.

Ilustración 10. Recorrido actual de materiales entre áreas



Fuente: Elaboración propia

En el esquema, los desplazamientos se representan mediante flechas rojas, evidenciando un flujo no lineal con recorridos repetitivos entre estaciones.

A continuación, se presentan las condiciones observadas en las diferentes etapas del proceso productivo:

Tabla 7. Síntesis de condiciones observadas por etapas

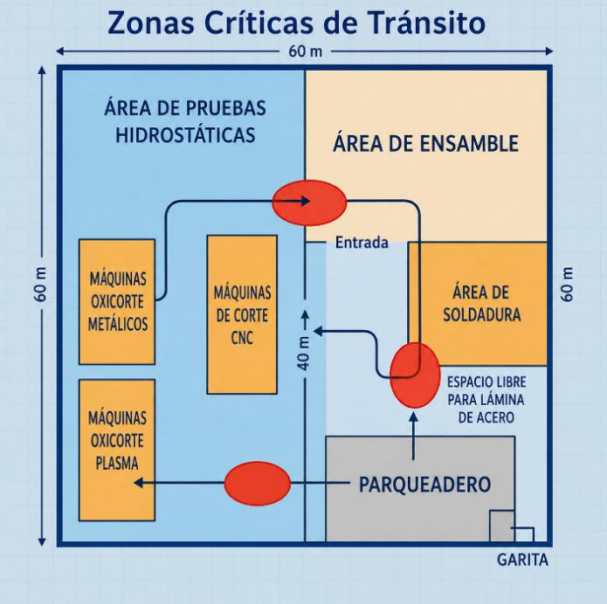
ETAPA	CONDICIONES OBSERVADAS
Recepción de materiales	• Esta ruta implica movimiento externo y posterior el ingreso al área productiva, el recorrido inicia en la garita, donde los camiones descargan las materias primas. • Los insumos llegan por el acceso principal y se descargan temporalmente en el parqueadero o en el espacio libre de láminas de acero (Zona inferior del plano).
Corte y Transformación	• Desde la zona de almacenamiento temporal, los materiales avanzan hacia las máquinas de oxicorte/plasma y perfiles metálicos. • Los materiales cortados se mueven entre estas áreas (oxicorte y corte CNC) de forma transversal.
Área de Soldadura	• Una vez cortadas, las piezas deben desplazarse hacia el área de soldadura, cruzando zonas de tránsito y almacenamiento.
Área de Ensamble	• Ubicación con paso restringido, cruzado y parcial, sin una delimitación clara de pasillos operativos o rutas de transporte interno.
Pruebas Hidrostáticas y Control de Calidad	• Los productos terminados se dirigen a la zona de pruebas hidrostáticas, al extremo superior izquierdo del plano. • El recorrido se realiza en sentido opuesto al ingreso inicial.
Despacho y Salida	• Los productos se devuelven hacia la parte inferior (garita/parqueadero) para su despacho al cliente. • Los recorridos de entrada y salida coinciden en la misma ruta.

Fuente: Elaboración propia

Zonas críticas de tránsito

Dentro de la configuración actual de la planta, se identifican zonas con alta concentración de desplazamientos donde convergen materiales, operarios y equipos de transporte, estas áreas corresponden a puntos de tránsito frecuente dentro del flujo operativo. La Ilustración 11 presenta la localización de estas zonas dentro del layout de la planta, evidenciando los puntos donde se concentran las trayectorias de circulación interna.

Ilustración 11. Zonas críticas de tránsito de materiales



En el esquema, las trayectorias de los materiales muestran recorridos entre estaciones, mientras que las zonas resaltadas indican áreas con mayor densidad de tránsito de materiales, equipos y personal.

Fuente: Elaboración propia

En términos de uso del espacio, se observan áreas destinadas al almacenamiento de materiales en proceso (WIP), así como ocupación de espacios intermedios dentro de la planta. Estas condiciones hacen parte de la dinámica operativa actual y de la forma en que se gestionan los materiales dentro del sistema productivo (ver Ilustración 12).

Ilustración 12. Imagen fotográfica Bodega CMA



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, el proceso de recepción de materiales se realiza en el acceso principal de la planta, desde donde los insumos son trasladados hacia las áreas productivas. Asimismo, la identificación del estado y ubicación de los materiales en proceso se gestiona a través de mecanismos operativos definidos por la organización.

A continuación, se presentan las condiciones observadas en cada una de las zonas dentro del flujo de operación:

Tabla 8. Síntesis de zonas críticas identificadas

ZONA	CONDICIÓN OBSERVADA
Corte CNC – Soldadura	Cruce de flujos entre corte CNC y soldadura, donde coinciden piezas voluminosas, operarios y equipos de transporte (montacargas).
Soldadura – Ensamble – Pruebas hidrostáticas	Intersección entre soldadura, ensamble y pruebas hidrostáticas, donde se manipulan en espacios compartidos, estructuras de gran tamaño que requieren maniobras amplias con puente grúas.
Despacho – Acceso principal	Convergencia de vehículos, montacargas y personal operativo.
Área de corte (CNC) (acumulación)	Falta de delimitación y almacenamiento temporal no controlado, por espera de material cortado.

Fuente: Elaboración propia

Análisis e interpretación del componente físico-operativo

El análisis del componente físico–operativo se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, mediante observación directa en planta, levantamiento del layout y caracterización del flujo de materiales, permitiendo identificar dinámicas asociadas a la distribución del espacio, circulación interna y organización de los procesos productivos.

El flujo de materiales presenta recorridos en zigzag, cruces entre etapas y retornos entre áreas del proceso, generando interferencias operativas y mayor complejidad en la circulación interna. Estas condiciones se evidencian principalmente en las áreas de corte, soldadura y ensamble, donde convergen simultáneamente

materiales, equipos y personal sin una delimitación clara de circulación.

Asimismo, se identificó acumulación de materiales en proceso (WIP) y ocupación de pasillos en áreas críticas de la planta, evidenciando niveles de congestión operativa y limitaciones en la organización del espacio físico. La circulación interna, se desarrolla sin rutas delimitadas ni señalización operativa, permitiendo la coexistencia de flujos de entrada y salida y el uso compartido de espacios entre operarios, equipos y materiales.

Estas condiciones generan cuellos de botella, especialmente en las transiciones entre corte–soldadura y ensamble–pruebas, donde la acumulación de materiales y la falta de sincronización entre actividades intensifican las interferencias y ralentizan el flujo productivo.

En la recepción de materiales se evidencia una desconexión entre el punto de ingreso de los insumos y su integración al proceso productivo. Se observan prácticas de descarga y almacenamiento temporal en zonas no delimitadas o en espacios intermedios, generando recorridos adicionales y mayor manipulación interna.

Asimismo, la identificación y ubicación de materiales en proceso se realiza sin mecanismos estandarizados de control y gestión visual, limitando la trazabilidad, visibilidad y seguimiento operativo a lo largo de las diferentes etapas, especialmente en condiciones de acumulación de materiales.

Adicionalmente, se observan variaciones en la ejecución de las actividades operativas asociadas a la ausencia de procedimientos formalizados, indicadores visuales y mecanismos estructurados de seguimiento, reflejando bajos niveles de estandarización operativa. La siguiente tabla sintetiza las condiciones físico-operativas

identificadas. Las valoraciones corresponden a una interpretación cualitativa de las observaciones registradas, conforme a los criterios descritos en el diseño metodológico. Las condiciones del flujo y del espacio se presentan descriptivamente, debido a que no se realizaron mediciones de eficiencia ni de ocupación.

Tabla 9. Síntesis de condiciones físico-operativas identificadas

Aspecto evaluado	Condición identificada y sustento	Valoración o descripción	Hallazgos asociados
Continuidad del flujo de materiales	Se identificaron recorridos en zigzag, cruces y retornos entre áreas, principalmente en corte, soldadura y ensamble.	Flujo con interferencias y recorridos no lineales. Sin calificación de eficiencia.	HF1
Congestión operativa	Se observaron acumulaciones de material en proceso y ocupación de pasillos en puntos críticos.	Congestión localizada en áreas críticas. Su frecuencia general requiere registros adicionales.	HF2
Estandarización de rutas	La circulación examinada presenta ausencia de rutas claramente delimitadas y señalización operativa.	Baja: los mecanismos de delimitación y señalización son insuficientes en las áreas examinadas.	HF3
Control visual y seguimiento del material	La identificación, ubicación y estado del material en proceso no cuentan con mecanismos estandarizados suficientes.	Bajo: el seguimiento depende de prácticas locales y carece de control visual estructurado.	HF5 y HF6
Organización del espacio	Se observaron materiales en zonas intermedias y acumulaciones que restringen la circulación.	Acumulación y saturación localizada. Sin estimación del porcentaje de ocupación.	HF2

Fuente: Elaboración propia

En conjunto, las observaciones muestran restricciones en la organización del espacio, la circulación y el seguimiento del material en proceso. Estas condiciones permiten identificar puntos de intervención para mejorar la continuidad y visibilidad del flujo. Sus efectos sobre tiempos de traslado, productividad y utilización del espacio deberán cuantificarse mediante mediciones posteriores.

Implicaciones para la organización

Las condiciones identificadas en el componente físico–operativo tienen implicaciones directas sobre el desempeño del sistema productivo, afectando la eficiencia, la estabilidad del flujo y la capacidad de control de la operación.

En el ámbito operativo, la configuración actual del layout y la falta de estructuración del flujo generan un incremento en los tiempos de traslado y en los tiempos de ciclo, así como un aumento en la manipulación de materiales y la ocurrencia de reprocesos. Esta dinámica reduce la continuidad del proceso productivo, limita la eficiencia en el uso de los recursos y disminuye la capacidad de respuesta del sistema.

Asimismo, la ausencia de rutas definidas y la coexistencia de flujos en espacios compartidos incrementan de manera directa el riesgo operativo por interferencias entre operarios, equipos y materiales, generando congestión y afectando la coordinación de las actividades. Esta condición introduce variabilidad en la ejecución de los procesos y dependencia de la gestión operativa individual.

En términos de control, la limitada trazabilidad física de los materiales y la ausencia de mecanismos de gestión visual, restringen la visibilidad del sistema, dificultan el seguimiento del estado de la operación y la identificación oportuna de desviaciones, afectando la capacidad de planificación y control de la operación.

Respecto al uso del espacio, la acumulación de materiales en proceso y la ocupación de áreas intermedias reflejan un uso ineficiente del espacio productivo, caracterizado por ocupación no estructurada y saturación de áreas operativas, lo que restringe la movilidad interna y limita la capacidad operativa del sistema.

Desde la perspectiva de seguridad, la interacción no controlada entre personas, equipos y materiales incrementa la exposición a riesgos operativos, afectando las condiciones de trabajo dentro de la planta.

Finalmente, en un contexto de crecimiento y transformación, estas condiciones limitan la capacidad del sistema para escalar su operación y restringen la integración de soluciones orientadas a la automatización, la trazabilidad y el control basado en información.

Síntesis del Diagnóstico Físico y Operativo

El diagnóstico físico–operativo de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. evidencia una configuración del sistema que no permite un flujo continuo ni controlado de materiales, debido a la desarticulación entre el layout, el flujo de materiales y los mecanismos de control operativo. El flujo se desarrolla bajo recorridos no lineales, con cruces y retornos entre procesos, en ausencia de rutas definidas y señalización, lo que configura una circulación interna no estructurada y dependiente de la gestión operativa en tiempo real.

De manera complementaria, la acumulación de materiales en proceso y la ocupación de espacios intermedios evidencian una gestión del espacio no alineada con el flujo productivo, mientras que la recepción de materiales no se encuentra integrada de forma directa con las áreas de transformación.

En términos de control, el sistema presenta una limitada trazabilidad física de los materiales y ausencia de mecanismos estandarizados de seguimiento, lo que reduce la visibilidad de la operación desde la dimensión física.

En conjunto, el sistema físico–operativo funciona bajo una lógica fragmentada,

en la cual el flujo, el espacio y el control no se encuentran integrados, generando una operación dependiente de la disponibilidad de espacio y de la coordinación en tiempo real. En este contexto, el sistema actual no permite una gestión estructurada del flujo productivo, la operación depende de la intervención operativa continua para su ejecución, y las condiciones físicas restringen la trazabilidad y el control desde la dimensión operativa.

Componente Organizacional

El componente organizacional analiza la forma en que la estructura interna, la gestión de procesos, el entorno competitivo y el modelo de negocio influyen en la coordinación de las actividades, la toma de decisiones y la capacidad de respuesta de la organización.

Caracterización del sistema organizacional

Se aplicaron diversas herramientas de análisis estratégico con el fin de describir el entorno y las condiciones internas de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., así como los elementos que configuran su funcionamiento organizacional.

PESTEL - Entorno externo

El análisis PESTEL permitió caracterizar el entorno externo en el que opera CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., identificando factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales que inciden en el desempeño operativo y en las posibilidades de evolución tecnológica de la organización. La Ilustración 13 reúne los factores que influyen en la operación y en la transformación digital de la organización:

Ilustración 13. Caracterización organizacional – Análisis PESTEL



Fuente: Elaboración propia

Desde el componente político, se evidencian condiciones asociadas a la estabilidad institucional, las políticas de infraestructura y los programas de modernización tecnológica promovidos en el país, los cuales pueden favorecer el desarrollo de proyectos industriales y la adopción de tecnologías orientadas a mejorar la eficiencia operativa y la trazabilidad de los procesos. No obstante, cambios regulatorios o variaciones en las condiciones de contratación pública pueden afectar la dinámica de participación de la organización en determinados proyectos.

En el ámbito económico, la empresa opera en un entorno influenciado por la variabilidad en los costos de materias primas, tasas de interés y dinámicas de inversión en infraestructura y construcción industrial. Estas condiciones hacen relevante

fortalecer capacidades de control operativo, gestión de inventarios y eficiencia en el uso de recursos, con el fin de reducir reprocesos, optimizar costos y mejorar la productividad.

Desde la perspectiva social, se identifican factores relacionados con la disponibilidad de mano de obra calificada, la cultura de seguridad industrial y las exigencias crecientes en materia de sostenibilidad y responsabilidad empresarial. Estas condiciones resaltan la importancia de fortalecer procesos de capacitación, estandarización y control operativo, especialmente en entornos industriales con alta interacción entre procesos y personal operativo.

En el componente tecnológico, el entorno evidencia avances asociados a automatización, digitalización de procesos y herramientas para la gestión integrada de la información. Tecnologías como ERP, WMS, RFID y soluciones de Business Intelligence representan oportunidades para fortalecer la trazabilidad, la interoperabilidad y la toma de decisiones basada en datos, aspectos relevantes para mejorar la integración entre áreas y optimizar el flujo interno de materiales.

En el aspecto ecológico, la organización se encuentra expuesta a lineamientos relacionados con sostenibilidad, manejo de residuos y uso eficiente de materiales. En este contexto, la reducción de reprocesos, el fortalecimiento del control operativo y la optimización de recursos contribuyen no solo a la eficiencia productiva, sino también al cumplimiento de criterios ambientales y sostenibilidad operativa.

Finalmente, desde el componente legal, la operación de la empresa debe responder al cumplimiento de normativas laborales, estándares de calidad, seguridad industrial y regulaciones aplicables al sector metalmecánico y de construcción. Estas

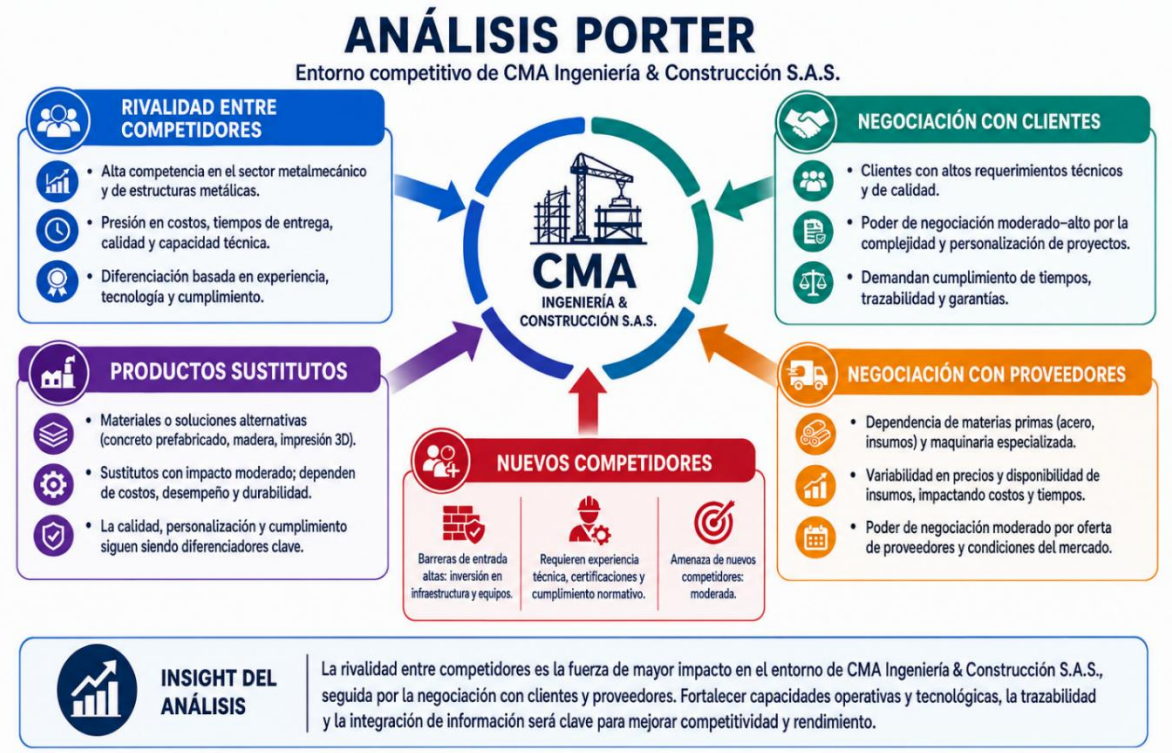
condiciones hacen necesario fortalecer mecanismos de control, trazabilidad y gestión de la información para minimizar riesgos operativos, contractuales y de cumplimiento normativo.

Porter - Entorno competitivo

El modelo de las cinco fuerzas de Porter permitió analizar el entorno competitivo de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., identificando factores externos que inciden en la competitividad, sostenibilidad y capacidad operativa de la organización. Cada una de las cinco fuerzas de Porter permite reconocer los actores relevantes, las condiciones predominantes del mercado y las presiones externas que afectan la competitividad, la rentabilidad y la sostenibilidad del negocio.

La Ilustración 14 permite visualizar de manera integrada las principales fuerzas competitivas, actores relevantes y condiciones del entorno que impactan la operación y la evolución tecnológica de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Ilustración 14. Caracterización organizacional - Fuerzas PORTER.



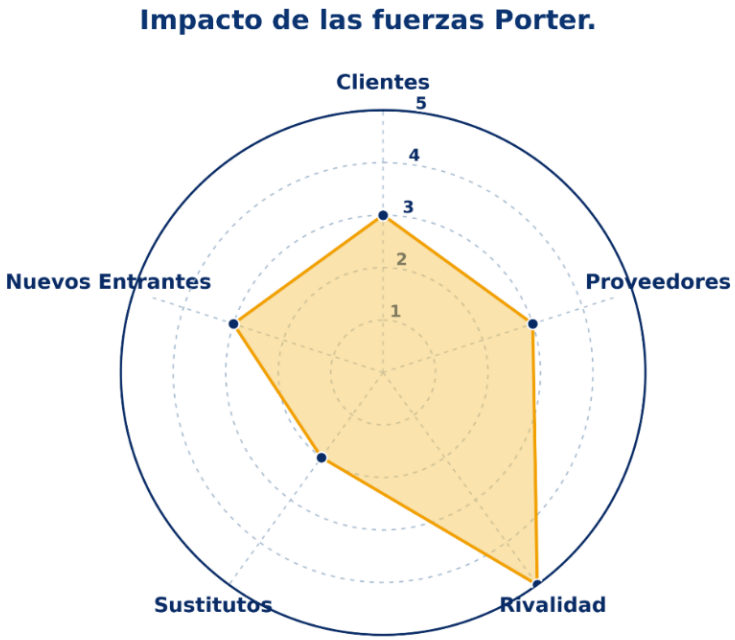
Fuente: Elaboración propia

El análisis evidenció que la principal presión competitiva proviene de la rivalidad entre empresas del sector metalmecánico, especialmente en aspectos asociados a costos, tiempos de entrega, capacidad técnica y cumplimiento de requerimientos de los clientes. Asimismo, se identificó que el poder de negociación de clientes y proveedores influye en las condiciones comerciales y operativas de la organización. A nivel de clientes está asociado a la naturaleza de los proyectos, los requerimientos técnicos y las condiciones contractuales. En cuanto a los proveedores, su participación se relaciona con el suministro de materias primas e insumos clave para la operación.

De igual forma, la amenaza de nuevos competidores y productos sustitutos se encuentra condicionada por barreras de entrada asociadas a inversión, experiencia técnica y cumplimiento normativo. La gráfica 1 permite visualizar de manera

estructurada la intensidad con la que cada una de las cinco fuerzas del modelo Porter incide en el entorno competitivo de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Gráfica 1. Caracterización organizacional - Impacto de las fuerzas Porter.



Fuente: Elaboración propia

Esta gráfica refleja que el entorno competitivo está fuertemente dominado por la rivalidad entre competidores. Mientras que las demás fuerzas tienen un impacto moderado o bajo, lo que sugiere que la competencia directa es el principal factor del mercado y no hay alta presión por sustitutos ni entrada fácil de nuevos actores.

Matriz DOFA - Análisis interno

El análisis DOFA permitió describir la situación organizacional a partir de factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas), proporcionando una visión estructurada de las condiciones actuales en las que opera CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. (Ver Ilustración 15 Matriz DOFA).

Ilustración 15. Caracterización organizacional - Matriz DOFA



Fuente: Elaboración propia

En el componente interno, las fortalezas de la organización se asocian principalmente a su experiencia técnica en el sector metalmecánico, su capacidad productiva instalada y las relaciones comerciales consolidadas con clientes. Estas condiciones reflejan la trayectoria de la empresa en la ejecución de proyectos y su capacidad para responder a requerimientos específicos del mercado.

Por su parte, las debilidades se relacionan con aspectos operativos y de gestión interna, incluyendo la baja sistematización de procesos, el uso de herramientas no integradas para la gestión de la información y la dependencia de prácticas manuales en el seguimiento de las actividades. Asimismo, se identifican condiciones asociadas al uso del espacio, la organización de los recursos y la gestión del flujo de materiales

dentro de la operación.

En el componente externo, las oportunidades se encuentran vinculadas al crecimiento del sector metalmecánico, la demanda de soluciones en infraestructura y la disponibilidad de tecnologías digitales orientadas a la optimización de procesos productivos y la gestión de la información.

En contraste, las amenazas están asociadas a la presencia de competidores con mayores niveles de tecnificación, la variabilidad en el abastecimiento de materias primas y la dependencia de proveedores estratégicos, así como a las condiciones del mercado que exigen mayor eficiencia operativa, cumplimiento de tiempos y estándares de calidad.

Modelo de Negocio

El modelo de negocio de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se basa en la fabricación de estructuras metálicas y soluciones en acero bajo requerimientos específicos del cliente, lo que implica la ejecución de proyectos personalizados.

La propuesta de valor de la organización se basa en la capacidad de diseñar, fabricar y entregar soluciones personalizadas en acero, alineadas con especificaciones técnicas particulares, estándares de calidad y condiciones de cada proyecto. Esta propuesta se soporta en la experiencia acumulada de la empresa, su conocimiento técnico y su capacidad productiva instalada.

Para comprender cómo se articula actualmente el modelo de negocio de la organización, se utilizó la herramienta Business Model Canvas, la cual permitió representar de forma estructurada los componentes clave que definen la lógica de operación y generación de valor de la organización. (Ver Ilustración 16).

