

**Optimización de la gestión y control operativo de los equipos de medida de energía en Tesla
Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. en Bucaramanga, Santander**

María Fernanda Jaimes Rueda, Sadie Tatiana Escobar Duran

Trabajo de grado para optar el título Ingeniero Industrial

Director

Eduwin Andrés Flórez Orejuela

Magister en Administración

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División Ingenierías y arquitectura

Ingeniería industrial

2026

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo de grado a nuestras familias, por su constante respaldo, compromiso y motivación a lo largo de nuestra formación académica. Su apoyo incondicional ha sido fundamental para la consolidación de este proceso y la culminación de esta etapa profesional.

Extendemos esta dedicatoria a nuestros docentes y asesores, quienes con su orientación y rigurosidad académica nos guiaron en el desarrollo de este proyecto. Su conocimiento y experiencia fueron determinantes para alcanzar los objetivos propuestos.

A todas las personas que, directa o indirectamente, contribuyeron al logro de este propósito académico, les expresamos nuestro más sincero agradecimiento.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Santo Tomás y a la Facultad de Ingeniería Industrial por brindarnos las herramientas académicas y formativas necesarias, así como por su compromiso con la excelencia educativa, también agradecemos especialmente a nuestro director de trabajo de grado, Edwin Florez, por su valiosa orientación, disposición permanente y aportes significativos durante todo el proceso investigativo.

Nuestro reconocimiento también se extiende a la empresa Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., por permitirnos desarrollar este proyecto en su entorno organizacional, y al personal que nos brindó su colaboración y apoyo para la recolección de información y validación de resultados.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias, por ser nuestro mayor respaldo emocional y por acompañarnos de forma incondicional en cada etapa de nuestra formación profesional.

Contenido

Introducción	13
1. Optimización de la gestión y control operativo de los equipos de medida de energía en Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. en Bucaramanga, Santander	15
1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Justificación	17
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos	19
2. Marco referencial	20
3. Marco teórico	21
3.1 Gestión de operaciones	21
3.2 Estandarización de procesos	22
3.3 Medición del desempeño organizacional	22
3.4 Business Intelligence y visualización de datos	23
3.5 Metodología DMAIC y Six Sigma	23
3.6 Ciclo PHVA y mejora continua	24
3.7 Lean Manufacturing y herramientas de calidad	24
4. Marco conceptual	25
5. Marco legal	26
6. Marco histórico	28
7. Marco contextual	29
8. Estado del arte	32

9. Metodología	33
9.1 Enfoque y tipo de investigación	33
9.2 Método de investigación	34
9.3 Desarrollo metodológico por fases.....	35
9.3.1 Fase 1: Diagnóstico del estado actual.....	35
9.3.2 Fase 2: Diseño de la propuesta de mejora	36
9.3.3 Fase 3: Implementación y control de la propuesta	37
9.4 Técnicas e instrumentos	38
9.5 Población y muestra	39
9.6 Variables del estudio	39
11. Presupuesto	40
12. Resultados	41
12.1 Diagnóstico integral de los procesos operativos	42
12.1.1 Caracterización general de Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S.	42
12.1.2 Identificación de procesos clave y mapeo del flujo de valor (VSM)	43
12.1.3 Caracterización del proceso productivo de tableros SBM.....	45
12.1.4 Estudio de tiempos por fase y por tipo de producto	46
12.1.5 Análisis de consumo energético y costo de mano de obra por fase	48
12.1.6 Análisis del layout y distribución de la bodega.....	50
12.1.7 Identificación de problemas, cuellos de botella y oportunidades de mejora	51
12.2 Diseño del sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs).....	52
12.2.1 Criterios y metodología para la formulación de los KPIs	53
12.2.2 KPIs por área de gestión (Producción, Calidad y Logística).....	54

12.2.3 Ficha técnica de cada indicador.....	55
12.2.4 Matriz de priorización y alineación estratégica de los indicadores	58
12.3 Implementación del sistema de control y monitoreo	59
12.3.1 Medición de la línea base de los indicadores	59
12.3.2 Selección y justificación de la herramienta de Business Intelligence	61
12.3.3 Diseño y arquitectura del dashboard interactivo	62
12.3.4 Implementación piloto y validación	64
12.3.5 Plan de control y sostenibilidad de las mejoras	65
12.4 Entregables y evidencias de la implementación.....	66
12.4.2 Dashboard interactivo — Entregable final	66
13. Conclusiones	72
13.1 Cumplimiento del Objetivo Específico 1 — Diagnóstico de procesos	72
13.2 Cumplimiento del Objetivo Específico 2 — Diseño de KPIs.....	73
13.3 Cumplimiento del Objetivo Específico 3 — Implementación y dashboard.....	74
13.4 Cumplimiento del Objetivo General y aporte global	75
13.5 Limitaciones del estudio.....	76
14. Recomendaciones	76
14.1 Recomendaciones a Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S.....	77
14.2 Recomendaciones a la Universidad Santo Tomás Sede Bucaramanga.....	80
Referencias bibliográficas.....	83