Ilustración 16. Modelo de Negocio CMA



Fuente: Elaboración propia

En términos de gestión operativa, el modelo de negocio se caracteriza por la ejecución de proyectos bajo demanda, en los cuales se articulan múltiples áreas funcionales y se gestionan recursos a lo largo de toda la cadena productiva. A continuación, se describen los principales elementos del modelo de negocio y los aspectos identificados en cada uno de estos:

Tabla 10. Modelo de negocio Actual (CANVAS) – Aspectos observados

Elemento	Aspecto Observado

Segmento de Clientes	La organización atiende principalmente empresas del sector de la construcción, proyectos de infraestructura, sector minero-energético y clientes institucionales que requieren estructuras metálicas para aplicaciones como edificaciones, puentes, torres de comunicación y soluciones industriales.
Relación con los clientes	Se establece a través de proyectos específicos, definidos por requerimientos técnicos, condiciones contractuales y necesidades de personalización, en los cuales participan diferentes áreas de la organización durante su desarrollo.
Canales	La organización gestiona sus servicios mediante procesos comerciales directos, acompañamiento técnico y ejecución de proyectos, desde la fase de diseño hasta la entrega final en sitio.
Actividades Clave	El modelo integra procesos de diseño e ingeniería, planeación de la producción, abastecimiento, transformación de materiales (corte, soldadura, ensamble y pintura), control de calidad y despacho, desarrollados de manera secuencial dentro de la operación.
Recursos Clave	Incluyen infraestructura productiva (maquinaria especializada, equipos CNC y estaciones de trabajo), talento humano técnico y operativo, y relaciones con proveedores de materias primas e insumos.
Socios Clave	La operación involucra proveedores de acero, maquinaria, equipos especializados y servicios asociados, tanto a nivel nacional como internacional, que participan en el suministro de materiales requeridos para la producción.
Estructura de costos e ingresos	La estructura de costos está asociada principalmente a la adquisición de materias primas, operación de maquinaria, mano de obra, logística y gastos administrativos. Las fuentes de ingreso se derivan de la ejecución de proyectos de fabricación y montaje de estructuras metálicas.

Fuente: Elaboración propia

Análisis financiero

El análisis financiero permitió describir el comportamiento económico de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. a partir de variables como ingresos, costos, rentabilidad y estructura de gastos, con el fin de caracterizar su desempeño en el desarrollo de las actividades operativas.

Estado de resultados (expresados en millones COP)

Ilustración 17. Análisis Financiero CMA - Estado de Resultados

Concepto	2023	2022	2021	2020	2019
Total Ingreso Operativo	48,961.11	38,885.81	33,897.61	17,408.31	39,359.73
Ingresos Netos por Ventas	48,512.62	38,827.02	33,817.16	16,579.94	39,137.08
Costo de Mercancías Vendidas	-41,492.44	-34,279.25	-29,445.95	-18,195.74	-35,624.92

Fuente: Base de datos EMIS (2024)

El comportamiento de los principales componentes del estado de resultados se describe a continuación:

Tabla 11. Análisis Financiero CMA - Estado de resultados

Elemento	Comportamiento
Ingresos operativos	Se observa un crecimiento en los ingresos, pasando de 38.885 millones COP en 2022 a 48.961 millones COP en 2023, reflejando la evolución de la actividad comercial de la organización.
Costos de ventas	Los costos presentan un comportamiento creciente en línea con los ingresos, manteniendo una relación proporcional con el volumen de operación.
Margen bruto y neto	Los márgenes muestran una variación positiva en 2023 en comparación con periodos anteriores, en función de la relación entre ingresos, costos y gastos.

Fuente: Elaboración propia con base en información de EMIS (2024)

Ratios de Rentabilidad (expresados en porcentajes %)

Ilustración 18. Análisis Financiero CMA - Ratios de Rentabilidad

Concepto	2023	2022	2021	2020	2019
Rendimiento Sobre los Activos (ROA)	7.14%	1.62%	1.93%	-7.23%	3.36%
Rendimiento Sobre el Patrimonio (ROE)	13.95%	3.74%	4.14%	-15.91%	6.05%

Fuente: Base de datos EMIS (2024)

Los principales indicadores de rentabilidad presentan el siguiente comportamiento:

Tabla 12. Análisis Financiero CMA – Ratios de Rentabilidad

Indicador	Comportamiento
ROA	Se registra un valor de 7,14% en 2023, en función del uso de los activos de la organización.
ROE	Se presenta un valor de 13,95% en 2023, asociado a la rentabilidad del patrimonio.
Margen neto	El margen neto muestra una variación positiva en 2023 en relación con periodos anteriores.

Fuente: Elaboración propia con base en información de EMIS (2024)

Otros datos financieros (expresados en millones COP)

Ilustración 19. Análisis Financiero CMA - Otros datos financieros

Concepto	2023	2022
Total Ingresos	48,961.11	38,885.81
Porcentaje Aumento Ingresos	20.57%	12.82%
Otros Ingresos	378.01	30.66
Costos	41,492.44	34,279.25
Gastos Admon	2,406.12	1,917.27
Gastos Ventas	727.36	1,057.59

Fuente: Base de datos EMIS (2024)

Se describen otros elementos financieros relevantes:

Tabla 13. Análisis Financiero – Otros datos financieros

Elemento	Comportamiento
Otros ingresos	Incremento relevante en 2023, asociado a ingresos adicionales a la actividad operativa principal
Gastos administrativos	Crecimiento cercano al 25% en 2023, relacionado con la gestión administrativa y operativa de la organización.
Gastos de ventas	Se registra una disminución en 2023 en comparación con el periodo anterior.

Flujo de caja (indicativo)	Mejora en la capacidad de generación de recursos, se identifican variaciones asociadas al comportamiento de ingresos, costos y gastos.
Gestión de información financiera	La información financiera se gestiona a través de diferentes fuentes y mecanismos de registro dentro de la organización.
Control de costos operativos	Los costos operativos se registran y gestionan en función de las actividades productivas y administrativas.

Fuente: Elaboración propia con base en información de EMIS (2024)

Análisis e interpretación del componente organizacional

El análisis del componente organizacional de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. permitió identificar condiciones relacionadas con la coordinación de procesos, la gestión de la información y la articulación entre áreas funcionales de la organización. A partir de las herramientas estratégicas aplicadas (PESTEL, Porter, DOFA y modelo de negocio), así como de entrevistas y análisis documental, se evidencian dinámicas organizacionales caracterizadas por una alta dependencia de la coordinación operativa entre áreas, limitada integración de la información y presencia de procesos parcialmente estandarizados.

La organización opera bajo una estructura funcional en la que intervienen múltiples áreas a lo largo del proceso productivo, particularmente en actividades de planeación, abastecimiento, producción, logística y control operativo. Sin embargo, se identifican limitaciones en la articulación interáreas y en el flujo de información, reflejadas en intercambios manuales, reprocesos administrativos y diferencias en los criterios de seguimiento operativo.

Desde la perspectiva del entorno, el análisis PESTEL y Porter evidencia que la organización participa en un sector caracterizado por crecientes exigencias en eficiencia operativa, trazabilidad, cumplimiento de tiempos de entrega y capacidad

tecnológica. Estas condiciones incrementan la necesidad de fortalecer capacidades relacionadas con integración operativa, coordinación organizacional y gestión de la información.

En relación con el análisis interno, la matriz DOFA evidencia fortalezas asociadas a la experiencia técnica, capacidad productiva y conocimiento del sector. No obstante, estas capacidades coexisten con debilidades relacionadas con baja integración tecnológica, limitada trazabilidad de la información y alta dependencia de prácticas manuales para la gestión operativa, restringiendo la articulación entre áreas y la estandarización de procesos. Estas condiciones incrementan la dependencia del conocimiento tácito y limitan la consolidación de mecanismos estructurados de gestión transversal y gobierno de la información. Asimismo, se identifican factores asociados a limitadas competencias digitales en parte del personal operativo.

En cuanto al modelo de negocio, la organización desarrolla operaciones bajo demanda, requiriendo altos niveles de coordinación entre áreas y disponibilidad de información para garantizar continuidad operativa y cumplimiento de requerimientos técnicos.

Desde la perspectiva financiera, se identifica un comportamiento favorable en términos de crecimiento y rentabilidad; sin embargo, se evidencian limitaciones en la integración de información financiera y operativa, así como ausencia de mecanismos estructurados de seguimiento mediante indicadores.

La siguiente tabla sintetiza las condiciones organizacionales identificadas mediante entrevistas y análisis documental. Las valoraciones describen el desarrollo de prácticas de coordinación, gestión de información y seguimiento en los procesos

examinados; no representan una calificación global del desempeño de la empresa.

Tabla 14. Síntesis de condiciones organizacionales identificadas

Aspecto evaluado	Condición identificada y sustento	Valoración propuesta	Hallazgos asociados
Articulación entre áreas	Existe una estructura funcional y coordinación para ejecutar proyectos, pero persisten intercambios manuales y diferencias en los criterios de seguimiento.	**Media:** existen mecanismos de coordinación, aunque su articulación transversal es parcial.	HO1
Integración de la información	La información operativa, administrativa y financiera requiere intercambios y consolidaciones manuales.	**Baja:** no se identifica una integración transversal consistente de la información.	HO2 y HTR1
Estandarización de procesos y registros	Se describen procesos parcialmente estandarizados y diferencias en las prácticas de seguimiento y gestión documental.	**Media:** existen prácticas establecidas, con limitaciones de uniformidad entre los procesos examinados.	HO9 y HF6
Formalización del seguimiento del desempeño	Se identifican mecanismos incompletos de medición y seguimiento mediante indicadores integrados.	**Baja:** el seguimiento transversal del desempeño no está suficientemente estructurado.	HO8
Alineación estratégica digital	La articulación entre iniciativas tecnológicas, necesidades operativas y objetivos organizacionales es parcial.	**Media:** existe una vinculación parcial, con limitaciones en su formalización y seguimiento.	HO6 y HT4
Dependencia de gestión manual	Los intercambios de información y la coordinación requieren registros, consolidaciones y verificaciones manuales.	**Alta:** las actividades manuales tienen un papel central en los procesos examinados.	HO1, HO2 y HTR1

Fuente: Elaboración propia

La experiencia técnica y la estructura funcional permiten sostener la operación, mientras que las oportunidades de mejora se concentran en la coordinación transversal, la estandarización de registros y el seguimiento mediante información integrada. Estas valoraciones se circunscriben a los procesos examinados.

Implicaciones para la organización

Las condiciones identificadas en el componente organizacional generan implicaciones directas en el desempeño operativo y en la capacidad de gestión de la organización, particularmente en la coordinación entre áreas, la gestión de los procesos y el uso de la información para la toma de decisiones.

En el ámbito operativo, la fragmentación entre áreas, la limitada integración de la información y la ausencia de mecanismos estructurados de coordinación generan dependencias funcionales, variabilidad en la ejecución, reprocesos y desalineación entre la planeación y la ejecución de procesos, lo que afecta la continuidad del flujo de trabajo, reduce la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda o en la programación de la producción y compromete el cumplimiento de los compromisos operativos. Como consecuencia, la operación presenta retrasos, acumulación de trabajo en proceso (WIP), interferencias operativas y limitaciones en la trazabilidad.

En términos de gestión, la ausencia de mecanismos estructurados de gobierno de la información limita la confiabilidad y oportunidad de los datos, reduce la trazabilidad de los procesos y restringe la visibilidad operativa. Esta condición afecta la capacidad de seguimiento, control organizacional y detección oportuna de pérdidas asociadas a reprocesos, ineficiencias operativas y sobrecostos no visibles.

Desde la perspectiva estratégica, la fragmentación en la gestión de la información y la alta dependencia de procesos manuales limitan la capacidad de la organización para consolidar, analizar y utilizar los datos, condicionando la toma de decisiones, la cual depende en gran medida del conocimiento tácito del personal. Estas condiciones limitan la capacidad de la organización para alinear sus procesos con las

exigencias del entorno competitivo, dificultando la consolidación de iniciativas de transformación digital y la adopción de modelos de gestión basados en información.

Asimismo, la baja integración entre operación, información y tecnología restringe la capacidad de escalabilidad organizacional y limita la implementación efectiva de soluciones orientadas a la automatización, la analítica y el control en tiempo real.

De manera complementaria, estas condiciones dificultan la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo y restringen la consolidación de prácticas orientadas a la eficiencia operativa, la integración de procesos y la toma de decisiones basada en datos. Asimismo, la ausencia de mecanismos estructurados de seguimiento dificulta la medición del desempeño y la identificación oportuna de ineficiencias. En conjunto, estas implicaciones evidencian que las limitaciones organizacionales identificadas no afectan únicamente la ejecución operativa, sino también la capacidad de la organización para integrar procesos, gestionar información de manera estratégica, controlar costos no visibles y sostener procesos de crecimiento, escalabilidad y transformación digital en entornos industriales cada vez más exigentes.

Síntesis del Diagnóstico Organizacional

El diagnóstico organizacional de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. evidencia una estructura funcional que permite la ejecución de los procesos productivos; sin embargo, presenta limitaciones en la articulación entre áreas, la integración de la información y los mecanismos de gestión y control que soportan la operación.

La organización opera bajo un esquema funcional que, si bien define responsabilidades por área, presenta debilidades en la coordinación entre estas,

particularmente entre planeación, abastecimiento, producción y despacho. Esta condición se refleja en desalineaciones operativas, reprogramaciones y baja sincronización entre la capacidad operativa y la disponibilidad de recursos, evidenciando una operación altamente dependiente de la coordinación manual y del intercambio informal de información.

Asimismo, se identificaron limitaciones asociadas a la articulación entre procesos de abastecimiento, producción y gestión de información, evidenciando dificultades para consolidar flujos integrados de coordinación con proveedores y procesos asociados a la cadena de suministro.

En términos de gestión de la información, se identifican limitaciones asociadas a la dispersión de datos, el uso de herramientas no integradas y la ausencia de mecanismos estructurados de gobierno de la información, lo que afecta la confiabilidad, disponibilidad y trazabilidad de los datos, restringiendo su utilización para el seguimiento operativo y la toma de decisiones basada en información.

De igual forma, la organización presenta una baja formalización en los mecanismos de control organizacional, reflejada en la ausencia de procesos estandarizados, indicadores estructurados y mecanismos formales de seguimiento, lo que genera variabilidad en la ejecución de las actividades y dificulta la consolidación de procesos orientados a la mejora continua.

De manera complementaria, se observa una alineación estratégica digital incipiente, donde, a pesar de existir disposición al cambio y capacidades técnicas para responder a las exigencias del mercado, no se cuenta con un direccionamiento estructurado que articule estrategia, procesos y tecnología, generando iniciativas

aisladas y limitando el impacto de los esfuerzos de transformación.

En conjunto, las condiciones identificadas evidencian que la organización opera bajo una lógica funcional fragmentada, con limitada integración sistémica entre estructura organizacional, procesos, información y capacidades tecnológicas, lo que restringe la eficiencia operativa, la capacidad de control, escalabilidad, transformación digital y la adaptación frente a las exigencias del entorno.

No obstante, la identificación de estas condiciones proporciona una base para fortalecer la coordinación organizacional, la gestión de la información y la alineación entre estrategia, procesos y tecnología, en articulación con los componentes físico–operativo y tecnológico, como fundamento para el desarrollo de una hoja de ruta de transformación digital.

Componente Tecnológico

El análisis tecnológico no se limita a la disponibilidad de herramientas, sino que considera su nivel de integración, utilización y alineación con las necesidades del negocio. Bajo este enfoque, el componente tecnológico de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. analiza las capacidades tecnológicas que soportan la ejecución de los procesos operativos, la integración entre áreas y la disponibilidad de información para la toma de decisiones. Asimismo, aborda de manera integral la infraestructura tecnológica, los sistemas de información, el nivel de adopción tecnológica en los procesos y las capacidades organizacionales asociadas al uso estratégico de la información.

Caracterización del sistema tecnológico

Con el propósito de comprender el funcionamiento del sistema tecnológico de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., se desarrolló una caracterización orientada a describir las condiciones actuales de la infraestructura tecnológica, los sistemas de información, las herramientas utilizadas en los procesos operativos y administrativos, y los mecanismos de captura, almacenamiento y uso de la información.

Para ello, se emplearon de manera complementaria diversos enfoques e instrumentos de análisis. En primer lugar, se realizó la caracterización del entorno tecnológico mediante entrevista al área de Tecnología de la Información (TI), utilizando el Instrumento de entrevista para el área de TI (ver Anexo C). De manera complementaria, se desarrolló la caracterización de la infraestructura y de las herramientas tecnológicas utilizadas por la organización en los diferentes procesos operativos y administrativos.

Asimismo, se aplicó la evaluación del soporte tecnológico en las áreas operativas mediante el Instrumento de Entrevista para la Evaluación del Soporte Tecnológico en las áreas operativas de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. (ver Anexo B), orientado a analizar el uso de la tecnología en actividades de monitoreo, seguimiento y control de la operación.

Finalmente, se realizó la evaluación del nivel de madurez digital mediante un instrumento adaptado, tomando como referencia el modelo de Deloitte (véase Anexo D). Esta evaluación se complementó con un ejercicio de benchmarking sectorial orientado a comparar el nivel de desarrollo tecnológico de la organización frente a referentes del sector metalmecánico, mediante el Instrumento de benchmarking basado

en el MMD Deloitte (véase Anexo E).

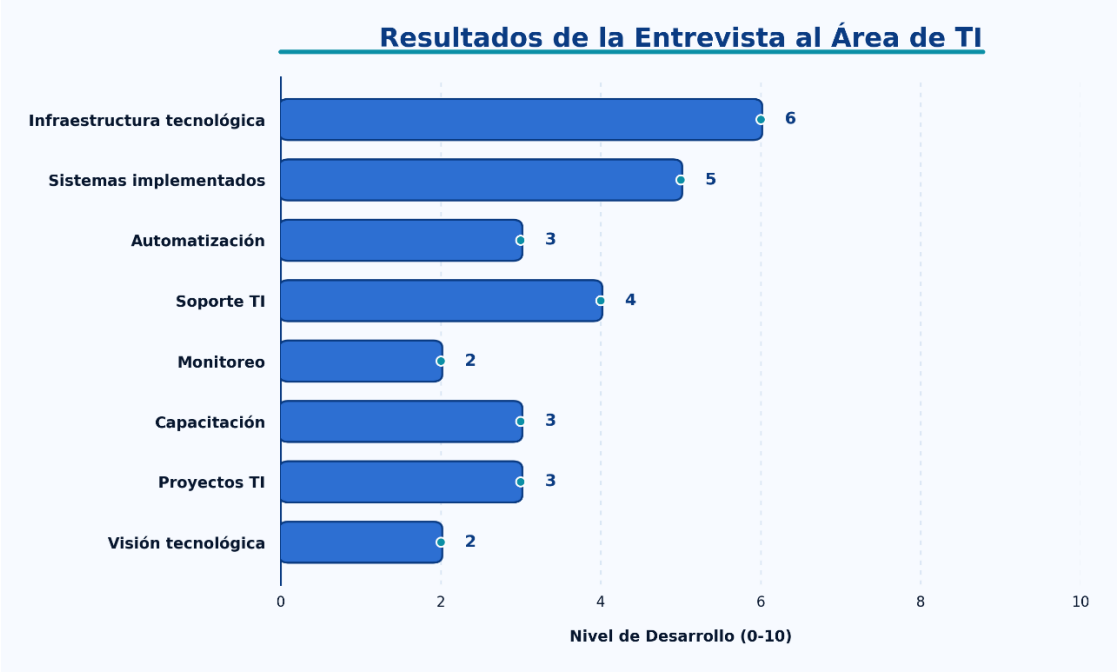
Estos enfoques e instrumentos utilizados fueron definidos en el capítulo de Diseño Metodológico, específicamente en el apartado de métodos e instrumentos de recolección de información, y permitieron obtener una visión integral del entorno tecnológico de la organización, articulando el análisis operativo con el nivel de evolución digital y su posicionamiento frente a referentes del sector.

Entrevista al área de Tecnología de la información

La entrevista aplicada al área de Tecnología de la Información permitió caracterizar el entorno tecnológico de la organización, considerando aspectos relacionados con la infraestructura disponible, los sistemas utilizados, el soporte brindado a las áreas operativas y la existencia de lineamientos asociados a la gestión tecnológica.

El instrumento utilizado fue aplicado mediante entrevista semiestructurada y complementado con observación en planta y revisión de los sistemas existentes. Los temas abordados se agruparon en tres bloques: infraestructura y sistemas tecnológicos, apoyo tecnológico a las áreas operativas y planificación tecnológica. La Gráfica 2 presenta los resultados generales obtenidos por bloque evaluado. La evaluación se realizó mediante una escala de 1 a 5, donde 1 representa un nivel básico (o inexistente) de desarrollo y 5 un nivel óptimo de desarrollo tecnológico.

Gráfica 2. Resultados de la entrevista a TI



Fuente: Elaboración propia

A partir de la entrevista, se identificó que la organización cuenta con herramientas tecnológicas orientadas principalmente al soporte administrativo y operativo, entre ellas SIIGO, Gespro, SAMM y herramientas ofimáticas. Asimismo, se evidencian avances puntuales en infraestructura básica, tales como actualización de equipos de cómputo, mejoras en interconectividad y organización del cableado.

Los sistemas utilizados por la organización operan mediante aplicaciones orientadas a funciones específicas y herramientas de apoyo administrativo, complementadas con el uso de hojas de cálculo para actividades de registro, consolidación y seguimiento de información. De igual forma, se identificó el uso de mecanismos tecnológicos asociados al monitoreo operativo, reporte y soporte a las actividades de gestión y control.

Infraestructura tecnológica y sistemas de información e integración

La infraestructura tecnológica de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. está conformada por equipos de cómputo, redes internas, herramientas ofimáticas y sistemas de información que soportan los procesos administrativos y operativos de la organización.

En términos de infraestructura básica, se evidencian avances asociados a la actualización de hardware, el uso de sistemas operativos recientes y mejoras en la conectividad interna. Asimismo, la organización dispone de plataformas que soportan actividades específicas de gestión administrativa, financiera y operativa.

La arquitectura tecnológica está conformada por sistemas y aplicaciones orientados a funciones específicas. La información operativa, financiera y logística se gestiona a través de diferentes fuentes, entre ellas sistemas independientes, registros físicos, archivos Excel y aplicaciones de apoyo. El intercambio de información entre procesos se realiza mediante transferencias y consolidaciones entre áreas, apoyadas principalmente en herramientas ofimáticas y aplicaciones utilizadas para el registro, seguimiento y control de la operación.

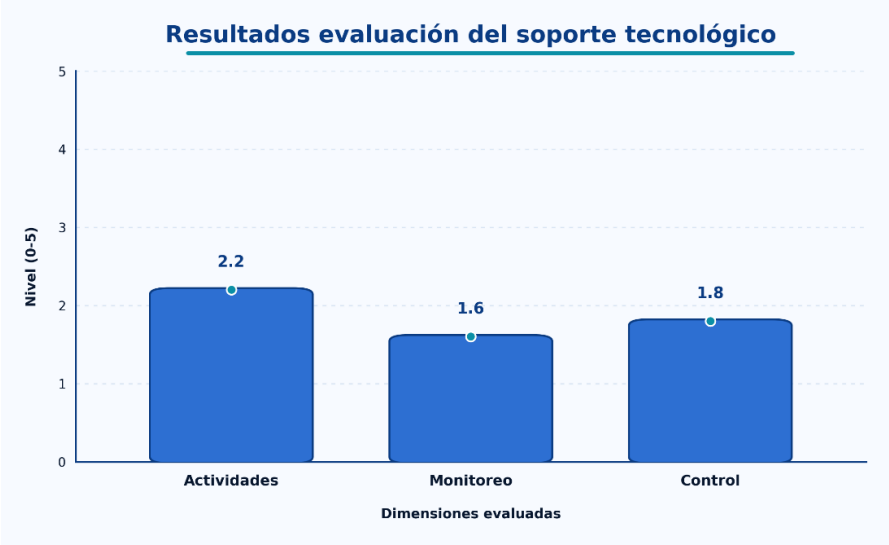
Nivel de soporte tecnológico de los procesos operativos

La evaluación del soporte tecnológico se orientó a analizar el grado en que las herramientas disponibles apoyan la ejecución de los procesos operativos, particularmente las actividades de seguimiento, monitoreo y control del proceso productivo. Para su aplicación, el instrumento fue adaptado a las condiciones de la operación y estructurado en tres dimensiones: actividades generales, monitoreo y control.

- **Actividades generales:** permitió identificar el uso de herramientas tecnológicas como apoyo a los procesos productivos y administrativos.
- **Monitoreo:** evaluó la disponibilidad de mecanismos tecnológicos para realizar seguimiento a la operación.
- **Control:** permitió identificar el uso de sistemas y herramientas para verificar y gestionar actividades del proceso productivo.

La Gráfica 3 presenta los resultados obtenidos en las áreas operativas, la valoración se realizó mediante una escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a un nivel básico o inexistente de soporte tecnológico y 5 a un nivel óptimo de desarrollo.

Gráfica 3. Resultados de la evaluación del soporte tecnológico en áreas operativas.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados evidencian que las áreas operativas utilizan herramientas ofimáticas, registros manuales y aplicaciones de apoyo para actividades de seguimiento, monitoreo y control de la operación. Asimismo, se identificó el uso de mecanismos tecnológicos para el registro y consulta de información en diferentes

etapas del proceso operativo.

Evaluación del nivel de madurez digital

De manera complementaria, se tomó como referencia el modelo de madurez digital de Deloitte para estructurar un instrumento adaptado al contexto operativo de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. Su aplicación permitió caracterizar el nivel de desarrollo digital de la organización a partir de cinco dimensiones: Estrategia y liderazgo digital, Cultura y organización, Operaciones y procesos, Tecnología y Experiencia del cliente.

La evaluación se realizó mediante entrevista semiestructurada al área de TI y fue complementada con observación en planta, permitiendo validar la consistencia de la información obtenida. Los resultados fueron revisados y validados con el área de TI, con el propósito de verificar su consistencia respecto de las condiciones observadas en la organización. La medición se desarrolló mediante una escala de 0 a 5, donde 0 representa la ausencia de prácticas y 5 un nivel de integración digital consolidado. El detalle de las preguntas, criterios de valoración y resultados obtenidos por dimensión se presenta en el documento de resultados de la evaluación de madurez digital (véase Anexo F).

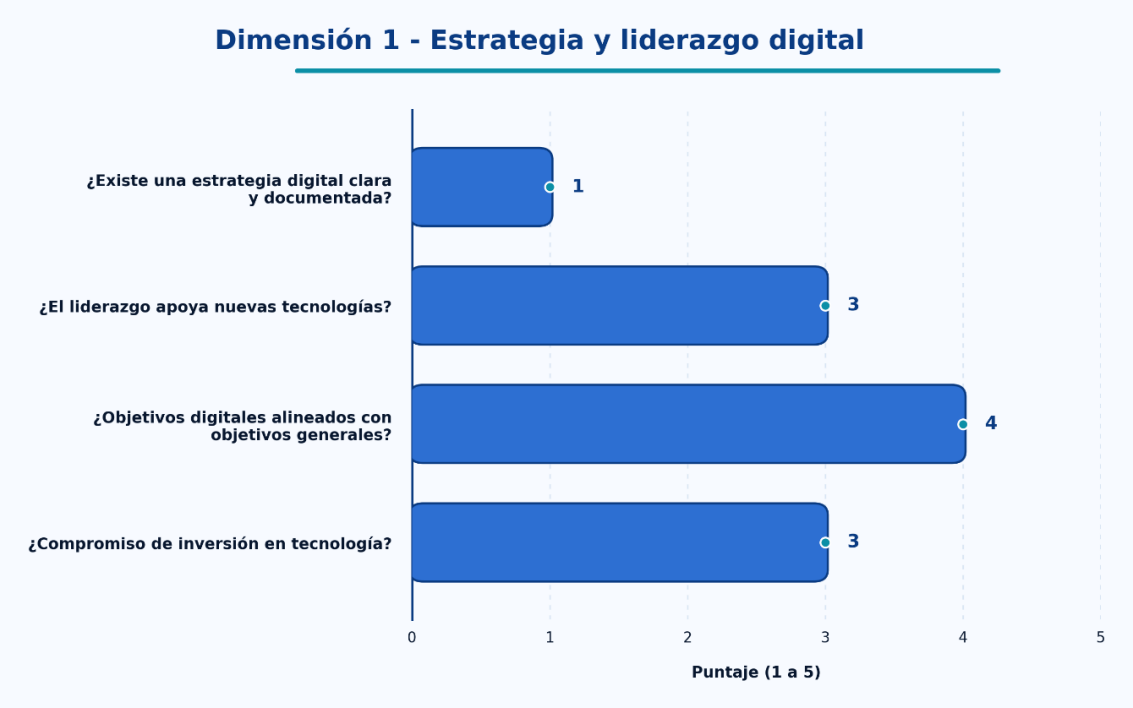
A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada una de las cinco dimensiones evaluadas, de acuerdo con los criterios establecidos en el instrumento de madurez digital. Los resultados permiten visualizar el comportamiento de las capacidades evaluadas en los ámbitos estratégico, organizacional, operativo, tecnológico y de experiencia del cliente. La interpretación y análisis integrado se desarrollan posteriormente en el apartado de Análisis e interpretación del componente

tecnológico.

Dimensión 1. Estrategia y liderazgo digital:

Esta dimensión evaluó la existencia de lineamientos estratégicos asociados al uso de la tecnología, el nivel de compromiso directivo frente a iniciativas digitales y la alineación entre los proyectos tecnológicos y los objetivos organizacionales, como se presenta en la Gráfica 4.

Gráfica 4. Evaluación nivel de madurez: Dimensión 1 - Estrategia y liderazgo digital



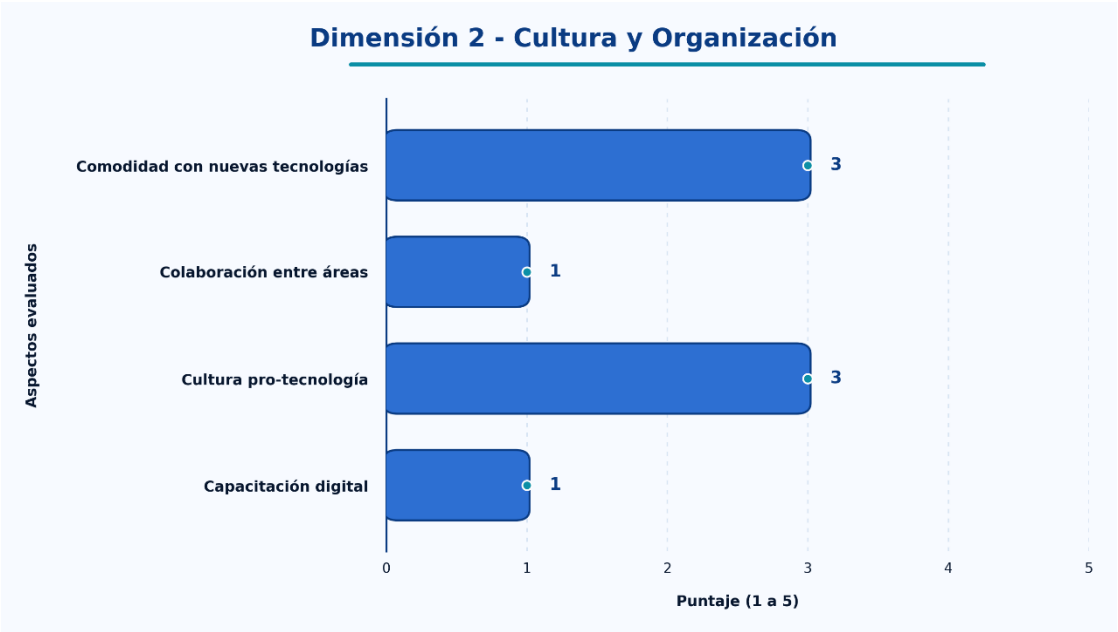
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos muestran comportamientos asociados a la planificación tecnológica, la asignación de recursos para iniciativas digitales y el nivel de participación organizacional en temas relacionados con transformación digital. Asimismo, permiten observar el grado en que las iniciativas tecnológicas se encuentran vinculadas con los procesos y necesidades del negocio.

Dimensión 2. Cultura y organización:

Esta dimensión evaluó las capacidades del personal, la disposición organizacional frente al uso de tecnologías digitales y las condiciones culturales relacionadas con la adopción y apropiación de herramientas tecnológicas dentro de la organización, como se muestra en la Gráfica 5.

Gráfica 5. Evaluación nivel de madurez: Dimensión 2 - Cultura y Organización



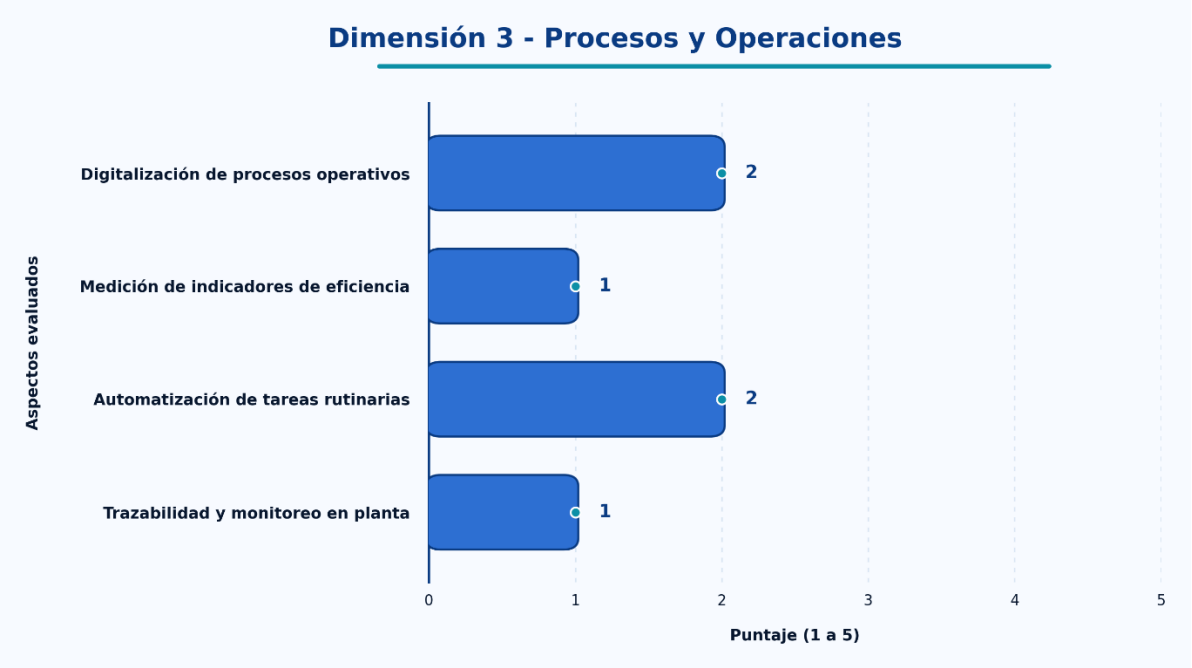
Fuente: Elaboración propia

Los resultados describen aspectos relacionados con la capacitación tecnológica, la colaboración entre áreas, el uso de herramientas digitales por parte del personal y las dinámicas organizacionales asociadas a la incorporación de tecnologías en los procesos de trabajo. De igual forma, permiten identificar el nivel de participación y apropiación tecnológica en las diferentes áreas de la organización.

Dimensión 3. Operaciones y procesos:

Esta dimensión permitió evaluar el grado de digitalización, automatización, monitoreo, trazabilidad y uso de los datos en los procesos operativos, como se presenta en la Gráfica 6.

Gráfica 6. Evaluación nivel de madurez: Dimensión 3 - Operaciones y Procesos



Fuente: Elaboración propia

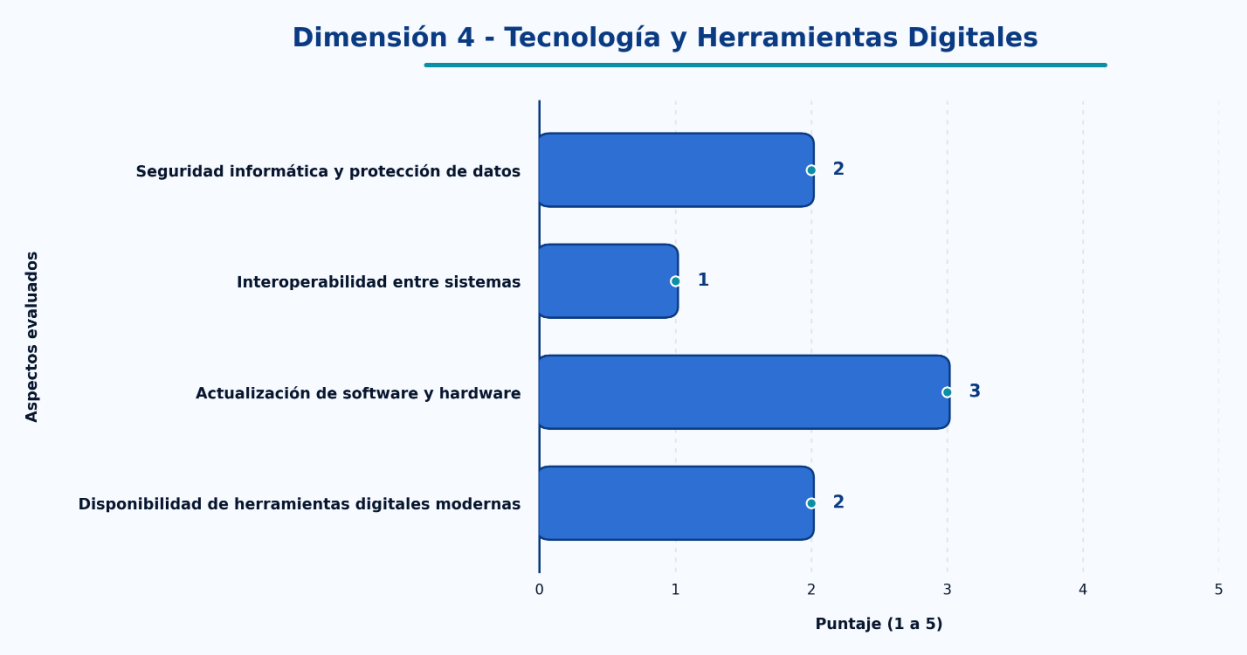
Los resultados presentan información relacionada con el uso de herramientas tecnológicas en actividades operativas, mecanismos de seguimiento y control, captura de información en los procesos y utilización de datos para el monitoreo de la operación. Asimismo, permiten observar el nivel de incorporación tecnológica en actividades asociadas a producción, seguimiento operativo y gestión de procesos.

Dimensión 4. Tecnología y herramientas digitales:

Esta dimensión evaluó la disponibilidad, actualización, interoperabilidad,

seguridad y condiciones generales de la infraestructura tecnológica utilizada por la organización para soportar sus procesos operativos y administrativos. Este eje es clave para soportar los procesos operativos y habilitar iniciativas de transformación digital dentro de la empresa. Los resultados se presentan en la Gráfica 7.

Gráfica 7. Evaluación nivel de madurez: Dimensión 4 - Tecnología y Herramientas Digitales



Fuente: Elaboración propia

Estos resultados describen aspectos asociados al uso de plataformas tecnológicas, infraestructura informática, mecanismos de conectividad, disponibilidad de herramientas digitales y condiciones relacionadas con integración tecnológica y seguridad de la información. De igual forma, permiten identificar el soporte tecnológico disponible para las actividades desarrolladas por las diferentes áreas de la organización.

Dimensión 5. Experiencia del cliente:

Esta dimensión evaluó el uso de herramientas digitales orientadas a la interacción con clientes, el seguimiento de requerimientos y la gestión de información relacionada con la atención y el relacionamiento comercial, como se presenta en la Gráfica 8.

Gráfica 8. Evaluación nivel de madurez: Dimensión 5 - Experiencia del cliente



Fuente: Elaboración propia

Los resultados presentan información asociada al uso de medios digitales para la comunicación con clientes, mecanismos de seguimiento comercial y disponibilidad de herramientas para la gestión de solicitudes, consultas y trazabilidad de la relación con el cliente. Asimismo, permiten observar el nivel de incorporación tecnológica en los procesos de atención y seguimiento comercial.

Consolidación del nivel de madurez digital

Con el fin de consolidar los resultados obtenidos en la evaluación de madurez digital, se construyó un gráfico radar que representa el promedio alcanzado en cada dimensión del modelo Deloitte. Con el fin de consolidar los resultados obtenidos en la evaluación de madurez digital, se construyó un gráfico radar que representa el promedio alcanzado en cada una de las dimensiones evaluadas, la Gráfica 9 permite visualizar de manera integrada y comparativa el comportamiento de las cinco dimensiones y proporciona una visión general del nivel de desarrollo digital de la organización.

Gráfica 9. Nivel de Madurez digital por dimensión



Fuente: Elaboración propia

Los resultados consolidados corresponden a Estrategia y liderazgo digital (2,75),

Cultura y organización (2,00), Experiencia del cliente (2,25), Tecnología y herramientas digitales (2,00) y Operaciones y procesos (1,5). De acuerdo con los criterios de consolidación establecidos para la evaluación, la organización se ubica en un Nivel 2,1 (Incipiente/sin consolidar o estandarizar) de madurez digital. La interpretación de estos resultados y su relación con los hallazgos identificados en los demás componentes del diagnóstico se desarrolla en el apartado de análisis de resultados.

Benchmarking sectorial de madurez digital

Como complemento al diagnóstico interno, se desarrolló un ejercicio de benchmarking sectorial orientado a comparar el nivel de madurez digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. con tres empresas referentes del sector metalmecánico en Colombia: Estrumetal, Taesmet y Emecon. Estas organizaciones fueron seleccionadas por presentar características sectoriales y operativas que permiten establecer elementos de comparación con la organización objeto de estudio.

La evaluación comparativa se desarrolló mediante una metodología descriptiva basada en inteligencia de mercado, vigilancia tecnológica y análisis de la huella digital corporativa (*digital footprint*) de las empresas seleccionadas. Dado que las organizaciones analizadas pertenecen al sector privado y no se contó con acceso directo a sus instalaciones, sistemas internos o fuentes primarias de información, la recolección de datos se realizó a partir de información pública disponible y se estructuró en dos ámbitos de análisis.

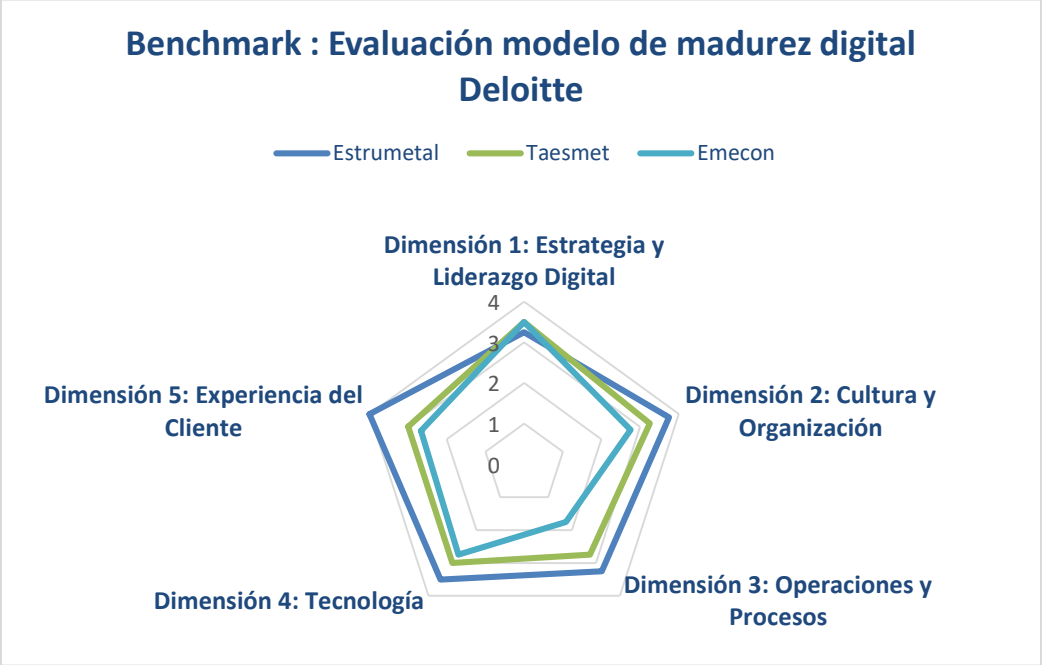
En primer lugar, se analizaron la dimensión financiera y la escala corporativa a partir de información relacionada con ingresos operativos, patrimonio y activos, obtenida del Sistema de Información y Riesgo Empresarial (SIREM) de la

Superintendencia de Sociedades y de la plataforma EMIS Professional, consultada a través de la Biblioteca de la Universidad EAN. Esta información permitió caracterizar la escala económica de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. y establecer elementos de comparación frente a las empresas seleccionadas.

En segundo lugar, se realizó una aproximación al componente tecnológico y al nivel de madurez digital mediante el análisis de la huella digital de las empresas referentes. Para ello, se revisaron sus portales web, memorias corporativas, fichas de proyectos, reportes de sostenibilidad, publicaciones técnicas de la Cámara FEDEMETAL de la ANDI y de CAMACOL, así como referencias públicas relacionadas con soluciones y proveedores de tecnología industrial (ANDI, 2023; CAMACOL, 2023; EMIS Professional, 2024; Superintendencia de Sociedades, 2023).

El contraste entre las organizaciones se estructuró a partir de las cinco dimensiones adaptadas del modelo de madurez digital de Deloitte: Estrategia y liderazgo digital, Cultura y organización, Operaciones y procesos, Tecnología y herramientas digitales y Experiencia del cliente. La valoración permitió establecer una aproximación comparativa al nivel de desarrollo digital observable de las empresas seleccionadas a partir de la información pública disponible. La Gráfica 10 presenta los resultados generales del benchmarking sectorial.

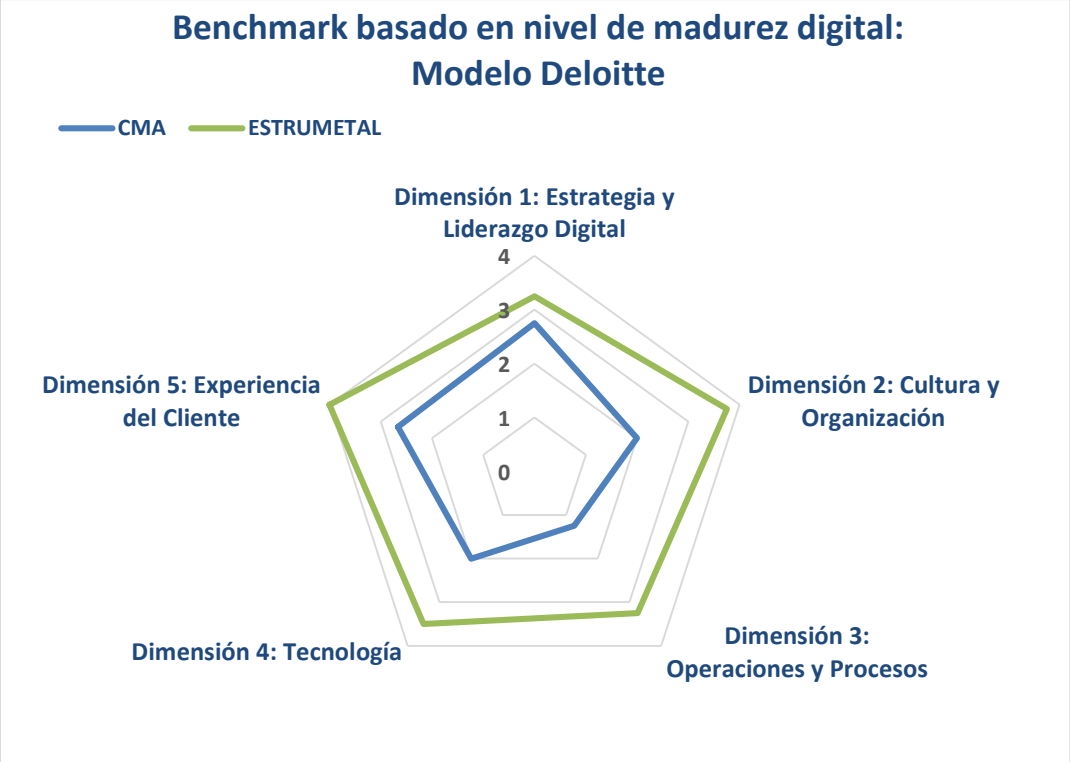
Gráfica 10. Benchmarking Sectorial de madurez digital



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se realizó una comparación específica entre CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. y Estrumetal S.A., seleccionada como referente sectorial por presentar la valoración más alta de madurez digital dentro del grupo de empresas analizadas, de acuerdo con los criterios definidos para el benchmarking y la información pública disponible sobre sus capacidades organizacionales, operativas y tecnológicas (Estrumetal S.A., 2024; EMIS, 2024). La comparación permitió identificar diferencias relativas en las dimensiones evaluadas y establecer elementos de referencia frente al nivel de desarrollo digital observado en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. La Gráfica 11 presenta el resultado comparativo entre ambas organizaciones para cada una de las dimensiones evaluadas.