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Presupuesto</i>	40
Tabla 2. <i>Bloques de procesos identificados en el VSM y sus salidas principales</i>	44
Tabla 3. <i>Caracterización del proceso productivo de tableros SBM por fase</i>	45
Tabla 4. <i>Tiempo promedio de ciclo por fase y producto (minutos por unidad)</i>	46
Tabla 5. <i>Consumo energético y costo por fase (cálculo a partir de tiempos estándar y tarifa de 976 COP/kWh)</i>	49
Tabla 6. <i>Problemas identificados, evidencia y oportunidades de mejora</i>	52
Tabla 7. <i>Sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs) propuesto para Tesla Energy</i>	54
Tabla 8. <i>Fichas técnicas — Áreas de Producción y Calidad</i>	55
Tabla 9. <i>Fichas técnicas — Área de Logística</i>	57
Tabla 10. <i>Matriz de priorización de los indicadores</i>	58
Tabla 11. <i>Línea base de los indicadores (Abr/2025 – Mar/2026)</i>	60
Tabla 12. <i>Matriz comparativa de herramientas de Business Intelligence</i>	62
Tabla 13. <i>Componentes técnicos del dashboard</i>	63
Tabla 14. <i>Plan de control para la sostenibilidad del sistema implementado</i>	65

Lista de figuras

Figura 1. <i>Tiempo de ciclo promedio por producto y fase</i>	47
Figura 2. <i>Tiempos por fase - SBM POWER. Identificación del cuello de botella en F1.1</i>	48
Figura 3. <i>Distribución de costos operativos anuales (1.905 unidades / \$301,8 M COP)</i>	50
Figura 4. <i>Tasa de defectos y no conformidad por producto vs meta</i>	61
Figura 5. <i>Cumplimiento de entregas por producto vs meta</i>	61

Lista de apéndices

Los apéndices se pueden consultar en la base de datos de la universidad Santo Tomás

Apéndice A. *Manual técnico de KPIs, plantilla de datos y maqueta del dashboard*

Apéndice B. *Plantilla de captura de datos en Google Sheets*

Apéndice C. *Maqueta del dashboard interactivo (HTML navegable)*

Resumen

El presente anteproyecto tiene como propósito el objetivo de diseñar un plan de mejoramiento para la gestión y control de las operaciones en la empresa Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., utilizando herramientas de gestión que permitan la optimización operativa y una toma de decisiones más eficiente. El problema identificado radica en que, si bien la empresa cuenta con procesos estandarizados, documentación y KPIs implementados, estos presentan debilidades en su actualización, precisión e integración con herramientas tecnológicas. En respuesta, se desarrollarán actividades como la identificación y documentación de procesos clave, el diseño de indicadores de desempeño específicos y la implementación de dashboards interactivos. Entre los resultados esperados se encuentra una estructura de procesos más clara y medible, junto con una mayor visibilidad de los datos operativos a través de herramientas tecnológicas que faciliten decisiones más acertadas. La discusión gira en torno al impacto que estas acciones tienen en la eficiencia operativa, el cumplimiento normativo y la competitividad de la empresa dentro del sector energético, evidenciando cómo la gestión de procesos y el uso de tecnología de análisis pueden contribuir de forma sustancial a la mejora continua. Este estudio pretende servir como modelo para otras organizaciones del sector que enfrenten retos similares en sus operaciones internas.

Palabras clave: Mejora continua, gestión operativa, indicadores de desempeño, estandarización de procesos

Abstract

This preliminary project aims to design an improvement plan for the management and control of operations at Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., utilizing management tools that support operational optimization and more effective decision-making. The identified issue lies in the fact that, although the company has standardized processes, documentation, and implemented KPIs, these elements show weaknesses in terms of their updating, accuracy, and integration with technological tools.

In response, the project will involve activities such as the identification and documentation of key processes, the design of specific performance indicators, and the implementation of interactive dashboards. The expected outcomes include a clearer and more measurable process structure, along with enhanced visibility of operational data through technological tools that enable more accurate decision-making.

The discussion centers on the impact of these actions on operational efficiency, regulatory compliance, and the company's competitiveness within the energy sector, highlighting how process management and the use of analytical technology can significantly contribute to continuous improvement. This study also aims to serve as a model for other organizations in the sector facing similar challenges in their internal operations.

Keywords: Continuous improvement, operational management, performance indicators, process standardization.

Glosario

Dashboard: herramienta visual que permite mostrar de forma interactiva los datos clave de un proceso o sistema para facilitar su análisis y toma de decisiones. Generalmente integra gráficos, indicadores y reportes dinámicos. [28].

Estandarización de procesos: es el conjunto de acciones destinadas a definir, unificar y documentar las actividades necesarias para cumplir con los objetivos de un proceso, garantizando su repetibilidad y control. [2].

Google Looker Studio: plataforma gratuita de Business Intelligence desarrollada por Google, utilizada para la creación de dashboards interactivos y visualización de datos en tiempo real. Fue la herramienta seleccionada e implementada en este proyecto. [30].

Indicadores Clave de Desempeño (KPIs): son métricas utilizadas para evaluar el nivel de desempeño de un proceso, área o estrategia en función de objetivos previamente definidos. [27].

Mejora continua: proceso sistemático de identificación, análisis y mejora constante de los procesos de una organización, con el objetivo de aumentar su eficiencia y calidad. [1].

Introducción

En el contexto actual de la gestión organizacional dentro del sector energético, las empresas enfrentan exigencias crecientes asociadas a la eficiencia operativa, la trazabilidad de la información y la toma de decisiones estratégicas soportadas en datos confiables y oportunos. La dinámica competitiva del sector, sumada a los requerimientos normativos y a la transformación digital empresarial, demanda sistemas de gestión estructurados, procesos claramente definidos y mecanismos de control que permitan monitorear el desempeño organizacional de manera sistemática. En este escenario, Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. ha identificado debilidades relacionadas con la actualización y precisión de la documentación de sus procesos, la articulación efectiva de los indicadores clave de desempeño (KPIs) con los objetivos estratégicos y la integración funcional de herramientas tecnológicas para la visualización y análisis de datos operativos.

A partir de esta situación, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo puede diseñarse un plan de mejoramiento que permita optimizar la gestión y el control de las operaciones en la empresa Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., mediante la implementación de herramientas de gestión que fortalezcan la toma de decisiones basada en evidencia? Esta pregunta orienta el desarrollo del estudio y delimita su enfoque hacia la estructuración de un modelo de mejora operativa con fundamento técnico y metodológico.

La literatura especializada en gestión de calidad y mejora continua ha evidenciado que la estandarización de procesos, el diseño de sistemas de medición del desempeño y la incorporación de plataformas tecnológicas de análisis constituyen elementos estratégicos para incrementar la competitividad organizacional y reducir la variabilidad operativa [2], [27]. En coherencia con estos planteamientos, el presente trabajo de grado tiene como propósito diseñar un plan de mejoramiento

orientado a fortalecer la gestión operativa de la empresa objeto de estudio, estableciendo lineamientos técnicos para la estandarización de procesos, la definición estructurada de KPIs bajo criterios de pertinencia y confiabilidad, y la implementación de herramientas de visualización interactiva que faciliten el monitoreo y control gerencial.

El objeto de estudio lo constituyen los procesos operativos de Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., bajo la hipótesis de que una adecuada articulación entre procesos estandarizados, indicadores estratégicamente alineados y herramientas tecnológicas de análisis contribuirá significativamente a la optimización del desempeño operativo y a la mejora en la calidad de la toma de decisiones estratégicas. Esta premisa se fundamenta en enfoques teóricos de mejora continua, gestión por procesos y business intelligence, ampliamente respaldados en la literatura académica y aplicados exitosamente en contextos organizacionales similares [1], [28].

La justificación del proyecto se sustenta en la necesidad de fortalecer las capacidades internas de gestión y control, promoviendo una operación más eficiente, sistemática y alineada con los estándares normativos y estratégicos del sector energético. El impacto esperado trasciende el ámbito organizacional, al contribuir a la consolidación de una cultura de gestión basada en datos, así como al fortalecimiento de la sostenibilidad operativa y competitividad empresarial en un entorno caracterizado por alta exigencia técnica y regulatoria.