Gráfica 11. Comparación de madurez digital entre CMA Ingeniería & Construcción S.A.S - Estrumetal S.A.



Fuente: Elaboración propia

El detalle de los criterios de valoración y de los resultados obtenidos para cada organización se presenta en el Anexo G. Resultados benchmarking basado en el modelo de madurez digital de Deloitte.

Análisis e interpretación del componente tecnológico

El análisis del componente tecnológico se desarrolló a partir de la integración de los resultados obtenidos mediante entrevistas al área de Tecnología de la Información (TI), la evaluación del soporte tecnológico en las áreas operativas, la evaluación de madurez digital basada en el modelo de Deloitte y el benchmarking sectorial.

Este enfoque permitió evaluar condiciones relacionadas con integración de

sistemas, interoperabilidad, automatización, monitoreo operativo, trazabilidad digital, gestión de la información y capacidades organizacionales asociadas al uso de la tecnología.

En términos tecnológicos, aunque se identifican avances básicos en infraestructura y conectividad, persisten limitaciones en interoperabilidad, integración de sistemas, arquitectura tecnológica y seguridad de la información. Plataformas como SIIGO, Gespro y SAMM soportan funciones específicas y presentan una integración limitada entre sí; durante el diagnóstico no se identificaron mecanismos estructurados suficientes para el intercambio y sincronización automatizada de datos. Esta condición favorece la fragmentación de la información operativa, administrativa y financiera y dificulta su articulación entre procesos.

Asimismo, se evidencia una alta dependencia de herramientas ofimáticas, particularmente hojas de cálculo, utilizadas para el registro, consolidación y análisis de información. Su utilización se desarrolla con mecanismos limitados de integración transversal, actualización automatizada y control centralizado de la información. Esta condición, sumada al predominio de registros y transferencias manuales y a las limitaciones en la captura automática de datos, refleja un bajo nivel de automatización de determinados flujos operativos y administrativos, incrementando los reprocesos y la dependencia de actividades manuales y dificultando la estandarización de los procesos.

En relación con el monitoreo y control operativo, se identifican capacidades limitadas para la visualización y actualización oportuna del estado de la operación, así como una baja disponibilidad de tableros integrados, reportes automatizados,

indicadores visibles en piso y mecanismos estructurados de monitoreo. De igual forma, no se identificaron herramientas integradas suficientes para realizar el seguimiento transversal del estado, ubicación y avance del material en proceso (WIP), lo que limita la trazabilidad digital, la visibilidad operativa y la articulación entre operación, información y control. Esta situación dificulta la identificación oportuna de desviaciones y el seguimiento de las actividades operativas.

Respecto a la gestión de la información, los datos se generan y administran de manera descentralizada, con niveles limitados de estandarización en los mecanismos de captura, validación y gobierno de datos, lo que dificulta su consolidación, análisis y utilización estratégica por parte de las diferentes áreas y afecta su disponibilidad, consistencia y confiabilidad. En consecuencia, la información no fluye de manera continua ni estructurada a lo largo de la operación, el flujo de información depende en buena medida de transferencias y consolidaciones realizadas entre áreas, en lugar de mecanismos integrados y automatizados de intercambio de datos.

Desde la perspectiva estratégica y organizacional, se evidencia una limitada formalización de la estrategia tecnológica para articular las iniciativas digitales con los objetivos del negocio. En este contexto, la gestión tecnológica se orienta principalmente al soporte operativo y administrativo, con capacidades aún incipientes de planificación tecnológica, priorización de iniciativas digitales y direccionamiento de la transformación digital. Aunque existe disposición organizacional hacia el cambio, se observan oportunidades de fortalecimiento relacionadas con la apropiación tecnológica, la formación en competencias digitales y la digitalización de los procesos. Estas condiciones son coherentes con las limitaciones de trazabilidad, coordinación y control

identificadas en los componentes físico-operativo y organizacional.

Los resultados de la evaluación de madurez digital muestran un desarrollo heterogéneo entre las dimensiones analizadas, con mayores valoraciones en Estrategia y liderazgo digital (2,75), seguidas de Cultura y organización (2,00) y Experiencia del cliente (2,25), mientras que Tecnología y herramientas digitales (2,00) y Operaciones y procesos (1,5) presentan las valoraciones más bajas. Estos resultados son consistentes con las limitaciones identificadas en automatización, integración tecnológica, interoperabilidad, monitoreo operativo, trazabilidad y aprovechamiento estratégico de la información. Asimismo, se identifican oportunidades de fortalecimiento en el uso de herramientas digitales para la gestión y seguimiento de la información asociada a clientes.

Por su parte, el benchmarking sectorial permite identificar diferencias relativas entre CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. y las empresas de referencia analizadas, particularmente en capacidades relacionadas con integración tecnológica, automatización, monitoreo operativo, digitalización de procesos y aprovechamiento de la información. Dentro de este ejercicio comparativo, debido que Estrumetal S.A. obtuvo la valoración más alta a partir de los criterios establecidos y de la información pública disponible, se constituye como un referente para identificar oportunidades de evolución digital aplicables al contexto de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

La siguiente tabla presenta las valoraciones cualitativas de las capacidades tecnológicas examinadas. Estas valoraciones se sustentan en las condiciones identificadas mediante las entrevistas, la caracterización de los sistemas y la evaluación del soporte tecnológico en las áreas operativas. Los resultados del

instrumento de madurez digital y del benchmarking se presentan separadamente, debido a que requieren sus propios criterios de interpretación.

Tabla 15. Síntesis de condiciones Tecnológicas identificadas

Aspecto evaluado	Condición identificada y sustento	Valoración propuesta	Hallazgos asociados
Integración de sistemas	SIIGO, Gespro y SAMM operan de manera independiente, sin mecanismos estructurados de intercambio de datos identificados en el diagnóstico.	**Baja:** la integración entre las plataformas examinadas es limitada.	HT1
Automatización del registro e intercambio de información	Predominan registros, transferencias y consolidaciones manuales; se describen limitaciones de captura automática en planta.	**Baja:** la automatización de estos flujos de información es limitada.	HT2 y HT3
Monitoreo operativo en tiempo real	No se identificaron mecanismos integrados suficientes para actualizar y visualizar oportunamente el estado de la operación.	**Bajo:** el monitoreo digital continuo no está consolidado.	HT3
Trazabilidad digital del material en proceso	No se dispone de herramientas integradas suficientes para relacionar ubicación, estado y avance del material entre etapas.	**Baja:** el seguimiento digital transversal es limitado.	HT3 y HF5
Aprovechamiento de información para el seguimiento y las decisiones	Los datos se administran de manera descentralizada y requieren consolidaciones manuales, con limitaciones para generar indicadores integrados.	**Bajo:** el aprovechamiento analítico transversal no está consolidado.	HT1, HO8 y HTR1
Dependencia de archivos ofimáticos y consolidación manual	Las hojas de cálculo participan en el registro y análisis, sin integración transversal ni controles centralizados suficientes.	**Alta:** estos archivos y actividades manuales tienen un papel central en la gestión examinada.	HT1 y HTR1

Fuente: Elaboración propia

De manera integral, las condiciones identificadas no corresponden a problemáticas aisladas, sino que reflejan una desarticulación entre la infraestructura tecnológica, los procesos operativos, la gestión de la información y las capacidades

organizacionales. En este contexto, la tecnología cumple principalmente una función de soporte operativo y administrativo y aún presenta oportunidades de evolución para consolidarse como habilitador estratégico del negocio. El fortalecimiento de la integración, la trazabilidad, el monitoreo, la gestión de la información y las capacidades analíticas constituye, por tanto, un elemento relevante para avanzar hacia procesos más articulados y una toma de decisiones basada en información confiable.

La valoración del nivel de madurez digital corresponde a los resultados y criterios de interpretación del instrumento adaptado tomando como referencia el modelo de madurez digital de Deloitte, desarrollados en el apartado Evaluación del nivel de madurez digital y en el Anexo F. Por su parte, los resultados comparativos frente a los referentes sectoriales se presentan en el apartado de benchmarking y en el Anexo G, considerando los criterios, las fuentes de información pública y las limitaciones propias de este ejercicio comparativo.

Implicaciones para la organización

Las condiciones identificadas en el componente tecnológico tienen implicaciones sobre los procesos, el desempeño operativo, la gestión de la información y la capacidad de la organización para responder a las exigencias del entorno.

En el ámbito operativo, la limitada interoperabilidad entre sistemas, la dependencia de registros manuales y el bajo nivel de automatización de determinados flujos de información restringen el seguimiento y control integrado del proceso productivo, estas condiciones dificultan el monitoreo oportuno de la operación, incrementan la dependencia de actividades manuales y pueden favorecer reprocesos y errores asociados a la gestión de la información. Asimismo, limitan la capacidad para

identificar oportunamente desviaciones y gestionar de manera proactiva los cambios o eventos que se presentan durante la operación.

En términos de trazabilidad y control del flujo productivo, la disponibilidad limitada de herramientas integradas para el seguimiento del material en proceso restringe la visibilidad sobre su estado, ubicación y avance entre las diferentes etapas productivas. Esta condición dificulta el seguimiento transversal de la operación y la articulación de la información entre las áreas involucradas en la ejecución de las actividades operativas.

Desde la perspectiva de la gestión de la información, la fragmentación tecnológica, la dispersión de los datos y las limitaciones en su integración y aprovechamiento estratégico dificultan la consolidación de la información operativa, financiera y productiva en una visión integrada del negocio. Esta condición limita la generación de indicadores consolidados y la disponibilidad oportuna de información integrada y confiable, incrementando la dependencia de procesos manuales de consolidación para el seguimiento y la toma de decisiones.

Asimismo, la dependencia de herramientas ofimáticas y de archivos gestionados de manera descentralizada puede incrementar el riesgo de inconsistencias, duplicidad y dificultades en el control de la información, afectando su calidad, consistencia, disponibilidad y confiabilidad para el seguimiento y control de los procesos.

Desde la perspectiva estratégica, las limitaciones en integración, arquitectura tecnológica y gestión de las iniciativas digitales restringen la capacidad de la organización para evolucionar hacia modelos de operación más integrados y escalables mediante el uso de tecnología. Estas condiciones dificultan la

automatización de procesos y el desarrollo progresivo de capacidades de analítica, monitoreo y gestión basada en datos. Asimismo, la dependencia de actividades manuales y del conocimiento operativo individual puede dificultar la estandarización, sostenibilidad y escalabilidad de las mejoras implementadas, así como la consolidación de las capacidades necesarias para avanzar en el proceso de transformación digital.

En términos competitivos, las diferencias relativas identificadas mediante el benchmarking frente a las empresas de referencia analizadas muestran oportunidades de fortalecimiento para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. en capacidades relacionadas con integración, trazabilidad, automatización y aprovechamiento estratégico de la información. El fortalecimiento de estas capacidades adquiere relevancia frente a entornos industriales caracterizados por una creciente incorporación de tecnologías digitales en los procesos productivos y de gestión.

En conjunto, las condiciones identificadas reflejan restricciones en la capacidad de la organización para articular la tecnología, los procesos y la información como capacidades integradas de soporte al negocio. Su fortalecimiento resulta relevante para mejorar la visibilidad y trazabilidad de la operación, reducir la dependencia de actividades manuales, favorecer la disponibilidad de información integrada y confiable y fortalecer progresivamente la toma de decisiones basada en datos. Estas implicaciones constituyen un insumo para la identificación y priorización de las capacidades que deberán ser consideradas en la formulación de la propuesta de solución y la hoja de ruta de transformación digital.

Síntesis del Diagnóstico Tecnológico

El diagnóstico tecnológico de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. evidencia

un entorno caracterizado por una integración limitada entre los sistemas de información, una alta dependencia de actividades manuales y una articulación aún incipiente entre la tecnología, los procesos y la gestión organizacional.

La organización cuenta con herramientas que soportan diferentes actividades operativas y administrativas; sin embargo, estas no conforman actualmente un ecosistema tecnológico suficientemente integrado que permita gestionar la información de manera transversal a lo largo de los procesos del negocio. En este contexto, la operación depende en buena medida de registros manuales, herramientas ofimáticas, archivos gestionados de manera descentralizada y mecanismos con niveles limitados de integración para la captura, consolidación y seguimiento de la información.

En términos de arquitectura tecnológica, se identifican limitaciones relacionadas con interoperabilidad, automatización, trazabilidad digital y monitoreo operativo, que restringen la capacidad de seguimiento y control integrado de la operación. Asimismo, las limitaciones existentes en los mecanismos de integración y gobierno de datos dificultan la disponibilidad oportuna de información integrada y confiable, así como su aprovechamiento para la gestión y la toma de decisiones.

Desde la perspectiva de madurez digital, los resultados evidencian niveles bajos a medios en dimensiones relacionadas con tecnología, operaciones, automatización y uso estratégico de la información, ubicando a la organización en una etapa temprana de desarrollo digital. Esta condición refleja una limitada adopción de herramientas digitales, baja capacidad para integrar la información a lo largo del flujo operativo y una tecnología que aún no se encuentra plenamente articulada con los procesos del negocio ni orientada a la generación de valor estratégico. De manera complementaria,

el benchmarking sectorial evidencia brechas frente a referentes del sector en integración tecnológica, digitalización operativa y aprovechamiento de la información, lo que refleja un rezago en la adopción de tecnologías y en la integración de procesos soportados por información.

En este contexto, el área de TI presenta un enfoque predominantemente operativo, centrado en la atención de requerimientos técnicos, con limitada articulación estratégica, ausencia de mecanismos estructurados de priorización y baja integración con los objetivos de transformación digital de la organización.

En conjunto, las condiciones identificadas evidencian que el sistema tecnológico no opera como un habilitador estratégico del negocio, sino como un soporte funcional orientado principalmente a actividades operativas y administrativas.

No obstante, la identificación de estas condiciones constituye una base estructurada para el diseño de iniciativas orientadas al fortalecimiento de la arquitectura tecnológica, la integración de sistemas, la adopción de herramientas digitales, la trazabilidad de la operación y el uso estratégico de la información, en articulación con los componentes físico–operativo y organizacional, como soporte para el desarrollo de una hoja de ruta de transformación digital sostenible.

Diagnóstico Integrado

El diagnóstico integrado de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se desarrolló a partir de la articulación sistémica de los resultados obtenidos en los componentes físico–operativo, organizacional y tecnológico, con el propósito de comprender cómo las condiciones identificadas interactúan entre sí y afectan el desempeño global de la organización. A diferencia de los análisis individuales, este capítulo no busca reiterar

las situaciones previamente descritas, sino establecer relaciones causales entre los componentes evaluados, identificando restricciones estructurales que impactan la eficiencia operativa, la trazabilidad de la información, la capacidad de control y la toma de decisiones.

Desde esta perspectiva, el diagnóstico integrado adopta un enfoque sistémico, entendiendo que las problemáticas observadas no corresponden a condiciones aisladas, sino a factores interdependientes que se retroalimentan y generan efectos acumulativos sobre la operación, la gestión organizacional y el soporte tecnológico de la empresa.

En este contexto, el análisis integrado constituye la base para la identificación de brechas estructurales y para la formulación de la hoja de ruta tecnológica propuesta en el marco de la consultoría.

Trazabilidad metodológica de hallazgos diagnósticos

Con el propósito de asegurar trazabilidad metodológica, facilitar la referencia cruzada entre los resultados del diagnóstico y mantener coherencia con la formulación de la hoja de ruta tecnológica propuesta, las situaciones identificadas durante el desarrollo de la consultoría fueron consolidadas y clasificadas por componente (Ver Anexo H).

Para su identificación, se empleó una nomenclatura estructurada según el componente analizado: HF (Hallazgo Físico–Operativo), HO (Hallazgo Organizacional), HT (Hallazgo Tecnológico) y HTR (Hallazgo Transversal), seguida de una numeración consecutiva (HF1, HF2, HO1, HT1, etc.), permitiendo relacionar explícitamente cada hallazgo con las brechas estructurales identificadas y con las iniciativas planteadas en

la hoja de ruta tecnológica.

Estos hallazgos cumplen una función diagnóstica y analítica, constituyendo la base para la identificación de restricciones, relaciones causales y oportunidades de mejora. La definición, priorización y estructuración de soluciones se desarrolla posteriormente en el capítulo correspondiente a la propuesta de solución y hoja de ruta tecnológica.

Adicionalmente, en el desarrollo del diagnóstico integrado se incorporan Hallazgos Integrados Estratégicos (HI), los cuales sintetizan las principales restricciones estructurales identificadas a partir de la articulación sistémica entre los componentes físico–operativo, organizacional y tecnológico, con el fin de consolidar una visión ejecutiva e integrada de las condiciones que afectan el desempeño global de la organización.

Hallazgos Integrados Estratégicos (HI)

A partir de la articulación sistémica de los resultados obtenidos en los componentes físico–operativo, organizacional y tecnológico, se identificaron los siguientes hallazgos integrados estratégicos, los cuales sintetizan las principales restricciones estructurales que afectan la operación, la gestión de la información y la capacidad de evolución tecnológica de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.***:***

- **HI1. Desarticulación entre operación, tecnología y gestión de la información.**

La organización presenta limitaciones estructurales en la articulación entre los procesos operativos, las capacidades tecnológicas y los mecanismos de gestión de la información.

- **HI2. Baja capacidad de monitoreo y control operativo.**

La organización presenta restricciones en seguimiento, monitoreo y control de la operación, limitando la visibilidad y sincronización de los procesos productivos.

- **HI3. Dependencia de mecanismos manuales y conocimiento tácito.**

La ejecución operativa se soporta en mecanismos manuales, comunicación informal y dependencia del conocimiento individual para la gestión de actividades e información.

- **HI4. Limitada capacidad de escalabilidad y transformación digital.**

Las condiciones físicas, organizacionales y tecnológicas restringen la evolución hacia modelos de operación más integrados, escalables y digitalmente soportados.

- **HI5. Brecha competitiva frente a referentes del sector.**

La organización presenta un nivel de madurez digital inferior frente a referentes del sector metalmecánico, particularmente en capacidades de integración, automatización y gestión de información.

Análisis sistémico integrado

El análisis sistémico integrado evidencia que las restricciones identificadas en los componentes físico–operativo, organizacional y tecnológico no operan de forma independiente, sino que se encuentran estrechamente relacionadas y generan efectos acumulativos sobre el desempeño global de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. Desde la perspectiva físico–operativa, las limitaciones asociadas a la configuración del layout, los recorridos no lineales, las zonas de congestión y la baja trazabilidad del material en proceso afectan la continuidad del flujo productivo y reducen la capacidad de control sobre la operación. Estas condiciones se ven amplificadas por la ausencia de herramientas tecnológicas integradas que permitan monitorear y sincronizar la

ejecución de las actividades en tiempo real.

En este contexto, la operación aislada de plataformas como SIIGO, Gespro y SAMM, junto con el uso intensivo de herramientas ofimáticas, evidencia una baja interoperabilidad entre procesos y una alta dependencia de mecanismos manuales para la consolidación y gestión de la información. Estas condiciones restringen la trazabilidad digital, reducen la visibilidad de la operación y dificultan el seguimiento y control de los procesos.

Estas condiciones tecnológicas se articulan con factores organizacionales asociados a mecanismos de coordinación entre áreas poco estructurados, alta dependencia del conocimiento tácito y ausencia de lineamientos integrados para la gestión de procesos y datos. Como resultado, la ejecución operativa se soporta en comunicación informal y validaciones manuales, generando variabilidad en los procesos y dificultades para articular las actividades de planeación, abastecimiento, producción y despacho.

De manera transversal, la gestión de la información se configura como uno de los principales ejes críticos de la organización. La dispersión de datos, la ausencia de indicadores estructurados y las limitaciones en monitoreo y control reflejan una débil articulación entre procesos, tecnología y gestión organizacional, restringiendo la capacidad de la organización para soportar la operación mediante información integrada y trazable.

En términos estratégicos, la limitada integración entre capacidades tecnológicas, procesos operativos y direccionamiento organizacional restringe el desarrollo de iniciativas de transformación digital y dificulta la evolución hacia modelos de gestión

más integrados y orientados a datos.

El benchmarking sectorial confirma estas condiciones al evidenciar brechas relevantes frente a referentes del sector metalmecánico, particularmente en automatización, integración tecnológica, monitoreo operativo y madurez digital, reflejando un rezago relativo en la incorporación de capacidades digitales como soporte de la competitividad organizacional.

En conjunto, el análisis sistémico integrado evidencia que las limitaciones identificadas responden a una desarticulación estructural entre infraestructura física, gestión organizacional, capacidades tecnológicas y gestión de la información. Estas condiciones configuran un entorno operativo fragmentado, con baja integración entre procesos y alta dependencia de mecanismos manuales para la ejecución y control de las actividades.

Brechas estructurales identificadas

A partir del análisis sistémico integrado, se identifican las siguientes brechas estructurales que condicionan el desempeño operativo, tecnológico y organizacional de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.:

- **Brecha en integración tecnológica.** Limitada interoperabilidad entre sistemas y baja articulación entre tecnología y procesos operativos, generando dependencia de herramientas ofimáticas y restricciones en la gestión integrada de la información.
- **Brecha en trazabilidad operativa.** Ausencia de mecanismos integrados para monitorear el estado, ubicación y avance de materiales y procesos.
- **Brecha en monitoreo y control operativo.** Limitada capacidad de seguimiento en tiempo real y ausencia de indicadores estructurados para el control de la operación.

- **Brecha en gestión de la información.** Dispersión de datos y limitada capacidad para consolidar información confiable y útil para la gestión organizacional.
- **Brecha en articulación organizacional.** Débil integración entre áreas y alta dependencia de mecanismos informales de coordinación operativa.
- **Brecha en automatización operativa y digitalización.** Predominio de procesos manuales y bajo nivel de incorporación de herramientas digitales en la operación.
- **Brecha en direccionamiento y madurez digital.** Ausencia de una estrategia digital estructurada y limitada alineación entre tecnología, procesos y objetivos organizacionales, restringiendo la evolución hacia modelos de gestión más integrados y orientados a datos.
- **Brecha en toma de decisiones basada en datos.** Uso limitado de información integrada y ausencia de mecanismos analíticos estructurados para soportar la toma de decisiones.

Estas brechas evidencian la necesidad de fortalecer de manera articulada las capacidades operativas, tecnológicas y organizacionales de la empresa, mediante mecanismos que permitan integrar procesos, información y gestión como base para la implementación de la hoja de ruta tecnológica y el fortalecimiento de la capacidad operativa y competitiva de la organización.

Implicaciones estratégicas para la organización

Las condiciones identificadas en el diagnóstico integrado tienen implicaciones directas sobre la eficiencia operativa, la capacidad de control, la escalabilidad de la operación y la sostenibilidad competitiva de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Estas condiciones reducen la capacidad de la organización para controlar y

sincronizar de manera eficiente la operación, afectando la continuidad de los procesos y limitando la capacidad de respuesta frente a variaciones en la demanda, requerimientos del cliente y exigencias del entorno competitivo.

Asimismo, las limitaciones identificadas afectan la coordinación entre abastecimiento, producción y procesos asociados a la cadena de suministro, dificultando la articulación con proveedores estratégicos y reduciendo la capacidad de respuesta operativa frente a requerimientos internos y condiciones del entorno. La dependencia de mecanismos manuales y de información no integrada incrementa la complejidad operativa y restringe la capacidad de estandarización y escalabilidad de los procesos organizacionales. Esta situación limita el aprovechamiento de la información como soporte estratégico para la gestión, el seguimiento operativo y la toma de decisiones.

Desde la perspectiva tecnológica, las restricciones en integración de sistemas, automatización y direccionamiento digital limitan la capacidad de la organización para incorporar soluciones tecnológicas de manera sostenible y avanzar hacia modelos de operación más conectados, trazables y orientados al uso de datos.

En términos organizacionales, estas condiciones afectan la capacidad de adaptación y evolución de la empresa frente a dinámicas de transformación digital y mejora continua, restringiendo la consolidación de capacidades operativas y tecnológicas alineadas con las exigencias del sector.

De manera estratégica, las brechas identificadas reducen la competitividad de la organización y limitan su capacidad para fortalecer mecanismos de control, eficiencia operativa y gestión integrada de la información, en un entorno industrial que demanda

mayores niveles de digitalización, trazabilidad y capacidad analítica.

En conjunto, las limitaciones físicas, organizacionales y tecnológicas evidencian la necesidad de fortalecer de manera articulada las capacidades operativas, tecnológicas y de gestión de la organización, como base para mejorar la eficiencia, incrementar la capacidad de control y habilitar procesos sostenibles de escalabilidad, evolución tecnológica y transformación digital.

Síntesis priorizada del diagnóstico integrado

Situación actual

CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. dispone de capacidades productivas y herramientas tecnológicas que apoyan su operación, pero presenta limitaciones en la articulación del flujo físico de materiales, la coordinación entre áreas y la gestión de información. El diagnóstico identificó recorridos no lineales, congestión localizada y dificultades para conocer oportunamente la ubicación y el estado del material en proceso. Asimismo, el uso aislado de SIIGO, Gespro y SAMM, junto con registros manuales y archivos ofimáticos, dificulta consolidar información para el seguimiento transversal de la operación.

Fortalezas

La organización cuenta con experiencia técnica en el sector metalmecánico, capacidad productiva instalada y conocimiento de sus procesos. También dispone de una estructura funcional y de herramientas tecnológicas que soportan actividades operativas y administrativas. Estas condiciones proporcionan una base para desarrollar iniciativas de transformación digital ajustadas a su contexto, acompañadas de coordinación entre áreas y criterios comunes para gestionar la información.

Brechas y oportunidades prioritarias

La primera prioridad consiste en establecer las bases de gobierno de datos e integración tecnológica: responsables de información, definiciones comunes, catálogos maestros, reglas de calidad y lineamientos de intercambio entre sistemas. La segunda corresponde al fortalecimiento de la trazabilidad del material en proceso mediante registros digitales de ubicaciones, movimientos y estados en puntos críticos. La tercera se relaciona con la coordinación entre planeación, abastecimiento, producción y despacho, junto con mecanismos de monitoreo e indicadores. La revisión de recorridos y del uso del espacio debe acompañar estas iniciativas para que las capacidades digitales respondan a las condiciones reales de la planta.

Estas prioridades se vinculan con las necesidades de gobierno de datos e integración tecnológica (N1 y N2), trazabilidad del material en proceso (N3), control de planta (N4) y monitoreo operativo (N5), desarrolladas en la hoja de ruta. La secuencia propuesta parte de capacidades fundacionales que habilitan iniciativas posteriores. Los detalles y soportes permanecen en los apartados de cada componente y en los anexos correspondientes. Los beneficios sobre tiempos, eficiencia y control deberán verificarse mediante la implementación y evaluación posterior de la propuesta.

En este sentido, los resultados obtenidos constituyen la base para la formulación de la hoja de ruta tecnológica propuesta, orientada al fortalecimiento progresivo de la integración de procesos, la gestión de la información, el monitoreo operativo y la capacidad de toma de decisiones, como soporte para la evolución tecnológica y operativa de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Propuesta de solución y hoja de ruta tecnológica

A partir de las brechas identificadas en el diagnóstico integrado, se diseñó una hoja de ruta de transformación digital para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., orientada a fortalecer la gestión de procesos, la trazabilidad del flujo interno de materiales y el aprovechamiento de la información para la toma de decisiones. El capítulo presenta una síntesis ejecutiva y desarrolla las necesidades priorizadas, la arquitectura de solución, los requerimientos y las actividades por oleada, junto con indicadores, lineamientos de implementación y una estimación referencial de inversión. La propuesta constituye una base de planificación; su implementación y la evaluación de sus beneficios corresponden a etapas posteriores.

Propuesta ejecutiva y decisiones iniciales

La propuesta consiste en desarrollar progresivamente capacidades de gestión de la información, trazabilidad del material en proceso, integración de sistemas y análisis de datos para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. Su punto de partida es establecer las bases de gobierno y estandarización de los datos y definir los mecanismos de integración. Posteriormente, se plantea un piloto de trazabilidad en planta, su articulación con los sistemas de información de la organización y el desarrollo de capacidades analíticas.

El alcance comprende los procesos y flujos de información examinados durante la consultoría, particularmente la coordinación entre abastecimiento, producción, inventarios y despacho. Las plataformas ERP, WMS, MES, las tecnologías de identificación y las herramientas de inteligencia de negocios se consideran alternativas funcionales cuya selección deberá responder a las necesidades y condiciones de la

empresa.

La consultoría entrega el diagnóstico y el diseño de la hoja de ruta. Los entregables previstos para cada oleada corresponden a una implementación posterior, sujeta a la disponibilidad de recursos, la aprobación organizacional y la verificación de las condiciones de avance. La tabla 16 presenta una síntesis ejecutiva de la propuesta de transformación digital.

Tabla 16. Síntesis ejecutiva de la propuesta de transformación digital.

Oleada y plazo referencial	Alcance y entregable esperado	Responsables propuestos	Condición propuesta para avanzar
0. **Capacidades fundacionales (semanas 0–8)**	Definir responsables, inventario de información, datos maestros, reglas de calidad y arquitectura de integración. Entregable: base de gobierno de datos y alcance del piloto.	Gerencia General y TI; coordinación del Jefe de Planta y participación de las áreas involucradas.	Responsables y alcances aprobados; datos críticos definidos; recursos iniciales y lineamientos de integración establecidos.
1. Trazabilidad y control operativo (semanas 8-20)	Implementar un piloto de identificación y registro digital de ubicaciones, movimientos y estados del material en proceso. Entregable: registros y tableros básicos del proceso piloto.	Producción y TI, con apoyo de Logística, Calidad y Compras.	Comprobar que los registros permiten seguir el material dentro del alcance piloto; verificar calidad de datos y uso por los responsables.
2. Integración operativa (semanas 20-32)	Integrar progresivamente los flujos prioritarios entre SIIGO, Gespro, SAMM y las capacidades incorporadas en el piloto. Entregable: intercambios de información documentados y probados.	TI, con participación de Producción, Compras, Logística, Administración y Finanzas.	Pruebas de intercambio satisfactorias; consistencia de datos y procedimientos de operación y soporte verificados.
3. Analítica y soporte a decisiones (semanas 32-44)	Estructurar indicadores, modelos de información y tableros operativos y gerenciales. Entregable: capacidades iniciales de análisis basadas en datos integrados.	TI y Gerencia General, con líderes de proceso.	Indicadores, fuentes y reglas de cálculo acordados; tableros contrastados con los registros y revisados por sus usuarios.

4. Apropiación y evolución digital (semanas 44-60)	Fortalecer formación, adopción, seguridad, continuidad y seguimiento de capacidades digitales. Entregable: mecanismos de sostenimiento y actualización de la hoja de ruta.	Gerencia General y TI, con Talento Humano, líderes de proceso y Comité de Transformación Digital.	Evidencia de uso de las capacidades, responsables de soporte definidos y revisión de resultados para decidir continuidad o ampliación.

Fuente: Elaboración propia

Nota. Los plazos son referenciales, el avance depende del cumplimiento de los entregables y de la capacidad organizacional disponible. La formación, la seguridad y la gestión del cambio deberán abordarse desde las primeras oleadas y fortalecerse durante la oleada 4.

Decisiones para iniciar la propuesta

El inicio requiere que la Gerencia General apruebe el alcance de la Oleada 0, designe los responsables y determine los recursos disponibles. El Jefe de Planta coordinará las actividades con TI y las áreas participantes, considerando sus cargas de trabajo y la continuidad de la operación.

El piloto de trazabilidad deberá delimitarse a un flujo, una familia de materiales o un conjunto de órdenes que permita seguir la ubicación, los movimientos y los estados del material entre puntos definidos. Su selección considerará las restricciones observadas en corte, ensamble, almacenamiento y despacho, así como la disponibilidad de información y la participación del personal. La delimitación final corresponderá a la empresa.

Antes de ejecutar el piloto, se deberán acordar los eventos que se registrarán, los responsables, las fuentes de información, los indicadores y los criterios de aceptación. Los resultados del piloto servirán para ajustar la solución y decidir su

ampliación.

La síntesis ejecutiva y las decisiones iniciales ofrecen una visión de conjunto de la propuesta. Los apartados siguientes desarrollan el detalle necesario para evaluar su viabilidad y orientar una futura implementación.

Fundamentos y criterios de estructuración

La hoja de ruta de transformación digital para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se fundamenta en las brechas identificadas en el diagnóstico integrado y en las relaciones de dependencia entre capacidades operativas, organizacionales y tecnológicas. Su estructuración busca asegurar que el desarrollo de nuevas capacidades responda a condiciones habilitantes previamente definidas y que la tecnología actúe como soporte para la gestión de procesos, la trazabilidad y la toma de decisiones. La estructuración de la hoja de ruta responde a los siguientes criterios:

- **Correspondencia con el diagnóstico:** vincular las iniciativas con las brechas y necesidades priorizadas de la organización.
- **Dependencia entre capacidades:** establecer los prerrequisitos que habilitan el desarrollo de cada oleada.
- **Interoperabilidad:** orientar el intercambio de información entre procesos y plataformas operativas, administrativas y analíticas.
- **Modularidad y escalabilidad:** permitir una implementación gradual, con posibilidades de ajuste y ampliación.
- **Viabilidad organizacional:** considerar la disponibilidad de recursos, las responsabilidades y la continuidad de la operación.
- **Seguimiento y sostenimiento:** definir entregables, indicadores y condiciones de

avance, junto con mecanismos de adopción, seguridad y mejora continua.

Estos criterios orientan el diseño de la propuesta y deberán revisarse durante su futura implementación, de acuerdo con las condiciones y prioridades de la empresa.

Necesidades priorizadas y hallazgos asociados

Las necesidades estratégicas de transformación tecnológica de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. fueron definidas a partir de las brechas estructurales identificadas en el diagnóstico integrado y priorizadas según su impacto sobre la trazabilidad operativa, la integración de procesos, la gestión de la información y la capacidad de evolución tecnológica de la organización.

Estas necesidades no corresponden únicamente a requerimientos tecnológicos aislados, sino a capacidades estratégicas orientadas a fortalecer progresivamente la interoperabilidad, el monitoreo operativo, la automatización, la gestión organizacional y el soporte a la toma de decisiones basada en datos. Su formulación responde a las restricciones identificadas en los componentes físico–operativo, organizacional y tecnológico, estableciendo condiciones habilitantes para la implementación gradual de la hoja de ruta tecnológica propuesta.

Para facilitar su implementación y alineación con las capacidades actuales de la organización, las necesidades fueron clasificadas según nivel de prioridad estratégica e impacto organizacional. Cada necesidad ha sido identificada y codificada como N1, N2, …, N12, y se encuentra priorizada de acuerdo con su criticidad, alcance e impacto estratégico en la organización. Para cada necesidad expuesta se indican los hallazgos asociados (HF/HO/HT), con el fin de asegurar la trazabilidad entre el diagnóstico y la propuesta de solución.

Prioridad Estratégica Alta

Habilitadores fundamentales para trazabilidad, integración y control operativo.

Tabla 17. Necesidades de transformación - Capacidades de gestión e integración de información.

CAPACIDADES DE GESTIÓN E INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN		
Necesidad Identificada	**Descripción**	**Hallazgos asociados**
N1. Fortalecimiento del gobierno y gestión de datos	Establecer mecanismos estructurados para la administración y estandarización de datos relacionados con materiales, ubicaciones, recursos y estados operativos, definiendo responsables, lineamientos y criterios de calidad que permitan consolidar una fuente de información integrada y confiable para la organización, incluyendo la consolidación de catálogos maestros y criterios unificados para la gestión de datos operativos y administrativos.	HO2 (gobierno de la información y trazabilidad administrativa insuficientes), HT1 (integración de sistemas inexistente y gestión de datos fragmentada), HTR1 (limitaciones transversales en gestión de la información).
N2. Fortalecimiento de la arquitectura de integración tecnológica	Definir una arquitectura tecnológica modular, escalable e interoperable que permita estructurar los flujos de información, dependencias tecnológicas y mecanismos de integración entre plataformas y procesos organizacionales, favoreciendo una evolución tecnológica progresiva y alineada con las necesidades del negocio.	HT4 (arquitectura tecnológica sin direccionamiento ni secuencia de implementación), HT1 (integración de sistemas inexistente y gestión de datos fragmentada), HO6 (alineación estratégica digital parcial), HO4 (rol de TI centrado en soporte reactivo).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Necesidades de transformación - Capacidades de trazabilidad y control operativo.

CAPACIDADES DE TRAZABILIDAD Y CONTROL OPERATIVO		
Necesidad Identificada	**Descripción**	**Brechas y hallazgos asociados**

N3. Fortalecimiento de la trazabilidad operativa del material en proceso	Incorporar mecanismos de identificación y captura digital de información que permitan realizar seguimiento al flujo de materiales y productos en proceso (WIP), fortaleciendo el control de la producción y la visibilidad operativa sobre las actividades en planta.	HF5 (trazabilidad física insuficiente del proceso productivo), HT3 (ausencia de monitoreo en tiempo real y digitalización del piso operativo), HF6 (falta de estandarización y control operativo del proceso).
N4. Fortalecimiento de la gestión operativa y control de planta	Incorporar capacidades tecnológicas orientadas a la planificación operativa, secuenciación de actividades, seguimiento del material en proceso y control de operaciones en planta, favoreciendo una mayor coordinación entre procesos y fortaleciendo la capacidad de monitoreo operativo. Estas capacidades podrán ser soportadas mediante plataformas de gestión operativa tipo WMS/MES, integradas progresivamente con los sistemas administrativos y de gestión existentes.	HT3 (ausencia de monitoreo en tiempo real y digitalización del piso operativo), HF5 (trazabilidad física insuficiente del proceso productivo), HO1 (coordinación entre áreas limitada), HF6 (falta de estandarización y control operativo del proceso).
N5. Fortalecimiento del monitoreo operativo en tiempo real	Incorporar mecanismos de captura y monitoreo en tiempo real en puntos críticos de la operación, permitiendo registrar eventos operativos, identificar congestiones, fortalecer el control de materiales y mejorar la visibilidad sobre el comportamiento de los procesos productivos. Esta necesidad contempla el uso progresivo de tecnologías de captura automática de datos, sensores operativos y mecanismos de identificación digital orientados al monitoreo y control en tiempo real.	HF1 (layout inadecuado y flujos cruzados), HF2 (saturación y uso ineficiente del espacio operativo), HF3 (deficiencias en rutas, señalización y control de circulación), HT3 (ausencia de monitoreo en tiempo real y digitalización del piso operativo).

Fuente: Elaboración propia

Prioridad Estratégica Media

Consolidación de integración operativa, gestión y analítica

Tabla 19. Necesidades de transformación - Capacidades de integración empresarial y gestión organizacional

CAPACIDADES DE INTEGRACIÓN EMPRESARIAL Y GESTIÓN ORGANIZACIONAL

Necesidad Identificada	Descripción	Brechas y hallazgos asociados
N6. Fortalecimiento de la interoperabilidad entre sistemas organizacionales	Consolidar mecanismos de integración entre plataformas existentes como SIIGO, Gespro y SAMM, con el propósito de reducir silos de información, minimizar reprocesos y mejorar la sincronización entre procesos operativos, administrativos y financieros.	HT1 (integración de sistemas inexistente y gestión de datos fragmentada), HO2 (gobierno de la información y trazabilidad administrativa insuficientes), HO9 (gestión documental no estandarizada), HTR1 (limitaciones transversales en gestión de la información).
N7. Fortalecimiento de la integración empresarial y operativa	Establecer capacidades de gestión integrada para los procesos de producción, abastecimiento, logística, mantenimiento, gestión administrativa y coordinación con proveedores estratégicos, favoreciendo la consolidación de información operativa, la articulación de procesos asociados a la cadena de suministro y el soporte coordinado de las actividades organizacionales. Estas capacidades podrán consolidarse progresivamente mediante plataformas empresariales integradas tipo ERP modular orientadas a producción, logística, abastecimiento y gestión administrativa.	HO1 (coordinación entre áreas limitada), HO8 (medición y control gerencial de desempeño incompletos), HT1 (integración de sistemas inexistente y gestión de datos fragmentada), HO7 (gestión de proveedores y abastecimiento sin enfoque estratégico), HTR2 (desarticulación sistémica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Necesidades de transformación - Capacidades de analítica y soporte para la toma de decisiones

CAPACIDADES DE ANALÍTICA Y SOPORTE PARA LA TOMA DE DECISIONES		
Necesidad Identificada	**Descripción**	**Brechas y hallazgos asociados**
N8. Fortalecimiento del monitoreo operativo y Business Intelligence	Consolidar mecanismos de seguimiento y control mediante indicadores operativos y tableros de visualización que permitan monitorear productividad, trazabilidad, eficiencia y desempeño de los procesos, fortaleciendo el control operativo y el seguimiento gerencial mediante indicadores asociados a productividad, tiempos de ciclo, trazabilidad, utilización de recursos, inventarios y desempeño operativo.	HF6 (falta de estandarización y control operativo del proceso), HO8 (medición y control gerencial de desempeño incompletos), HT3 (ausencia de monitoreo en tiempo real y digitalización del piso operativo), HTR1 (limitaciones en la gestión de la información).
N9. Fortalecimiento	Desarrollar capacidades de análisis y aprovechamiento de datos orientadas a	HT1 (integración de sistemas inexistente y gestión de datos

de capacidades analíticas y toma de decisiones basada en datos	transformar información operativa en conocimiento útil para la gestión organizacional, facilitando la identificación de restricciones, optimización de recursos y soporte a la toma de decisiones basada en datos.	fragmentada), HO8 (medición y control gerencial de desempeño incompletos), HTR1 (limitaciones en la gestión de la información), HT2 (madurez digital incipiente en procesos operativos).

Fuente: Elaboración propia

Prioridad Estratégica Evolutiva

Sostenibilidad, escalabilidad y apropiación digital

Tabla 21. Necesidades de transformación - Capacidades de sostenibilidad tecnológica y seguridad

CAPACIDADES DE SOSTENIBILIDAD TECNOLOGICA Y SEGURIDAD		
Necesidad Identificada	**Descripción**	**Brechas y hallazgos asociados**
N10. Fortalecimiento de capacidades de ciberseguridad y continuidad tecnológica	Establecer lineamientos y mecanismos orientados a proteger la operación digital, fortalecer la seguridad de la información y garantizar condiciones básicas de continuidad tecnológica frente a riesgos operativos y tecnológicos.	HT6 (seguridad de la información y control de accesos en nivel básico), HT5 (gestión de TI orientada a soporte operativo sin enfoque estratégico), HO2 (gobierno de la información y trazabilidad administrativa insuficientes).
N11. Fortalecimiento de capacidades de captura digital en planta	Incorporar dispositivos y herramientas de captura digital orientadas al registro operativo en tiempo real, reduciendo la dependencia de formatos manuales y fortaleciendo la disponibilidad y confiabilidad de la información en planta. La implementación podrá contemplar terminales móviles industriales, tablets operativas u otros dispositivos de captura digital según las necesidades del proceso y del entorno productivo.	HT3 (ausencia de monitoreo en tiempo real y digitalización del piso operativo), HF5 (trazabilidad física insuficiente del proceso productivo), HF6 (falta de estandarización y control operativo del proceso).

N12. Fortalecimiento de capacidades organizacionales y apropiación digital	Desarrollar procesos de formación y apropiación tecnológica orientados a fortalecer competencias digitales, facilitar la adopción de nuevas herramientas y consolidar condiciones organizacionales que soporten de manera sostenible la transformación digital de la empresa.	HO5 (cultura digital y colaboración transversal incipientes), HO1 (coordinación entre áreas limitada), HO10 (ausencia de un sistema formal de mejora continua), HT2 (madurez digital incipiente en procesos operativos).

Fuente: Elaboración propia

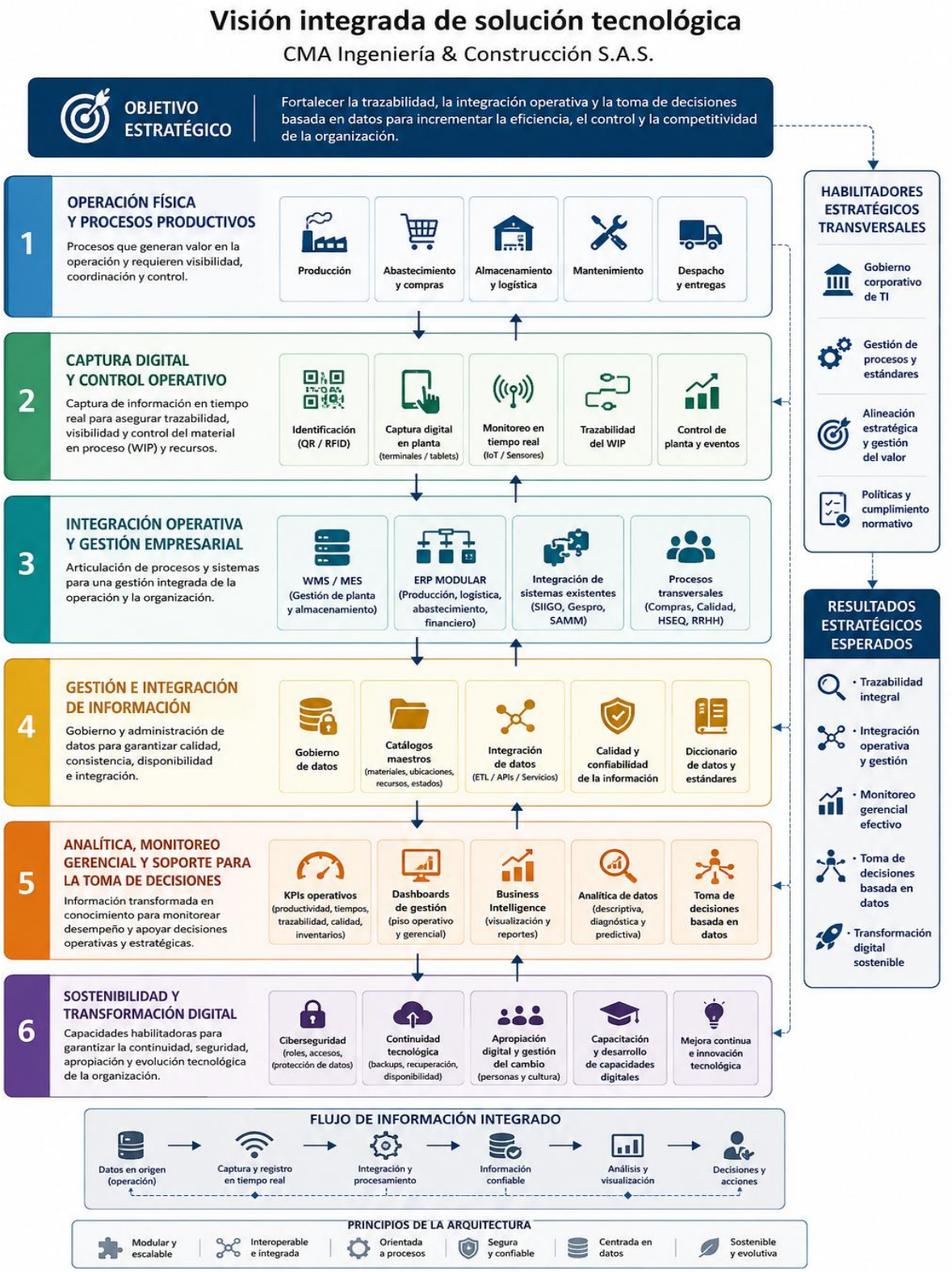
Arquitectura General de solución tecnológica

La arquitectura general de solución tecnológica propuesta para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se plantea como una visión integrada de transformación orientada a fortalecer la articulación entre la operación, la gestión organizacional, la administración de la información y las capacidades tecnológicas de la empresa.

La propuesta no se concibe como una implementación tecnológica cerrada ni dependiente de herramientas específicas, sino como un modelo conceptual de integración progresiva que permita orientar la evolución tecnológica de la organización de manera estructurada y alineada con las necesidades identificadas en el diagnóstico integrado.

Desde esta perspectiva, la arquitectura busca fortalecer progresivamente capacidades relacionadas con integración de procesos, captura y gestión de información, monitoreo operativo, analítica de datos y soporte a la toma de decisiones, favoreciendo una evolución gradual hacia modelos de operación más integrados, trazables y orientados a datos. La Ilustración 20 presenta la visión integrada de solución tecnológica propuesta para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., articulando los diferentes niveles operativos, tecnológicos y estratégicos identificados durante el desarrollo de la consultoría.

Ilustración 20. Arquitectura General - Visión integrada de solución tecnológica



Fuente: Elaboración propia

La arquitectura se compone de las siguientes capas funcionales:

• **Operación física y procesos productivos:** Incluye las actividades asociadas a producción, abastecimiento, almacenamiento, mantenimiento y despacho, donde se concentran las principales necesidades operativas relacionadas con trazabilidad, control y sincronización de procesos.