1. Optimización de la gestión y control operativo de los equipos de medida de energía en Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. en Bucaramanga, Santander

1.1 Planteamiento del problema

La dinámica del entorno empresarial en el sector energético impone a las organizaciones la necesidad de optimizar continuamente sus procesos operativos con el fin de garantizar eficiencia, sostenibilidad financiera y posicionamiento competitivo. En escenarios caracterizados por alta exigencia técnica, regulación normativa estricta y creciente presión por resultados medibles, la gestión organizacional debe sustentarse en sistemas de control robustos, información confiable y mecanismos de seguimiento que permitan evaluar el desempeño en tiempo real. En este contexto, Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. ha avanzado en la estructuración de procesos estandarizados y en la implementación de indicadores clave de desempeño (KPIs) orientados al control de sus operaciones, particularmente en la gestión de equipos de medida de energía.

No obstante, a pesar de contar con estos instrumentos formales de gestión, se evidencian debilidades asociadas a la actualización periódica de la documentación, inconsistencias en la precisión y confiabilidad de los datos, así como un bajo nivel de integración entre los indicadores definidos y las herramientas tecnológicas disponibles para su análisis y visualización. Esta situación genera limitaciones en la trazabilidad de la información operativa, dificulta el monitoreo sistemático del desempeño y restringe la capacidad de la organización para adoptar decisiones estratégicas basadas en evidencia cuantitativa oportuna.

En consecuencia, se configura una brecha entre la existencia formal de procesos e indicadores y su efectiva utilización como herramientas estratégicas de gestión. La ausencia de

una articulación estructurada entre estandarización de procesos, diseño técnico de KPIs alineados con los objetivos organizacionales y sistemas de control visual interactivo reduce el potencial de la empresa para mejorar su eficiencia operativa y minimizar la variabilidad en sus resultados. Asimismo, esta limitación impacta directamente en la capacidad de anticipar desviaciones, gestionar riesgos operativos y optimizar la asignación de recursos.

En este sentido, el presente proyecto propone el desarrollo de un plan de mejoramiento integral que aborde de manera sistemática tres dimensiones clave: (i) fortalecimiento de la estandarización y documentación de procesos críticos, (ii) diseño y redefinición de indicadores personalizados bajo criterios de relevancia, confiabilidad y alineación estratégica, y (iii) implementación de mecanismos de control visual interactivo mediante herramientas tecnológicas de análisis de datos. Esta aproximación aplicada busca cerrar la brecha identificada entre el sistema actual de gestión y las necesidades reales de control operativo.

A partir de lo anterior, la pregunta de investigación que orienta este trabajo es: ¿De qué manera puede optimizarse la gestión y el control operativo de los equipos de medida de energía en Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., en Bucaramanga, Santander, a través de estrategias de estandarización y mejora de procesos, con el propósito de incrementar la eficiencia operativa y fortalecer la toma de decisiones empresariales?

Esta pregunta delimita una problemática concreta dentro de un contexto organizacional real y establece un enfoque aplicado que integra componentes técnicos, metodológicos y estratégicos. Asimismo, plantea una mejora sustancial frente a los enfoques actuales, al incorporar tecnologías de análisis y visualización de datos como elemento articulador del sistema de gestión, permitiendo evolucionar desde un modelo de control operativo tradicional hacia uno soportado en información estructurada, medición sistemática y toma de decisiones basada en evidencia.

1.2 Justificación

Este proyecto es pertinente y necesario tanto desde el punto de vista empresarial como académico. En el contexto actual del sector energético colombiano, caracterizado por una alta competitividad, exigencias normativas crecientes y una demanda constante de eficiencia operativa, la implementación de planes de mejoramiento basados en la estandarización de procesos, definición de indicadores clave de desempeño (KPIs) y herramientas tecnológicas de análisis resulta fundamental [2], [4], [1].

Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. enfrenta desafíos relacionados con la actualización de su documentación operativa, la integración efectiva de sus indicadores y la visualización de datos para la toma de decisiones. La mejora en estos aspectos permitirá fortalecer su capacidad de respuesta, su control interno y su alineación estratégica, lo que se traduce en un impacto positivo sobre su productividad, calidad de servicio y sostenibilidad [15], [3]. En el energético colombiano resulta fundamental adoptar prácticas orientadas a la eficiencia, como la estandarización de procesos y el uso de herramientas tecnológicas de análisis. Esta propuesta no solo busca fortalecer el control interno, la productividad y la calidad del servicio de la empresa, sino que también representa una valiosa oportunidad de aplicar conocimientos académicos desde la ingeniería industrial, aportando a la formación profesional y a la generación de soluciones reales. Además, en un contexto económico nacional marcado por altos costos energéticos y exigencias de sostenibilidad, la implementación de estrategias de eficiencia como la que se propone es crucial para mejorar la competitividad del sector.