• **Captura digital y control operativo:** Contempla mecanismos de captura y registro de información operativa en tiempo real mediante herramientas de identificación, monitoreo y seguimiento del material en proceso, fortaleciendo la trazabilidad y la visibilidad de la operación.

• **Integración operativa y gestión empresarial:** Corresponde a la articulación progresiva de plataformas y procesos organizacionales, favoreciendo la interoperabilidad entre áreas operativas, administrativas y de soporte.

• **Gestión e integración de información:** Comprende capacidades orientadas al gobierno de datos, administración de información maestra, calidad de datos e integración de información organizacional.

• **Analítica y soporte para la toma de decisiones:** Incluye capacidades de Business Intelligence, visualización de indicadores, seguimiento de desempeño y aprovechamiento analítico de la información para fortalecer el monitoreo operativo y gerencial.

• **Sostenibilidad y transformación digital:** Integra capacidades relacionadas con ciberseguridad, continuidad tecnológica, apropiación digital, gestión del cambio y fortalecimiento organizacional, orientadas a soportar la sostenibilidad de las iniciativas propuestas.

En conjunto, la arquitectura establece un marco de referencia para orientar la evolución tecnológica de la organización, permitiendo articular capacidades, iniciativas y prioridades de implementación como soporte para el fortalecimiento de la eficiencia operativa, la trazabilidad y la gestión estratégica de la información.

Requerimientos tecnológicos y dependencias

El proceso de transformación tecnológica propuesto para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. requiere el fortalecimiento progresivo de capacidades organizacionales, operativas y analíticas orientadas a superar las restricciones identificadas en el diagnóstico integrado y soportar una evolución estructurada hacia modelos de operación más integrados, trazables y orientados a datos.

En este contexto, los requerimientos tecnológicos definidos no se orientan exclusivamente a la incorporación de herramientas específicas, sino al desarrollo de capacidades funcionales y condiciones habilitadoras necesarias para fortalecer la gestión de la información, el control operativo, la interoperabilidad y el soporte a la toma de decisiones.

Asimismo, las capacidades identificadas presentan relaciones de dependencia, donde determinadas condiciones constituyen prerrequisitos para la implementación y sostenibilidad de capacidades posteriores. Por esta razón, la propuesta se estructura bajo un enfoque escalonado, orientado a reducir riesgos de implementación, facilitar la apropiación organizacional y asegurar coherencia entre los componentes operativos, organizacionales y tecnológicos de la organización.

A continuación, las Tablas 22 a 26 presentan las principales capacidades funcionales requeridas, las condiciones habilitadoras y las dependencias identificadas

para cada grupo de necesidades estratégicas contempladas en la hoja de ruta de transformación digital.

Tabla 22. Requerimientos tecnológicos - Capacidades de gestión e integración de información

Capacidades de gestión e integración de información *Estas capacidades constituyen la base estructural para la consolidación de una gestión integrada de la información y permiten reducir la fragmentación actual entre procesos operativos, administrativos y tecnológicos.*			
Necesidad	**Capacidades funcionales requeridas**	**Condiciones habilitadoras**	**Dependencias principales**
N1. Fortalecimiento del gobierno y gestión de datos	Estandarización de información operativa y administrativa, consolidación de catálogos maestros, definición de responsables de datos y criterios de calidad de información.	Definición de lineamientos organizacionales, participación entre áreas, cultura de gestión de información y estandarización de procesos.	Base habilitadora para N3, N4, N6, N7, N8 y N9
N2. Fortalecimiento de la arquitectura de integración tecnológica	Definición de mecanismos de interoperabilidad, integración progresiva entre plataformas y estructuración de flujos de información organizacional.	Planeación tecnológica, alineación estratégica y articulación entre áreas operativas y TI.	Habilita N4, N6, N7, N8 y N9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Requerimientos tecnológicos - Capacidades de trazabilidad y control operativo

Capacidades de trazabilidad y control operativo *Estas capacidades buscan fortalecer el control operativo de la planta, reducir pérdidas de trazabilidad y mejorar la visibilidad sobre el comportamiento del flujo interno de materiales y procesos.*			
Necesidad	**Capacidades funcionales requeridas**	**Condiciones habilitadoras**	**Dependencias principales**
N3. Fortalecimiento de la trazabilidad operativa del material en proceso	Captura digital de eventos operativos, seguimiento del material en proceso y visibilidad del estado de producción.	Estandarización de datos, identificación de materiales y apropiación operativa.	Requiere N1 y se articula con N4 y N5.
N4. Fortalecimiento de la gestión	Coordinación operativa de actividades, control del flujo	Integración de información operativa, lineamientos de	Requiere N1, N2 y N3.

operativa y control de planta	de materiales y visibilidad del proceso productivo.	control y disponibilidad de información en tiempo real.	
N5. Fortalecimiento del monitoreo operativo en tiempo real	Captura continua de información operativa, monitoreo de eventos críticos y visibilidad de condiciones operativas en planta.	Infraestructura básica de captura digital, conectividad operativa y mecanismos de monitoreo.	Requiere N3 y se articula con N8.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Requerimientos tecnológicos - Capacidades de integración empresarial y gestión organizacional

Capacidades de integración empresarial y gestión organizacional *Estas capacidades permiten fortalecer la articulación organizacional y reducir la fragmentación actual entre procesos y áreas funcionales.*			
Necesidad	**Capacidades funcionales requeridas**	**Condiciones habilitadoras**	**Dependencias principales**
N6. Fortalecimiento de la interoperabilidad entre sistemas organizacionales	Integración progresiva de plataformas y sincronización de información entre áreas operativas, administrativas y financieras.	Estructuración de datos, mecanismos de integración y coordinación organizacional.	Requiere N1 y N2.
N7. Fortalecimiento de la integración empresarial y operativa	Consolidación de flujos integrados de gestión para producción, abastecimiento, mantenimiento y gestión administrativa.	Coordinación entre áreas, estandarización operativa y disponibilidad de información integrada.	Requiere N1, N2 y N6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Requerimientos tecnológicos - Capacidades de analítica y soporte para la toma de decisiones

Capacidades de analítica y soporte para la toma de decisiones *Estas capacidades buscan fortalecer el aprovechamiento estratégico de la información y consolidar mecanismos de gestión orientados a datos.*			
Necesidad	**Capacidades funcionales requeridas**	**Condiciones habilitadoras**	**Dependencias principales**

N8. Fortalecimiento del monitoreo operativo y Business Intelligence	Seguimiento mediante indicadores, visualización de desempeño operativo y monitoreo gerencial.	Disponibilidad de información integrada, calidad de datos y mecanismos de seguimiento operativo.	Requiere N3, N4, N5 y N6.
N9. Fortalecimiento de capacidades analíticas y toma de decisiones basada en datos	Análisis de información operativa, identificación de restricciones y soporte analítico para decisiones organizacionales.	Consolidación de información integrada, madurez digital y cultura de uso de datos.	Requiere N1, N6, N7 y N8.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Requerimientos tecnológicos - Capacidades de sostenibilidad tecnológica y apropiación digital

Capacidades de sostenibilidad tecnológica y apropiación digital *Estas capacidades buscan garantizar la sostenibilidad de la transformación tecnológica propuesta y fortalecer las condiciones organizacionales necesarias para soportar la evolución digital de la empresa.*			
Necesidad	**Capacidades funcionales requeridas**	**Condiciones habilitadoras**	**Dependencias principales**
N10. Fortalecimiento de capacidades de ciberseguridad y continuidad tecnológica	Protección de información organizacional, control de accesos y continuidad operativa de los servicios y capacidades digitales implementadas.	Lineamientos de seguridad, gestión tecnológica y administración de accesos	Se articula transversalmente con todas las capacidades
N11. Fortalecimiento de capacidades de captura digital en planta	Registro digital de eventos operativos y reducción de formatos manuales.	Disponibilidad de dispositivos, apropiación operativa y conectividad básica	Requiere N3 y N5
N12. Fortalecimiento de capacidades organizacionales y apropiación digital	Formación tecnológica, gestión del cambio y fortalecimiento de competencias digitales.	Participación organizacional, liderazgo y acompañamiento al cambio	Transversal a todas las iniciativas

Fuente: Elaboración propia

En conjunto, las capacidades funcionales, condiciones habilitadoras y dependencias identificadas permiten estructurar una lógica progresiva de implementación tecnológica, orientada a fortalecer la integración operativa, la gestión de la información y la sostenibilidad de los procesos de transformación digital

propuestos para la organización.

De manera complementaria, el detalle de los requerimientos funcionales y no funcionales se presenta en el documento Referencias Tecnológicas y Capacidades de Implementación (ver Anexo I).

Desarrollo detallado de la Hoja de Ruta para la transformación digital de la gestión de procesos y la gestión de la información (Roadmap por Oleadas)

Las oleadas desarrollan la secuencia resumida en la tabla 16. Para cada una se especifican el plazo referencial, el objetivo, las necesidades atendidas, las actividades, los entregables, los prerrequisitos y los responsables propuestos. Las alternativas tecnológicas y sus características se desarrollan en el anexo I, Referencias Tecnológicas y Capacidades de Implementación.

Oleada 0 – Capacidades fundacionales y arquitectura de integración

Tiempo Estimado: 0 – 8 Semanas

Objetivo: Establecer las capacidades organizacionales, funcionales y tecnológicas que servirán como base para la transformación digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., fortaleciendo el gobierno de datos, la interoperabilidad y la arquitectura de integración entre los procesos operativos, administrativos y tecnológicos.

Necesidades priorizadas atendidas

- N1. Fortalecimiento del gobierno y gestión de datos.
- N2. Fortalecimiento de la arquitectura de integración tecnológica.

Capacidades organizacionales a fortalecer

Las necesidades anteriores se desarrollan mediante el fortalecimiento de las siguientes capacidades organizacionales:

- Gobierno, calidad y estandarización de la información organizacional.
- Consolidación de estructuras maestras y criterios unificados para la gestión de la información.

- Definición de lineamientos de interoperabilidad y arquitectura funcional de integración.
- Estructuración de flujos organizacionales y mecanismos base de sincronización e intercambio de información.
- Fortalecimiento de capacidades iniciales de integración entre plataformas operativas, administrativas y analíticas.

Plan de Implementación Oleada 0

Tabla 27. Hoja de ruta – Oleada 0: Capacidades fundacionales y arquitectura de integración

No.	Actividades de implementación	Entregables y resultados esperados	Prerrequisitos
0.1	Conformar el Comité de Transformación Digital bajo la coordinación operativa del Jefe de Planta en coequipo con el Líder de TI, contando con la participación estratégica de Gerencia General y los responsables de Compras, Logística y Administración, formalizando la asignación de roles y la distribución gradual de cargas según la capacidad del equipo permanente.	• Comité de Transformación Digital formalmente conformado. • Responsables iniciales del proceso de transformación definidos.	• Participación transversal y compromiso de Gerencia y de las áreas operativas, administrativas y tecnológicas involucradas.
0.2	Inventariar la información existente en SIIGO, Gespro, SAMM, archivos Excel y formatos físicos utilizados, identificando las fuentes de información, responsables, frecuencia de actualización y uso dentro de los procesos organizacionales.	• Inventario de activos de información documentado.	• Disponibilidad y acceso a los sistemas actuales (SIIGO, Gespro, SAMM), archivos y documentación organizacional existente. • Participación de las áreas responsables de la información.

0.3	Definir los responsables funcionales de la información crítica y priorizar los procesos y flujos de información que soportarán la transformación digital.	• Responsables funcionales para la información crítica definidos. Procesos y flujos de información críticos priorizados.	• Comité de Transformación Digital conformado. Inventario inicial de activos de información disponible. • Validación de la información crítica por parte de las áreas responsables.
0.4	Elaborar el diccionario de datos, el glosario organizacional y los catálogos maestros para materiales, órdenes de producción, ubicaciones, recursos, proveedores y estados operativos, estableciendo criterios comunes para la gestión de la información.	• Diccionario de datos, glosario organizacional y catálogos maestros definidos y aprobados.	• Inventario de información documentado. Responsables funcionales definidos. • Información crítica validada. • Disponibilidad de información suficiente para construir las estructuras maestras.
0.5	Diseñar el modelo conceptual y la arquitectura funcional de integración, definiendo los lineamientos de interoperabilidad y los mecanismos de sincronización e intercambio de información mediante APIs, procesos ETL, middleware o tecnologías equivalentes.	• Modelo conceptual y arquitectura funcional de integración definidos y validados.	• Procesos y flujos críticos priorizados. • Sistemas y fuentes de información inventariados. • Datos maestros y estructuras de información suficientemente identificados y estandarizados.
0.6	Definir la matriz de dependencias funcionales, organizacionales y tecnológicas, identificando las relaciones entre procesos, plataformas y capacidades requeridas para las siguientes oleadas.	• Matriz de dependencias funcionales, organizacionales y tecnológicas documentada.	• Modelo conceptual y arquitectura funcional de integración definidos. • Procesos y plataformas priorizados. Identificación de capacidades requeridas para las oleadas posteriores
0.7	Establecer los lineamientos de gobierno, calidad e integración de la información, junto con los indicadores estratégicos que permitirán medir el avance de la transformación digital.	• Lineamientos de gobierno, calidad e integración de la información establecidos. • Matriz inicial de indicadores estratégicos (KPIs) definida.	• Responsables funcionales definidos. • Diccionario, glosario y catálogos maestros disponibles. • Arquitectura funcional de integración validada. Matriz de dependencias documentada.

Fuente: Elaboración propia

Responsables de ejecución

Responsable principal: Gerencia General y Área de TI.

Responsable del comité de transformación digital: Jefe de Planta

Áreas de apoyo: Producción, Compras, Logística y Administración.

La implementación de esta oleada establece las bases organizacionales, funcionales y tecnológicas necesarias para la evolución digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. La consolidación del gobierno de datos, la estandarización de la información, la definición de la arquitectura de integración y los mecanismos de interoperabilidad proporcionan una estructura común para la gestión e intercambio de información entre los procesos operativos, administrativos y tecnológicos. Estas capacidades constituyen el fundamento para la implementación progresiva de mecanismos de trazabilidad, monitoreo operativo e integración organizacional contemplados en la Oleada 1, permitiendo que la transformación digital avance de manera ordenada, escalable y sostenible.

Oleada 1 – Trazabilidad y control operativo del piso de producción

Tiempo Estimado: 8 – 20 Semanas

Objetivo: Fortalecer la trazabilidad del flujo interno de materiales y el control operativo del piso de producción mediante la implementación progresiva de mecanismos de captura digital, monitoreo y seguimiento en tiempo real, permitiendo incrementar la visibilidad de la operación, reducir la dependencia de registros manuales y mejorar el control sobre el material en proceso.

Necesidades priorizadas atendidas

- N3. Fortalecimiento de la trazabilidad operativa del material en proceso.
- N4. Fortalecimiento de la gestión operativa y control de planta.
- N5. Fortalecimiento del monitoreo operativo en tiempo real.

- N11. Fortalecimiento de capacidades de captura digital en planta.

Capacidades organizacionales a fortalecer

Las necesidades anteriores se desarrollan mediante el fortalecimiento de las siguientes capacidades organizacionales:

- Captura digital y trazabilidad del material en proceso.
- Identificación, seguimiento y control operativo de materiales, órdenes de producción y trabajo en proceso (WIP).
- Monitoreo operativo de procesos, estaciones de trabajo y eventos críticos de producción.
- Gestión del flujo interno de materiales, ubicaciones y estados operativos.
- Visualización operativa mediante tableros de seguimiento para producción y supervisión.
- Fortalecimiento de capacidades iniciales para la integración de la información operativa con las plataformas de control organizacional.

Plan de Implementación Oleada 1

Tabla 28. Hoja de ruta – Oleada 1: Trazabilidad y control operativo del piso de producción

No.	Actividades de implementación	Entregables y resultados esperados	Prerrequisitos

1.1	Identificar y priorizar los procesos críticos del flujo productivo donde se implementarán inicialmente las capacidades de trazabilidad, considerando las etapas de corte, soldadura, ensamble, pintura, pruebas, almacenamiento y despacho.	• Procesos críticos priorizados para la implementación de la trazabilidad.	• Finalización y estabilización de la Oleada 0. • Participación de Producción, Logística y TI.
1.2	Definir los puntos de captura de información y los eventos operativos que deberán registrarse durante el ciclo productivo, incluyendo ingreso de materiales, cambios de estado, ubicación, inicio y finalización de operaciones, retrabajos y despacho.	• Mapa de puntos de captura y eventos operativos definidos y documentados. • Criterios estandarizados para el registro digital de eventos operativos.	• Procesos críticos previamente priorizados. • Estandarización básica de estructuras operativas y criterios de gestión de información. • Datos maestros definidos durante la Oleada 0.
1.3	Implementar mecanismos de identificación digital para materiales, órdenes de producción y productos en proceso mediante códigos QR, RFID o tecnologías equivalentes, de acuerdo con la viabilidad técnica y organizacional.	• Materiales, órdenes de producción y productos en proceso identificados mediante mecanismos digitales (QR, RFID o tecnologías equivalentes).	• Puntos de captura y eventos operativos definidos. • Datos maestros disponibles. • Infraestructura tecnológica, conectividad y dispositivos mínimos para captura digital.
1.4	Incorporar mecanismos digitales para el registro y consulta de información operativa desde el piso de producción mediante dispositivos móviles, terminales industriales u otras tecnologías equivalentes.	• Información operativa estructurada y registros digitales de movimientos, estados y eventos generados en planta, con capacidad de almacenamiento y consulta histórica.	• Mecanismos de identificación digital implementados. • Infraestructura tecnológica y conectividad disponibles. • Capacidades básicas de gobierno de datos e integración tecnológica definidas.
1.5	Configurar tableros operativos para el seguimiento del material en proceso (WIP), avance de órdenes de producción, utilización de estaciones de trabajo, tiempos de fabricación y eventos críticos de la operación.	• Tableros operativos básicos para monitoreo de producción, trazabilidad y el seguimiento del material en proceso (WIP). • Capacidades iniciales de visibilidad y seguimiento de eventos críticos.	• Disponibilidad de registros digitales estructurados. • Criterios estandarizados de registro. • Arquitectura de integración definida en la Oleada 0.

1.6	Ejecutar un piloto de trazabilidad en los procesos priorizados, evaluar su desempeño y realizar los ajustes necesarios antes de ampliar la implementación al resto de la operación.	• Piloto funcional de trazabilidad implementado y evaluado para la visibilidad y seguimiento de eventos críticos de la operación • Integración inicial entre los mecanismos de trazabilidad operativa y plataformas de control organizacional (WMS, MES o soluciones equivalentes).	• Actividades 1.1 a 1.5 implementadas. • Disponibilidad mínima de infraestructura tecnológica, conectividad y dispositivos para captura digital. • Participación de Producción, Logística y TI durante el piloto.
1.7	Capacitar a supervisores, operarios y responsables de planta en el uso de las herramientas implementadas y en los nuevos procedimientos para el registro y seguimiento de la información operativa.	• Personal capacitado para utilizar las herramientas implementadas. • Procedimientos operativos actualizados.	• Piloto funcional disponible. Herramientas y procedimientos definidos. • Plan de capacitación y acompañamiento para la adopción operativa.

Fuente: Elaboración propia

Responsables de ejecución

Responsable principal: Producción y Área de TI.

Áreas de apoyo: Logística, Calidad, Compras y Gerencia General.

La implementación de esta oleada permite digitalizar progresivamente el seguimiento del flujo interno de materiales y consolidar mecanismos de captura, trazabilidad y monitoreo operativo en el piso de producción. La disponibilidad de información estructurada y oportuna sobre el estado del material en proceso, el avance de las órdenes de producción y los eventos críticos de la operación fortalece el control operativo y reduce la dependencia de registros manuales. Estas capacidades constituyen la base para la integración organizacional y tecnológica contemplada en la Oleada 2, donde la información generada durante la operación será sincronizada entre

las plataformas operativas, administrativas y financieras, favoreciendo una gestión integral de los procesos y la continuidad de la transformación digital.

Oleada 2 – Integración operativa y articulación organizacional

Tiempo Estimado: 20 – 32 Semanas

Objetivo: Integrar progresivamente los procesos operativos, administrativos y financieros mediante mecanismos de interoperabilidad que reduzcan la fragmentación de la información, mejoren la coordinación organizacional y permitan disponer de información integrada para soportar la gestión operativa y la toma de decisiones.

Necesidades priorizadas atendidas

- N6. Fortalecimiento de la interoperabilidad entre sistemas organizacionales.
- N7. Fortalecimiento de la integración empresarial y operativa.

Capacidades organizacionales a fortalecer

Las necesidades anteriores se desarrollan mediante el fortalecimiento de las siguientes capacidades organizacionales:

- Interoperabilidad e integración progresiva entre plataformas organizacionales.
- Integración y sincronización de la información operativa, administrativa y financiera.
- Consolidación de flujos organizacionales integrados entre abastecimiento, producción, mantenimiento, inventarios, gestión administrativa y proveedores estratégicos, favoreciendo la continuidad operativa y la coordinación de la cadena de suministro.
- Gestión coordinada de órdenes de producción, recursos, abastecimiento y procesos operacionales.

- Integración progresiva entre las plataformas operativas, administrativas y futuras capacidades analíticas que soportarán la toma de decisiones.
- Fortalecimiento de capacidades empresariales orientadas a manufactura, coordinación de la cadena de suministro, articulación entre abastecimiento, producción y proveedores estratégicos, y control organizacional.

Plan de Implementación Oleada 2

Tabla 29. Hoja de ruta – Oleada 2: Integración operativa y articulación organizacional

	Actividades de implementación	Entregables y resultados esperados	Prerrequisitos
2.1	Priorizar los procesos organizacionales y las plataformas que serán integradas, considerando SIIGO, Gespro, SAMM y las soluciones implementadas durante la Oleada 1.	• Procesos y plataformas prioritarias para integración definidos. • Alcance inicial de integración organizacional establecido.	• Finalización y estabilización de la Oleada 1, con las capacidades básicas de trazabilidad operativa y monitoreo implementadas. • Disponibilidad de la arquitectura de integración, datos maestros y lineamientos de gobierno definidos en la Oleada 0.
2.2	Definir la estrategia de interoperabilidad para integrar la información entre abastecimiento, producción, inventarios, mantenimiento, administración, finanzas y proveedores estratégicos, mediante APIs, procesos ETL, middleware o tecnologías equivalentes.	• Plan de interoperabilidad e integración organizacional definido y aprobado.	• Procesos y plataformas priorizados. • Arquitectura de integración disponible. • Definición de mecanismos de integración tecnológica e interoperabilidad organizacional.
2.3	Configurar e implementar los mecanismos de integración y sincronización de la información entre las plataformas organizacionales, garantizando la consistencia y disponibilidad de los datos.	• Integraciones iniciales entre plataformas organizacionales y operativas implementadas (SIIGO, Gespro, SAMM, entre otras). • Consolidación progresiva de mecanismos de interoperabilidad y sincronización.	• Estrategia de interoperabilidad definida. • Información operativa estructurada y registros digitales generados durante la Oleada 1. • Coordinación entre áreas funcionales, operativas, administrativas y tecnológicas

			para la ejecución de las integraciones.
2.4	Homologar estructuras de información, catálogos maestros y criterios de gestión de datos para reducir duplicidades y asegurar la integración entre procesos.	• Estructura integrada de información operativa, administrativa y financiera. • Catálogos y criterios de información homologados.	• Datos maestros y lineamientos de gobierno disponibles desde la Oleada 0. • Participación de las áreas responsables de la información. • Integraciones iniciales identificadas.
2.5	Integrar progresivamente la información generada por los mecanismos de trazabilidad con las plataformas de gestión organizacional (ERP, WMS, MES o soluciones equivalentes), de acuerdo con la evolución tecnológica de la organización.	• Flujos organizacionales integrados entre las áreas críticas de operación y soporte empresarial. • Configuración inicial de capacidades empresariales orientadas a producción, inventarios, compras, mantenimiento y gestión administrativa y financiera. • Evaluación referencial e incorporación progresiva de plataformas orientadas a manufactura y control operacional (ERP, WMS, MES o soluciones equivalentes).	• Capacidades básicas de trazabilidad y monitoreo estabilizadas desde la Oleada 1. • Integraciones y estructuras homologadas disponibles. • Viabilidad funcional y tecnológica de las plataformas evaluadas.
2.6	Ejecutar pruebas funcionales y de interoperabilidad para validar la sincronización de la información entre los diferentes procesos organizacionales.	• Pruebas de interoperabilidad ejecutadas y validadas. • Integraciones funcionalmente verificadas.	• Mecanismos de integración configurados. • Disponibilidad de ambientes para pruebas de integración y validación funcional. • Participación de las áreas involucradas.
2.7	Documentar las interfaces implementadas, los procedimientos de integración y los mecanismos de sincronización para facilitar la administración y evolución futura de la arquitectura tecnológica.	• Interfaces y procedimientos de integración documentados. • Documentación técnica y funcional de los mecanismos de sincronización consolidada.	• Integraciones implementadas y pruebas de interoperabilidad validadas. • Arquitectura y mecanismos de integración estabilizados

Fuente: Elaboración propia

Responsables de ejecución

- Responsable principal: Área de TI.
- Áreas de apoyo: Producción, Compras, Logística, Administración, Financiera y Gerencia General.

La implementación de esta oleada permite consolidar la interoperabilidad entre los procesos operativos, administrativos y financieros de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., reduciendo la fragmentación de la información y fortaleciendo la coordinación organizacional mediante mecanismos de integración y sincronización entre plataformas. La disponibilidad de información integrada, consistente y confiable constituye el soporte para la construcción de modelos analíticos, indicadores organizacionales y tableros ejecutivos contemplados en la Oleada 3, donde la información integrada será transformada en conocimiento para apoyar el monitoreo del desempeño y la toma de decisiones basada en datos.

Oleada 3 – Analítica operativa y soporte para toma de decisiones

Tiempo Estimado: 32 – 44 Semanas

Objetivo: Consolidar las capacidades analíticas de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. mediante el aprovechamiento de la información integrada proveniente de las oleadas anteriores, fortaleciendo el monitoreo organizacional, el análisis del desempeño operativo y la toma de decisiones basada en datos, a través de herramientas de Business Intelligence e indicadores estratégicos.

Necesidades priorizadas atendidas

- N8. Fortalecimiento del monitoreo operativo y Business Intelligence.

- N9. Fortalecimiento de capacidades analíticas y toma de decisiones basada en datos.

Capacidades organizacionales a fortalecer

Las necesidades anteriores se desarrollan mediante el fortalecimiento de las siguientes capacidades organizacionales:

- Consolidación de indicadores operativos, tecnológicos y gerenciales para el seguimiento del desempeño organizacional.
- Visualización y monitoreo del desempeño organizacional mediante dashboards y tableros ejecutivos.
- Seguimiento analítico de la productividad, eficiencia, trazabilidad y desempeño operativo.
- Fortalecimiento de capacidades de Business Intelligence, monitoreo ejecutivo y análisis organizacional basado en datos.
- Soporte analítico para la identificación de restricciones, evaluación operativa y toma de decisiones organizacionales.
- Fortalecimiento de capacidades analíticas para la evaluación del desempeño organizacional y la toma de decisiones basada en datos.

Plan de Implementación Oleada 3

Tabla 30. Hoja de ruta – Oleada 3: Analítica operativa y soporte para la toma de decisiones

	Actividades de implementación	Entregables y resultados esperados	Prerrequisitos

3.1	Identificar y priorizar los indicadores estratégicos, tácticos y operativos requeridos por la Gerencia y las áreas funcionales para el seguimiento del desempeño organizacional.	• Inventario y priorización inicial de indicadores requeridos para el monitoreo organizacional.	• Finalización y estabilización de las Oleadas 1 y 2. • Participación de Gerencia y áreas funcionales para definir necesidades de información e indicadores estratégicos.
3.2	Diseñar el modelo de información analítica que consolide los datos provenientes de producción, abastecimiento, inventarios, mantenimiento, compras, administración y finanzas.	• Modelo inicial de información analítica definido para soportar el monitoreo ejecutivo y organizacional.	• Disponibilidad de información integrada, estructurada y confiable proveniente de las plataformas organizacionales. • Disponibilidad de registros históricos derivados de las capacidades de trazabilidad operativa implementadas en la Oleada 1 e integradas progresivamente durante la Oleada 2. • Consolidación de mecanismos de integración de la Oleada 2.
3.3	Definir, documentar y validar los KPIs, estableciendo fórmulas, responsables, periodicidad de actualización y criterios de interpretación para garantizar la consistencia del monitoreo organizacional.	• KPIs operativos, tecnológicos y organizacionales documentados y validados para el seguimiento del desempeño, trazabilidad y productividad.	• Indicadores priorizados. • Modelo de información analítica definido. • Estandarización de indicadores, estructuras de información y criterios de medición.
3.4	Implementar y configurar la plataforma de Business Intelligence (o la solución seleccionada por la organización), definiendo modelos analíticos, fuentes de información, mecanismos de actualización y criterios de publicación de dashboards.	• Estructura básica de Business Intelligence implementada. • Modelos analíticos y mecanismos de actualización configurados.	• Modelo de información analítica definido. • Disponibilidad de mecanismos de integración, visualización y acceso a la información. • Herramienta de BI seleccionada y disponible.

3.5	Construir dashboards operativos y ejecutivos para el seguimiento de productividad, trazabilidad, utilización de recursos, cumplimiento de órdenes, tiempos de fabricación, inventarios y desempeño organizacional.	• Tableros operativos para monitoreo integrado de procesos productivos, trazabilidad y desempeño operativo. • Dashboards gerenciales y ejecutivos para seguimiento del desempeño organizacional y soporte a decisiones estratégicas.	• KPIs documentados y validados. • Plataforma de BI configurada. • Información analítica integrada y disponible.
3.6	Validar la información analítica y los tableros con las áreas responsables, realizando los ajustes necesarios antes de su puesta en operación.	• Información analítica validada y disponible para la toma de decisiones. • Reportes ejecutivos y mecanismos de monitoreo ajustados y aprobados.	• Dashboards y modelos analíticos construidos. • Participación de las áreas responsables y disponibilidad de datos confiables para validación.
3.7	Capacitar a directivos, líderes de proceso y usuarios clave en la interpretación de indicadores, uso de dashboards y análisis para la toma de decisiones basada en datos.	• Usuarios clave capacitados en el uso de herramientas de Business Intelligence. • Capacidades iniciales de análisis organizacional orientado a datos fortalecidos, para la identificación de restricciones operativas y oportunidades de mejora.	• Información analítica y dashboards validados. • Plataforma de BI disponible. • Participación de Gerencia, líderes de proceso y usuarios clave.

Fuente: Elaboración propia

Responsables de ejecución

Responsable principal: Área de TI y Gerencia General.

Áreas de apoyo: Producción, Compras, Logística, Administración, Financiera y líderes de proceso.

La implementación de esta oleada permite transformar la información integrada generada durante las etapas anteriores en conocimiento útil para el monitoreo organizacional y la toma de decisiones basada en datos. La consolidación de indicadores, modelos analíticos y tableros ejecutivos fortalece la capacidad de la

organización para evaluar su desempeño, identificar restricciones operativas y orientar acciones de mejora continua. Estas capacidades constituyen el soporte para la Oleada 4, donde el énfasis se traslada a la sostenibilidad de la transformación digital mediante la apropiación tecnológica, la gestión del cambio, la seguridad de la información y la consolidación de una cultura organizacional orientada a la mejora continua.

Oleada 4 – Sostenibilidad, apropiación y evolución digital

Tiempo Estimado: 44 – 60 Semanas

Objetivo: Garantizar la sostenibilidad de las capacidades digitales implementadas mediante la gestión del cambio, el fortalecimiento de las competencias digitales, la apropiación tecnológica, la seguridad de la información y la mejora continua, asegurando la evolución progresiva del proceso de transformación digital.

Necesidades priorizadas atendidas

- **N10.** Fortalecimiento de capacidades de ciberseguridad y continuidad tecnológica.
- **N12.** Fortalecimiento de capacidades organizacionales y apropiación digital.

Capacidades organizacionales a fortalecer

Las necesidades anteriores se desarrollan mediante el fortalecimiento de las siguientes capacidades organizacionales:

- Gestión del cambio organizacional y apropiación tecnológica.
- Fortalecimiento de competencias y cultura digital organizacional.
- Seguridad de la información, control de accesos y continuidad tecnológica.
- Seguimiento y evaluación de las capacidades digitales implementadas.
- Consolidación de prácticas de sostenibilidad, mejora continua y madurez digital.

Plan de Implementación Oleada 4

Tabla 31. Hoja de ruta – Oleada 4: Sostenibilidad, apropiación y evolución digital

	Actividades de implementación	Entregables y resultados esperados	Prerrequisitos
4.1	Diseñar e implementar el plan organizacional de apropiación tecnológica y gestión del cambio, definiendo estrategias de comunicación, acompañamiento y adopción de las capacidades digitales implementadas.	Plan organizacional de apropiación tecnológica y gestión del cambio definido e implementado, con mecanismos de acompañamiento para la apropiación operativa de las capacidades digitales.	• Capacidades operativas, de integración y analíticas estabilizadas como resultado de las Oleadas 1, 2 y 3. • Participación organizacional y liderazgo directivo para soportar el proceso de transformación digital.
4.2	Elaborar e implementar un plan de formación continua, fortaleciendo las competencias digitales de directivos, líderes de proceso, personal administrativo y operativo de acuerdo con sus responsabilidades.	• Plan de formación tecnológica y fortalecimiento de competencias digitales definido e implementado por perfiles organizacionales. • Personal sensibilizado y capacitado para la apropiación de las capacidades digitales implementadas.	• Plan de apropiación tecnológica y gestión del cambio definido (4.1). • Identificación de perfiles y capacidades digitales requeridas. • Participación de líderes de proceso y Talento Humano.
4.3	Definir e implementar lineamientos de seguridad de la información, control de accesos, respaldo y continuidad tecnológica para proteger la disponibilidad, integridad y confidencialidad de la información organizacional.	• Lineamientos de seguridad de la información, continuidad tecnológica y control de accesos documentados e implementados. • Mecanismos básicos de respaldo, continuidad operativa y sostenibilidad tecnológica implementados.	• Capacidades tecnológicas implementadas y estabilizadas. • Disponibilidad de lineamientos tecnológicos, organizacionales y de gobierno de datos consolidados. • Identificación de plataformas, información y activos tecnológicos que requieren protección.
4.4	Establecer indicadores para evaluar la adopción tecnológica, el uso de las soluciones implementadas, la sostenibilidad de las capacidades digitales y la evolución del nivel de madurez digital de la organización.	• Indicadores de adopción, sostenibilidad y madurez digital definidos y estructurados para su seguimiento periódico.	• Capacidades digitales implementadas y en operación. • Criterios de adopción, uso, sostenibilidad y madurez definidos. • Participación de Gerencia, TI y líderes de proceso.

4.5	Implementar mecanismos periódicos de seguimiento, evaluación y mejora continua sobre las capacidades digitales desarrolladas durante las oleadas anteriores, identificando oportunidades de optimización y evolución tecnológica.	• Indicadores de adopción, sostenibilidad y madurez digital monitoreados y evaluados periódicamente. • Evaluación y seguimiento de las capacidades digitales implementadas y de su evolución organizacional documentados.	• Indicadores definidos en la actividad 4.4. • Capacidades implementadas en operación. • Gestión del cambio y mecanismos de apropiación operativa implementados (Actividades 4.1–4.2) • Seguimiento continuo de la adopción, sostenibilidad y evolución de las capacidades digitales.
4.6	Actualizar la hoja de ruta tecnológica de acuerdo con los resultados obtenidos, las necesidades emergentes del negocio y la evolución tecnológica de la organización.	• Plan de mejora continua y actualización de la hoja de ruta tecnológica aprobado.	• Resultados del seguimiento y evaluación de la actividad 4.5. • Identificación de brechas, oportunidades de optimización y nuevas necesidades organizacionales o tecnológicas.
4.7	Socializar los resultados del proceso de transformación digital con la Alta Dirección y las áreas funcionales, promoviendo una cultura de innovación y mejora continua.	• Resultados del proceso de transformación digital socializados. • Personal sensibilizado y comprometido con la apropiación y evolución de las capacidades digitales implementadas.	• Resultados de implementación, adopción y seguimiento disponibles. • Avance del proceso de gestión del cambio y apropiación de las capacidades digitales. • Participación y liderazgo de la Alta Dirección, líderes de proceso y Comité de Transformación Digital.

Fuente: Elaboración propia

Responsables de ejecución

Responsable principal: Gerencia General y Área de TI.

Áreas de apoyo: Talento Humano, Producción, Compras, Logística, Administración, líderes de proceso y Comité de Transformación Digital.

La implementación de esta oleada consolida la sostenibilidad del proceso de transformación digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., asegurando que las capacidades organizacionales, operativas y tecnológicas desarrolladas durante las

oleadas anteriores sean apropiadas, utilizadas y mejoradas de manera continua. La gestión del cambio, el fortalecimiento de las competencias digitales, la seguridad de la información y el seguimiento permanente a la madurez digital permiten institucionalizar las prácticas implementadas y generar las condiciones necesarias para la evolución tecnológica de la organización, favoreciendo una cultura organizacional orientada a la innovación, la mejora continua y la toma de decisiones basada en datos.

Como complemento a la hoja de ruta propuesta, se elaboró una ilustración de síntesis que resume las oleadas de implementación, sus principales capacidades y la secuencia de evolución planteada para la transformación digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., facilitando una comprensión integral de la propuesta (Ver Ilustración 21).

Ilustración 21. Hoja de Ruta por oleadas



Fuente: Elaboración propia

Gobernanza y cronograma referencial

La implementación de la hoja de ruta requiere una coordinación liderada por la Gerencia General, con articulación operativa del Jefe de Planta y participación del área de TI y de los líderes funcionales involucrados en cada oleada. Cuando las capacidades internas no sean suficientes, podrá contemplarse el acompañamiento de proveedores o consultores especializados para actividades específicas de implementación tecnológica.

El horizonte de implementación se estima de manera referencial en hasta 60 semanas, distribuido en cinco oleadas progresivas. El avance entre ellas estará condicionado al cumplimiento y estabilización de los entregables definidos como prerrequisitos para las actividades posteriores, por lo que los tiempos podrán ajustarse de acuerdo con la disponibilidad de recursos, las condiciones de la operación y los resultados obtenidos durante la implementación. El detalle de actividades para cada oleada, dependencias, hitos y tiempos estimados e indicadores de seguimiento se presenta en el Anexo K. Cronograma de implementación de la hoja de ruta de transformación digital.

KPIs estratégicos de seguimiento - Matriz de KPIs

La definición de indicadores clave de desempeño (KPIs) constituye un componente estratégico para el seguimiento de las capacidades operativas, tecnológicas y organizacionales contempladas en la propuesta de transformación digital para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. Su propósito es establecer mecanismos de medición que permitan evaluar el impacto potencial de las iniciativas planteadas sobre la eficiencia operativa, la trazabilidad de los procesos, la gestión del flujo interno de

materiales y el fortalecimiento de la toma de decisiones basada en datos.

Los indicadores propuestos se estructuran como instrumentos de seguimiento para monitorear progresivamente la evolución de las capacidades digitales definidas en la hoja de ruta tecnológica, permitiendo identificar avances en integración operativa, interoperabilidad organizacional, visibilidad del proceso productivo, disponibilidad de información y madurez digital.

La matriz de KPIs se organiza en tres dimensiones estratégicas:

- **KPIs Operativos:** orientados al seguimiento de eficiencia, trazabilidad, flujo de materiales y desempeño del proceso productivo.
- **KPIs Financieros:** enfocados en el monitoreo de costos operativos, utilización de recursos y desempeño asociado a la operación.
- **KPIs Tecnológicos:** orientados al seguimiento de interoperabilidad, disponibilidad tecnológica, calidad de datos, adopción digital y sostenibilidad de capacidades tecnológicas.

Los indicadores definidos mantienen alineación con las necesidades priorizadas identificadas durante el diagnóstico integrado y con las capacidades contempladas en las diferentes oleadas de implementación tecnológica. Asimismo, los KPIs se encuentran alineados con los objetivos de eficiencia (E), trazabilidad (T) y productividad (P), permitiendo establecer criterios de seguimiento para la evolución progresiva de la organización hacia modelos operativos más integrados, trazables y orientados a datos.

A continuación, se presenta la matriz estratégica de KPIs propuesta para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Tabla 32. Matriz estratégica de KPIs – Resumen Ejecutivo

Dimensión	Matriz estratégica de KPIs (Resumen ejecutivo)			
	Objetivo estratégico	**Capacidades monitoreadas**	**Relación con Hoja de ruta tecnológica**	**Indicadores estratégicos de referencia**
Operativa	Fortalecer el seguimiento del flujo productivo, control operacional, trazabilidad y eficiencia de los procesos.	Trazabilidad WIP, monitoreo operativo, control de flujo interno, integración operativa.	Oleadas 1 y 2.	Tiempo de ciclo, Lead Time, Exactitud WIP, % retrabajo, OTIF interno.
Financiera	Mejorar productividad, costos operativos, utilización de recursos y eficiencia organizacional.	Optimización de recursos, control operacional, integración empresarial.	Oleadas 2 y 3.	Costo por orden, Rotación de inventario, Variación estándar vs real, Uso de capacidad.
Tecnológica	Fortalecer integración digital, disponibilidad de información, adopción digital, interoperabilidad y sostenibilidad tecnológica.	Interoperabilidad, calidad de datos, disponibilidad de información, adopción digital.	Oleadas 0, 3 y 4.	% interoperabilidad automatizada entre plataformas, % captura digital, Calidad de datos, Adopción tecnológica, Disponibilidad de plataformas

Fuente: Elaboración propia

El detalle técnico–referencial asociado a fórmulas, tecnologías, mecanismos de captura, responsables organizacionales y criterios operacionales se desarrolla en el Anexo J. Matriz de KPI's Estratégicos de Seguimiento. Cada KPI incluye: definición, fórmula, fuente de datos, frecuencia, responsable y necesidades asociadas para asegurar trazabilidad consultiva.

La implementación progresiva de los indicadores propuestos permitirá fortalecer los mecanismos de monitoreo organizacional, facilitar procesos de mejora continua y consolidar capacidades de análisis y toma de decisiones basadas en información integrada y confiable.

Desde esta perspectiva, los KPIs definidos permiten no solo evaluar resultados operativos, tecnológicos y organizacionales, sino también monitorear el fortalecimiento progresivo de capacidades digitales y el avance de la organización hacia modelos de operación más integrados, trazables y orientados a datos.

Estimación referencial de inversión

La presente estimación referencial de inversión tiene como propósito proporcionar una aproximación general de los componentes económicos asociados al proceso de fortalecimiento tecnológico y transformación digital propuesto para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Las cifras presentadas corresponden a valores referenciales de mercado orientados a dimensionar posibles escenarios de implementación tecnológica, integración operativa, fortalecimiento de capacidades digitales y acompañamiento consultivo, considerando el nivel de madurez digital actual de la organización y las capacidades priorizadas dentro de la hoja de ruta tecnológica propuesta.

En este contexto, los valores estimados no deben interpretarse como costos definitivos de implementación, adquisición o contratación tecnológica, sino como referencias orientativas para futuras etapas de evaluación financiera, priorización tecnológica y estructuración progresiva de iniciativas de transformación digital.

Componentes referenciales de inversión tecnológica

Tabla 33. Componentes referenciales de inversión tecnológica

Componente	Descripción	Costo estimado (USD)*

WMS mínimo viable	Software tipo SaaS con módulos de recepción, ubicación, movimientos, conteos cíclicos.	6.000 – 10.000 / año
ERP manufactura modular	Módulo producción (BOM, órdenes, inventarios, tiempos estándar). Plataformas ERP orientadas a manufactura y gestión integrada, tales como Odoo, SAP B1, entre otras.	12.000 – 20.000 / año
Integración de sistemas existentes	Desarrollo de APIs, middleware o conectores ligeros.	8.000 – 15.000 (único)
Sistema de captura operativa	Infraestructura básica de captura operativa y trazabilidad digital, como lectores RFID, impresoras QR, tablets o estaciones de captura.	5.000 – 12.000 (hardware inicial)
Plataforma BI	Capacidades de analítica y visualización de información organizacional, como licencias + diseño del modelo de datos y dashboards estratégicos.	3.000 – 6.000
Ciberseguridad básica	Configuración de autenticación, respaldos, roles y segregación.	2.000 – 4.000

Fuente: Elaboración propia

Componentes referenciales de acompañamiento y consultoría

Tabla 34. Componentes referenciales de acompañamiento y consultoría

Actividad	Alcance	Costo estimado (USD)*
Diagnóstico estratégico y tecnológico	Análisis de brechas, mapa de sistemas, roadmap tecnológico.	4.000 – 6.000
Diseño de arquitectura de soluciones	Blueprint tecnológico, gobernanza de datos, integración de sistemas.	5.000 – 8.000
Implementación inicial WMS / captura	Acompañamiento funcional, pruebas, parametrización.	4.000 – 6.000
Modelo de datos + dashboards BI	Modelo centralizado, automatización de KPIs y tableros.	3.000 – 5.000
Capacitación por roles	Manuales, sesiones prácticas, entrenamiento de usuarios.	2.000 – 4.000

Fuente: Elaboración propia

Componentes complementarios de inversión

Tabla 35. Componentes complementarios de inversión

Ítem	Costo estimado (USD)*
Equipos de respaldo y contingencia	2.000 – 3.000
Licencias adicionales o mantenimiento post año 1	5.000 – 10.000 / año
Soporte técnico especializado externo	2.000 – 4.000 / año

Fuente: Elaboración propia

Resumen General de Costos Iniciales (Año 1)

Tabla 36. Resumen General de costos iniciales (Año 1)

Componente	Costo estimado (USD)*
Tecnología (licencias, hardware, plataformas)	USD $39.000 – $74.000
Consultoría (diseño, implementación, BI, capacitación)	USD $18.000 – $29.000
Total estimado año 1 (sin opcionales)	USD $57.000 – $103.000

Fuente: Elaboración propia

*****Nota metodológica: Los valores presentados en la estimación referencial de inversión se expresan en dólares estadounidenses (USD), debido a que las licencias de software especializado (sistemas ERP orientados a manufactura, soluciones WMS y plataformas SaaS), la infraestructura tecnológica de captura digital y los componentes estandarizados del mercado tecnológico global se comercializan y cotizan habitualmente en esta moneda. Esta denominación facilita su conversión a la tasa de cambio vigente al momento de la ejecución presupuestal y su respectiva armonización frente al análisis financiero histórico de la organización expresado en pesos colombianos (COP).

Las estimaciones presentadas buscan proporcionar una referencia general para la planificación progresiva de iniciativas asociadas al fortalecimiento de capacidades operativas, tecnológicas y analíticas en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. La priorización e implementación de estas capacidades deberá responder a criterios de viabilidad organizacional, interoperabilidad, escalabilidad, sostenibilidad tecnológica y alineación con las necesidades identificadas durante el diagnóstico integrado y la hoja

de ruta tecnológica propuesta.

Asimismo, la evolución de la inversión podrá desarrollarse de manera progresiva mediante esquemas modulares de implementación, permitiendo reducir riesgos, facilitar la apropiación organizacional y priorizar capacidades de mayor impacto operativo y estratégico.

Impacto Organizacional Esperado

La implementación progresiva de la hoja de ruta tecnológica propuesta para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. busca fortalecer las capacidades operativas, tecnológicas y organizacionales identificadas durante el diagnóstico integrado, promoviendo una evolución gradual hacia modelos de operación más integrados, trazables y orientados a datos.

Los impactos proyectados se presentan como estimaciones referenciales sustentadas en literatura académica y estudios relacionados con transformación digital, integración empresarial, trazabilidad operativa, sistemas de gestión organizacional y principios de Lean Manufacturing. Dichos impactos se organizan en dimensiones estratégicas asociadas a eficiencia operativa, trazabilidad, integración organizacional, automatización y fortalecimiento de capacidades digitales.

- **Impacto en Eficiencia Operativa (Reducción estimada: 15% – 25%):** El fortalecimiento de capacidades de captura digital, trazabilidad operativa e integración de información, como la captura en piso (QR/RFID), el WMS/MES mínimo viable y la integración ERP, permitirá reducir tiempos de búsqueda, movimientos innecesarios, reprocesos y restricciones asociadas al flujo interno de materiales. En este contexto, se proyecta una reducción estimada entre 15% y 25% en tiempos de ciclo y

actividades sin valor agregado**.** Estas apreciaciones tienen como sustento metodológico la literatura consultada de Lean Manufacturing (Womack & Jones, 2003; Liker, 2004), estudios asociados a Industria 4.0 y transformación digital industrial (Kagermann et al., 2013; Schwab, 2017).