Desde el enfoque académico, esta investigación representa una oportunidad de aplicación práctica de conceptos clave de la ingeniería industrial, como la gestión por procesos, la mejora

continua y el uso de herramientas de Business Intelligence. Su desarrollo no solo contribuye a la solución de una problemática real, sino que también promueve el aprendizaje significativo mediante el enfoque investigativo, como lo plantea Bernal [25], al vincular teoría con práctica.

En términos sociales y económicos, fortalecer la gestión operativa de esta empresa impacta positivamente en la prestación eficiente de servicios esenciales y en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente aquellos relacionados con la energía asequible y no contaminante [26].

Además, según un informe de Bloomberg Línea [30], la eficiencia energética será clave para las empresas en Colombia ante el retador escenario económico de 2024, marcado por desafíos como la desaceleración económica, alta inflación y obstáculos en proyectos de energías renovables y transmisión. Estos factores han contribuido a posicionar al país como uno de los territorios con la energía industrial más costosa de Sudamérica, siendo un 60% más elevada que el promedio sudamericano y un 14% superior al promedio continental. En este contexto, la adopción de estrategias de eficiencia energética se vuelve esencial para mejorar la competitividad y sostenibilidad de las empresas del sector.

Por todo lo anterior, este trabajo de grado constituye una contribución integral al desarrollo organizacional, académico y social, al tiempo que ofrece una propuesta replicable para otras empresas con desafíos similares.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Mejorar la gestión y el control operativo de los equipos de medida de energía en la empresa Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., en Bucaramanga, Santander, a través del rediseño y la estandarización de los procesos críticos, la articulación de indicadores clave de desempeño y la incorporación de herramientas de Business Intelligence que fortalezcan la toma de decisiones empresariales basada en datos.

1.3.2 Objetivos específicos

Diagnosticar el estado actual de la gestión y el control operativo de los equipos de medida de energía en la empresa Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., mediante el análisis estructurado de los procesos críticos, la caracterización de las actividades operativas y la identificación de brechas, ineficiencias y oportunidades de mejora en la trazabilidad de la información.

Diseñar la propuesta de mejora de la gestión y el control operativo de los equipos de medida de energía, integrada por el rediseño y la estandarización de los procesos críticos y por un sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs) alineados estratégicamente con los objetivos organizacionales, formulados bajo criterios de pertinencia, confiabilidad y medición cuantitativa, que permitan evaluar la eficiencia operativa, el cumplimiento de metas y la variabilidad del desempeño organizacional.

Implementar la propuesta de mejora de la gestión y el control operativo de los equipos de medida de energía, mediante la realización de una medición inicial (línea base), la estructuración de dashboards interactivos y la formulación de un plan de control operativo que asegure la sostenibilidad de las acciones implementadas y la toma de decisiones basada en evidencia.

2. Marco referencial

La mejora de la gestión operativa en las organizaciones ha sido ampliamente abordada desde enfoques como la gestión por procesos, la estandarización, el uso de indicadores clave de desempeño (KPIs) y la calidad, autores como Harrington [2] destacan que “la mejora de procesos es esencial para alcanzar la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente”, señalando la necesidad de identificar y eliminar ineficiencias a través de metodologías estructuradas. En este sentido, herramientas como el mapeo de procesos y el análisis de causa-raíz permiten comprender las entradas, salidas y factores críticos que inciden en el rendimiento de una operación.

El uso de herramientas tecnológicas ha revolucionado la forma de visualizar y analizar datos operativos. De acuerdo con García y Torres [16], “las plataformas de Business Intelligence permiten integrar datos de múltiples fuentes y presentarlos de forma comprensible para la toma de decisiones en tiempo real”. Estas herramientas son fundamentales para transitar hacia una gestión basada en datos, favoreciendo la mejora continua.

Conceptualmente, se define la gestión operativa como el conjunto de prácticas orientadas al diseño, control y mejora de procesos internos, buscando alcanzar los objetivos estratégicos con eficiencia [4]. Los indicadores de desempeño, por su parte, son métricas cuantificables que permiten evaluar la eficiencia, eficacia y calidad de los procesos organizacionales [15].