- **Impacto en trazabilidad y exactitud de información operativa (≥95%):** La incorporación progresiva de capacidades de trazabilidad digital e integración operativa, como sistemas WMS y RFID, permitirá fortalecer la visibilidad del material en proceso (WIP), mejorar la exactitud de inventarios y reducir errores asociados a registros manuales y sincronización de información. Diversos estudios sobre sistemas de gestión de inventarios y tecnologías de trazabilidad reportan niveles de exactitud superiores al 95% mediante mecanismos de captura digital y monitoreo operativo (Frazelle, 2002; Gaukler & Seifert, 2007).
- **Impacto en integración organizacional y eficiencia administrativa (10% - 20%):** La integración progresiva de plataformas operativas, administrativas y de gestión empresarial, tal como un ERP, permitirá fortalecer la coordinación entre áreas, reducir duplicidades operativas y mejorar la disponibilidad de información para seguimiento y toma de decisiones. Las investigaciones asociadas a integración empresarial y sistemas ERP reportan mejoras significativas en eficiencia administrativa, interoperabilidad organizacional y reducción de reprocesos derivados de fragmentación de información (Davenport, 1998; Laudon & Laudon, 2021; Umble et al., 2003). Bajo este contexto, se proyectan mejoras estimadas entre 10% y 20% en eficiencia administrativa y operativa.
- **Impacto en Automatización y Confiabilidad Operativa:** El fortalecimiento de

capacidades de monitoreo operativo, captura digital y seguimiento de eventos permitirá incrementar la visibilidad sobre la operación, mejorar el control de procesos y reducir riesgos asociados a interrupciones operativas y pérdida de trazabilidad. Asimismo, la incorporación progresiva de capacidades orientadas a monitoreo y automatización facilitará futuras iniciativas relacionadas con mantenimiento predictivo, control operacional y seguridad industrial (Porter & Heppelmann, 2014; Schwab, 2017).

- **Impacto Organizacional y Cultura Digital:** La apropiación tecnológica, la gestión del cambio y el fortalecimiento de competencias digitales constituyen factores fundamentales para garantizar la sostenibilidad del proceso de transformación propuesto. En este sentido, la implementación progresiva de capacidades digitales, acompañada de estrategias de formación, adopción organizacional y fortalecimiento de competencias por perfiles, permitirá consolidar una cultura orientada al uso estratégico de la información, fortalecer la articulación entre áreas y desarrollar capacidades organizacionales para sostener los procesos de mejora continua, aspectos ampliamente reconocidos como factores críticos en los procesos de gestión del cambio y transformación digital (Kotter, 1996; Westerman et al., 2014).
- **Impacto estratégico esperado:** La evolución progresiva de las capacidades propuestas permitirá fortalecer la visibilidad integral del flujo productivo, mejorar la coordinación entre procesos operativos y administrativos, reducir reprocesos y consolidar mecanismos de monitoreo y análisis orientados a la toma de decisiones basada en datos. Asimismo, permitirá fortalecer la articulación entre el desempeño operativo y el análisis organizacional y financiero, facilitando procesos de seguimiento

y evaluación más integrados.

Los impactos proyectados se presentan bajo escenarios conservadores y coherentes con organizaciones en etapas iniciales de madurez digital. La implementación progresiva por oleadas, soportada en capacidades de integración, gobernanza de información y fortalecimiento operativo, permitirá generar mejoras medibles y sostenibles, alineadas con las capacidades operativas y organizacionales actuales de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Lineamientos estratégicos para implementación de la hoja de ruta

La hoja de ruta tecnológica propuesta para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. debe interpretarse como un marco orientador para la evolución progresiva de capacidades operativas, tecnológicas y organizacionales, y no como un modelo rígido de implementación o adquisición de plataformas específicas.

Desde esta perspectiva, las capacidades, mecanismos y tecnologías planteadas constituyen referencias funcionales orientadas a soportar las necesidades operativas, analíticas y organizacionales identificadas durante el diagnóstico integrado. En consecuencia, la selección e implementación definitiva de soluciones deberá responder a criterios de interoperabilidad, escalabilidad, sostenibilidad tecnológica, viabilidad financiera y alineación con las condiciones estratégicas y operativas de la organización.

Asimismo, la sostenibilidad del proceso de transformación digital dependerá no solo de la incorporación progresiva de capacidades tecnológicas, sino también del fortalecimiento organizacional, la apropiación operativa, la gestión del cambio y la capacidad institucional para consolidar procesos de mejora continua y evolución digital.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

La presente consultoría permitió evaluar el nivel de madurez digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. mediante un diagnóstico integrado de sus componentes físicos, organizacionales y tecnológicos, estableciendo una línea base para diseñar una hoja de ruta de transformación digital orientada al fortalecimiento de la gestión de procesos, la gestión de la información y el soporte a la toma de decisiones.

El análisis evidenció que, aunque la organización cuenta con una trayectoria consolidada en el sector metalmecánico, experiencia técnica y una base organizacional estable, presenta un nivel de madurez digital limitado, caracterizado por una alta dependencia de procesos manuales, baja integración de la información y capacidades digitales incipientes. Estas condiciones afectan la eficiencia operativa, reducen la trazabilidad del flujo interno de materiales y limitan la disponibilidad de información confiable para la gestión y la toma de decisiones.

Desde el componente físico-operativo se identificaron recorridos innecesarios, flujos cruzados de materiales, saturación de espacios y ausencia de mecanismos estructurados de trazabilidad y control operacional, factores que incrementan los tiempos improductivos, los reprocesos y la pérdida de visibilidad sobre el material en proceso (WIP).

En el ámbito organizacional se evidenciaron oportunidades de mejora relacionadas con la fragmentación entre áreas funcionales, la limitada estandarización de procesos, la escasa disponibilidad de indicadores para el seguimiento de la operación y una cultura organizacional con bajo aprovechamiento estratégico de la

información.

En términos de impacto esperado sobre la cadena de valor, la propuesta plantea iniciativas orientadas a fortalecer el abastecimiento, la coordinación y la trazabilidad. Sus posibles efectos sobre tiempos, reprocesos y confiabilidad deberán verificarse durante la implementación.

Por su parte, el diagnóstico tecnológico confirmó una baja interoperabilidad entre plataformas, alta dependencia de procesos manuales, limitada automatización de procesos, ausencia de integración empresarial y escasas capacidades para el monitoreo y la trazabilidad en tiempo real. Asimismo, se identificaron oportunidades para incorporar progresivamente capacidades digitales en procesos críticos como corte, ensamble, inventarios y despacho, con el propósito de fortalecer la eficiencia operativa y la visibilidad organizacional.

De igual forma, el ejercicio de benchmarking sectorial permitió comparar el estado tecnológico de CMA frente a referentes del sector metalmecánico, identificando brechas en la adopción de herramientas de automatización, integración empresarial y analítica de datos que sirvieron como referente para la estructuración de la propuesta de transformación digital.

Como respuesta a las brechas identificadas, se diseñó una hoja de ruta para la transformación digital de la gestión de procesos y la gestión de la información, estructurada en oleadas progresivas e interdependientes orientadas al fortalecimiento del gobierno de datos, la arquitectura e interoperabilidad, la trazabilidad y digitalización operativa, la integración organizacional, las capacidades analíticas, la seguridad de la información y la apropiación tecnológica. La propuesta considera las condiciones

identificadas en la empresa y su viabilidad financiera deberá evaluarse antes de la implementación, con el propósito de orientar una evolución progresiva de sus capacidades digitales.

Adicionalmente, la definición de KPIs operativos, financieros y tecnológicos proporciona una base para evaluar el desempeño organizacional, monitorear la trazabilidad operativa y el avance de la transformación digital, y fortalecer la toma de decisiones basada en información integrada y confiable. Es importante señalar que el rediseño físico del layout y otras oportunidades de mejora identificadas durante el diagnóstico se reconocen como iniciativas complementarias para la evolución organizacional de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.; sin embargo, su desarrollo excede el alcance de la presente consultoría, la cual se centra en el diseño de una hoja de ruta para fortalecer progresivamente las capacidades digitales, la gestión de la información y la integración organizacional.

Finalmente, la consultoría no solo permitió diseñar una hoja de ruta para orientar la transformación digital de la organización, sino también aplicar y adaptar instrumentos existentes para evaluar el nivel de madurez digital en el contexto de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., integrando el análisis de procesos, la gestión de la información, el diagnóstico tecnológico y la planeación estratégica de capacidades digitales. En este sentido, el proyecto proporciona una base de diagnóstico y planificación para orientar futuras iniciativas de fortalecimiento competitivo y constituye un referente académico y aplicado para el desarrollo de ejercicios de diagnóstico y planeación de la transformación digital en organizaciones industriales con características similares, previa revisión de su pertinencia en esos contextos.

Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos durante el diagnóstico integrado y considerando el nivel de madurez digital identificado en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., se recomienda que la implementación de la hoja de ruta para la transformación digital se desarrolle de manera progresiva, respetando la secuencia y las dependencias establecidas entre las oleadas propuestas. Este enfoque permitirá consolidar las capacidades fundacionales antes de incorporar capacidades de mayor complejidad, reduciendo riesgos de implementación, favoreciendo la apropiación organizacional y asegurando la sostenibilidad del proceso de transformación digital.

Se recomienda iniciar la implementación mediante proyectos piloto de alcance controlado, priorizando los procesos, estaciones y flujos críticos del proceso productivo. Este enfoque permitirá validar progresivamente las capacidades propuestas, controlar los riesgos asociados al proceso de transformación digital, facilitar la apropiación organizacional y consolidar las capacidades de trazabilidad, integración y monitoreo antes de ampliar su implementación hacia el resto de la organización.

Las tecnologías planteadas en la presente consultoría deberán interpretarse como referencias funcionales y no como decisiones definitivas de adquisición. En consecuencia, su selección e implementación deberá responder a criterios de interoperabilidad, modularidad, escalabilidad, sostenibilidad tecnológica y viabilidad organizacional y financiera, garantizando coherencia con las capacidades definidas en la hoja de ruta.

El avance entre oleadas deberá estar condicionado al cumplimiento y estabilización de los entregables definidos como prerrequisitos para las actividades

posteriores. Cuando las condiciones organizacionales y tecnológicas lo permitan, podrán desarrollarse actividades de manera paralela, siempre que no se comprometan las dependencias establecidas, la calidad de los resultados ni la apropiación de las capacidades implementadas.

Recomendaciones para la Oleada 0 – Capacidades fundacionales y arquitectura de integración

- Priorizar la consolidación del gobierno de datos antes de iniciar procesos de integración tecnológica, definiendo responsables funcionales, reglas de calidad, diccionarios de datos y estructuras maestras estandarizadas para materiales, ubicaciones, recursos y estados operativos.
- Validar previamente las estructuras de datos críticas relacionadas con materiales, órdenes de producción, ubicaciones, recursos y estados operativos, garantizando consistencia antes de integrar nuevos sistemas.
- Definir una arquitectura de integración modular que facilite la interoperabilidad entre las plataformas actuales y futuras mediante APIs, procesos ETL, middleware o mecanismos equivalentes.
- Formalizar un modelo de interoperabilidad que establezca criterios para el intercambio, sincronización y gestión de la información entre las plataformas organizacionales actuales y futuras.
- Evitar la incorporación de nuevas plataformas tecnológicas sin contar previamente con lineamientos de gobierno, estándares de información y mecanismos básicos de integración.
- Incorporar desde la arquitectura inicial criterios básicos de seguridad, control de

accesos, respaldo y continuidad tecnológica, que posteriormente puedan fortalecerse y formalizarse como parte de las capacidades de sostenibilidad y seguridad contempladas en la Oleada 4.

Recomendaciones para la Oleada 1 – Trazabilidad y control operativo del piso de producción

- Implementar inicialmente pilotos de captura digital en los procesos con mayor impacto sobre la trazabilidad, priorizando las etapas de corte, ensamble, almacenamiento y despacho.
- Avanzar progresivamente hacia mecanismos de captura digital, trazabilidad operativa y visibilidad en piso, seleccionando tecnologías de identificación como QR, RFID u otras equivalentes de acuerdo con la complejidad de la operación, el retorno esperado y la capacidad de adopción de la organización.
- Fortalecer la visibilidad y el seguimiento del material en proceso (WIP), permitiendo identificar oportunamente la ubicación, estado y avance de las órdenes de producción para reducir tiempos improductivos, reprocesos y pérdidas de trazabilidad.
- Acompañar la implementación mediante actividades de capacitación y seguimiento a supervisores y operarios para favorecer la apropiación de las nuevas herramientas digitales.

Recomendaciones para la Oleada 2 – Integración operativa y articulación organizacional

- Priorizar la integración de los procesos con mayor intercambio de información entre producción, inventarios, compras, logística y administración, evitando desarrollos aislados entre plataformas.

- Implementar las integraciones de forma gradual, validando cada proceso antes de ampliar su alcance hacia nuevos módulos o áreas funcionales.
- Evaluar la incorporación progresiva de plataformas ERP, WMS, MES o soluciones equivalentes cuando las capacidades de gobierno de datos, integración y trazabilidad requeridas para su implementación se encuentren suficientemente estabilizadas.
- Documentar las interfaces, reglas de sincronización y responsables funcionales para facilitar el mantenimiento y la evolución futura del ecosistema tecnológico.
- Fortalecer la articulación entre producción, inventarios, compras, mantenimiento, logística y proveedores estratégicos mediante procesos integrados y mecanismos de intercambio de información que favorezcan la coordinación operativa.

Recomendaciones para la Oleada 3 – Analítica operativa y soporte para la toma de decisiones

- Consolidar un modelo de información analítica que integre datos operativos, administrativos y financieros, incluyendo los registros históricos generados por las capacidades de trazabilidad e integración implementadas en las oleadas anteriores, garantizando consistencia y confiabilidad entre las fuentes de información.
- Definir y validar conjuntamente con las áreas responsables los indicadores (KPIs), estableciendo responsables, fórmulas de cálculo, periodicidad de actualización y criterios de interpretación.
- Implementar tableros operativos para el seguimiento diario de la operación y tableros ejecutivos orientados al monitoreo del desempeño organizacional y al soporte para la toma de decisiones.
- Incorporar los indicadores y tableros como herramienta permanente de seguimiento

en los espacios de revisión gerencial y mejora continua.

- Fortalecer el monitoreo analítico del abastecimiento y del desempeño de proveedores estratégicos mediante indicadores y mecanismos de seguimiento que apoyen la coordinación entre abastecimiento, producción y logística.

Recomendaciones para la Oleada 4 – Sostenibilidad, apropiación y evolución digital

- Acompañar desde las primeras oleadas la implementación de nuevas capacidades mediante acciones de comunicación, capacitación y acompañamiento al cambio, consolidando en la Oleada 4 una estrategia organizacional de gestión del cambio y apropiación tecnológica que involucre a directivos, líderes de proceso y personal operativo.
- Desarrollar programas permanentes de formación orientados al fortalecimiento de competencias digitales de acuerdo con las responsabilidades de cada perfil organizacional.
- Mantener y actualizar los lineamientos, procedimientos y protocolos desarrollados durante las oleadas anteriores, asegurando su apropiación y aplicación como soporte a la integración de información, la trazabilidad operativa y la sostenibilidad de las capacidades digitales implementadas.
- Implementar lineamientos de seguridad de la información, control de accesos, respaldo y continuidad tecnológica como parte integral de la operación y no únicamente como actividades del área de TI.
- Promover una cultura organizacional orientada al uso estratégico de los datos, la mejora continua y la toma de decisiones basada en información confiable e integrada.

- Realizar evaluaciones periódicas sobre la adopción de las capacidades digitales implementadas y el nivel de madurez digital alcanzado, utilizando los resultados para actualizar la hoja de ruta y definir nuevas oportunidades de evolución.

Recomendaciones físico-operativas complementarias

Aunque el rediseño físico de la planta no hace parte del alcance principal de la presente consultoría, se recomienda evaluar progresivamente iniciativas orientadas a optimizar el layout, reorganizar las zonas de almacenamiento, mejorar la señalización y definir rutas de circulación más eficientes para reducir desplazamientos innecesarios y fortalecer la continuidad del flujo interno de materiales.

Estas iniciativas deberán desarrollarse de forma articulada con las capacidades de trazabilidad, captura digital y monitoreo propuestas en la hoja de ruta, favoreciendo la coherencia entre el flujo físico de materiales y el flujo de información.

Seguimiento y evolución de la hoja de ruta

Se recomienda establecer un mecanismo permanente de seguimiento liderado por la Gerencia General y el Comité de Transformación Digital, orientado a evaluar el cumplimiento de los entregables, el comportamiento de los indicadores definidos y el grado de adopción de las capacidades implementadas, verificando especialmente el cumplimiento de los prerrequisitos y dependencias establecidos para avanzar hacia las actividades de las siguientes oleadas.

Asimismo, se recomienda actualizar periódicamente la hoja de ruta de acuerdo con la evolución de las necesidades organizacionales, los resultados obtenidos y la incorporación de nuevas capacidades digitales, garantizando que el proceso de transformación se mantenga alineado con la estrategia de la organización y con los

principios de mejora continua.

La presente propuesta constituye una base estratégica y técnica para orientar la evolución digital de CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. La implementación progresiva de las recomendaciones permitirá abordar las brechas identificadas durante el diagnóstico, fortaleciendo las capacidades digitales, organizacionales y operativas necesarias para soportar una transformación digital sostenible. No obstante, el éxito de este proceso dependerá del compromiso de la dirección, la articulación entre las áreas funcionales y la mejora continua de los procesos organizacionales.

Referencias

Acatech. (2020). Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the digital transformation of companies (Update 2020). https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia [ANDI]. (2023). *Informe de desempeño y caracterización de la Cámara FEDEMETAL*. ANDI. https://www.andi.com.co/Home/Camara/14-fedemetal

Boston Consulting Group. (2021). *Adopting a digital strategy in the metals and mining industry*. BCG. https://www.bcg.com/publications/2021/adopting-a-digital-strategy-in-the-metals-and-mining-industry

Brynjolfsson, E., & McElheran, K. (2016). The rapid adoption of data-driven decision-making. American Economic Review.

Chopra, S., & Meindl, P. (2016). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. Pearson.

CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. (2024). Sitio web oficial.

CMA Ingeniería y Construcción S.A.S. (2024). *Quiénes somos.* https://www.cmaging.com/

Cámara Colombiana de la Construcción [CAMACOL]. (2023). *Tendencias de insumos y tecnología en la edificación e infraestructura en Colombia*. CAMACOL. https://camacol.co/

Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). (2023). Informe de coyuntura sectorial. https://camacol.co/

DAMA International. (2017). DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge (2nd ed.). Technics Publications.

DANE. (2023). Boletín Económico Sectorial: Construcción y manufactura.

Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2017). Competing on analytics: The new science of winning (Rev. and updated ed.). Harvard Business Review Press.

Davenport, T. H. (1998). *Putting the enterprise into the enterprise system*. *Harvard Business Review, 76*(4), 121–131.

Davenport, T. H. (1994). Saving IT's soul: Human-centered information management. Harvard Business Review, 72(2), 119–131.

Deloitte. (2017). *Digital Maturity Model: A dimension by dimension guide to digital transformation*. TM Forum. https://www.tmforum.org/wp-content/uploads/2018/08/Deloitte-DMM.pdf

Deloitte. (2018). Digital Manufacturing: Capturing Sustainable Business Value.

Deloitte. (2019). Digital Supply Networks: Enabling 21st-century supply chains.

Emecon S.A.S. (2023). *Portafolio de proyectos de infraestructura y capacidades técnicas de fabricación metálica*. Emecon. https://www.emecon.com.co/

EMIS. (2024). CMA Ingeniería y Construcción S.A.S. – *Perfil de empresa.* https://www.emis.com/php/company-profile/CO/CMA_Ingenieria_y_Construccion_SAS_es_1213158.html

EMIS Professional. (2024). *Perfiles corporativos y estados financieros del sector metalmecánico en Colombia: Estrumetal S.A., Taesmet S.A.S. y Emecon S.A.S.* [Base de datos]. ISI Emerging Markets Group. Consultado a través del Sistema de Bibliotecas de la Universidad EAN. https://www.emis.com/

Estrumetal S.A. (2023). *Memorias corporativas, tecnología de planta y proyectos de estructura metálica*. Estrumetal. https://www.estrumetal.com/

Estrumetal S.A. (2024). *Proyectos ejecutados.* https://www.estrumetal.com.co/

Frazelle, E. (2002). World-Class Warehousing and Material Handling.

Gaukler, G., & Seifert, R. (2007). Applications of RFID in Supply Chains.

Goldratt, E. M. (1984). The Goal: A Process of Ongoing Improvement. North River Press.

Goldratt, E. M., & Cox, J. (2016). The Goal (30th Anniversary ed.). North River Press.

Hammer, M., & Champy, J. (2006). Reengineering the Corporation. Harper Business.

Harrington, H. J. (1991). Business Process Improvement. McGraw-Hill.

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill.

IEEE. (1990). IEEE Standard Computer Dictionary.

Inmon, W. H. (2005). Building the Data Warehouse (4th ed.). Wiley.

ISACA. (2023). *CMMI updates take performance improvements to the next level.* https://www.isaca.org/resources/news-and-trends/isaca-now-blog/2023/cmmi-updates-take-performance-improvements-to-the-next-level

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group.

Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation. MIT Sloan Management Review.

Kimball, R., & Ross, M. (2013). The Data Warehouse Toolkit (3rd ed.). Wiley.

Kotter, J. P. (1996). Leading change. Harvard Business School Press.

Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management. Harvard Business Review, 61(5), 109–117.

Lambert, D. M., Cooper, M. C., & Pagh, J. D. (2008). Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. International Journal of Logistics Management, 9(2), 1–20.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2021). Management Information Systems. Pearson.

Liker, J. K. (2004). The Toyota Way. McGraw-Hill.

Mayr, A., et al. (2018). Lean 4.0 – A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0.

McKinsey & Company (2019). Digital Transformation: Improving productivity in manufacturing.

Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). Journal of Manufacturing Systems, 49, 194–214.

Parmenter, D. (2020). Key Performance Indicators (4th ed.). Wiley.

Porter, M. E. (2008). The Five Competitive Forces That Shape Strategy. Harvard Business Review.

Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. Harvard Business Review, 92(11), 64–88.

Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data Science for Business. O'Reilly.

Sabbaghi, A., & Vaidyanathan, G. (2008). Effectiveness and Efficiency of RFID Technology in Supply Chain Management.

Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies Lean Manufacturing.

Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., & Wahlster, W. (2017). Industrie 4.0 Maturity Index. Acatech.

Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.

SEI. (2010). CMMI for Development, Version 1.3. Software Engineering Institute.

Sharda, R., Delen, D., & Turban, E. (2018). Business Intelligence, Analytics, and Data Science. Pearson.

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2022). Operations Management (10th ed.). Pearson.

Superintendencia de Sociedades. (2023). Informe financiero sector manufactura.

Superintendencia de Sociedades. (2023). *Sistema de Información y Riesgo Empresarial (SIREM): Reportes de estados financieros del sector industrial y metalmecánico en Colombia*. Gobierno de Colombia. https://siis.ia.supersociedades.gov.co/

Taesmet S.A.S. (2023). *Procesos de ingeniería, corte y ensamble de estructuras metálicas*. Taesmet. https://www.taesmet.com/

Umble, E. J., Haft, R. R., & Umble, M. M. (2003). Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors. European Journal of Operational Research, 146(2), 241–257.

Vernadat, F. B. (2010). Enterprise Modeling and Integration. Chapman & Hall/CRC.

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). Leading Digital. Harvard Business Press.

Westerman, G., Calméjane, C., Bonnet, D., Ferraris, P., & McAfee, A. (2011). Digital Transformation: A Roadmap for Billion-Dollar Organizations.

Womack, J., & Jones, D. (2003). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation (Rev. ed.). Simon & Schuster.

Anexos

Anexo A. Instrumento para la observación y recolección de datos de procesos en las plantas de CMA

Anexo B. Instrumento de entrevista para la evaluación del soporte tecnológico en las áreas operativas de CMA

Anexo C. Instrumento de entrevista para el área de TI de CMA Ingeniería

Anexo D. Instrumento de evaluación de madurez digital

Anexo E. Instrumento de benchmarking basado en el MMD Deloitte

Anexo F. Resultados de la evaluación de madurez digital

Anexo G. Resultados benchmarking basado en el modelo de madurez digital de Deloitte

Anexo H. Consolidado de hallazgos diagnósticos

Anexo I. Referencias tecnológicas y capacidades de implementación

Anexo J. Matriz de KPIs estratégicos de seguimiento

Anexo K. Cronograma de implementación de la hoja de ruta de transformación digital.