Desde el punto de vista legal, el cumplimiento normativo ambiental y técnico es una exigencia para empresas del sector energético. Normas como la ISO 14001:2015 [31], que establece los requisitos para un sistema de gestión ambiental, y la ISO 9001:2015, sobre sistemas de gestión de la calidad, son referentes esenciales para estructurar procesos alineados a estándares internacionales [9]. Adicionalmente, en el contexto colombiano, la Ley 1715 de 2014 [32] promueve el uso racional de la energía y la integración de fuentes renovables, lo que implica

exigencias técnicas y operativas para empresas como Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S.

Este marco referencial permite sustentar teóricamente la necesidad de implementar un plan de mejoramiento basado en la estandarización de procesos, diseño de KPIs y uso de herramientas tecnológicas, elementos clave para elevar la competitividad y el cumplimiento regulatorio en un sector en constante transformación.

3. Marco teórico

El marco teórico que orienta el presente proyecto se construye a partir de los principales enfoques teóricos vinculados con la gestión y el control operativo de los procesos productivos, así como con las metodologías de mejora continua aplicables al sector energético. Cada uno de los enfoques que se desarrollan a continuación aporta los fundamentos conceptuales y técnicos que sustentan la propuesta de mejora dirigida a los equipos de medida de energía en Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S.

3.1 Gestión de operaciones

La gestión de operaciones constituye uno de los ejes centrales de la Ingeniería Industrial, al enfocarse en el diseño, la planificación, el control y la mejora de los procesos que transforman recursos en bienes o servicios con valor agregado. De acuerdo con Slack, Chambers y Johnston [4], la gestión de operaciones no solo persigue la eficiencia en términos de reducción de costos y tiempos, sino también la consistencia del desempeño, la confiabilidad de los procesos y la capacidad de respuesta organizacional ante entornos dinámicos. Desde esta perspectiva, la

optimización operativa implica una visión sistémica que articula recursos, actividades y resultados bajo criterios de productividad y competitividad, lo cual resulta plenamente aplicable a la gestión de los equipos de medida de energía.

3.2 Estandarización de procesos

La estandarización de procesos se consolida como un mecanismo fundamental para garantizar uniformidad en la ejecución de actividades, minimizar la variabilidad y establecer parámetros claros de control. Harrington [2] sostiene que la formalización y documentación estructurada de los procesos permiten identificar puntos críticos, reducir errores operativos y facilitar la implementación de ciclos de mejora continua. La estandarización no solo contribuye a la eficiencia técnica, sino que fortalece la trazabilidad y la replicabilidad de las operaciones, aspectos esenciales en sectores altamente regulados como el energético. En consecuencia, la documentación sistemática se convierte en una herramienta estratégica para evaluar el desempeño, detectar desviaciones y soportar decisiones correctivas basadas en evidencia.

3.3 Medición del desempeño organizacional

La medición del desempeño organizacional mediante indicadores clave de desempeño (KPIs) representa un componente esencial dentro de los sistemas modernos de gestión. Kaplan y Norton [3] plantean que los indicadores permiten traducir la estrategia en métricas operativas, alineando las actividades diarias con los objetivos corporativos. En este sentido, los KPIs deben diseñarse bajo criterios de pertinencia, claridad, confiabilidad y capacidad de medición cuantitativa, de manera que posibiliten evaluar la eficiencia, eficacia y efectividad de los procesos. La ausencia de indicadores bien estructurados o su deficiente integración con los sistemas de

información limita la capacidad de la organización para ejercer control estratégico y monitorear el cumplimiento de metas.

3.4 Business Intelligence y visualización de datos

La incorporación de herramientas tecnológicas para el análisis y la visualización de datos constituye un factor determinante en la evolución de los sistemas de gestión hacia modelos basados en analítica y transformación digital. García y Torres [16] señalan que el uso de plataformas de Business Intelligence permite consolidar grandes volúmenes de información operativa, generar reportes dinámicos y facilitar la interpretación de resultados en tiempo real. De manera complementaria, Few [14] resalta que el diseño efectivo de dashboards potencia la capacidad de supervisión gerencial, mejora la trazabilidad de los indicadores y reduce la dependencia de análisis manuales, promoviendo una toma de decisiones más ágil, objetiva y fundamentada en datos.

3.5 Metodología DMAIC y Six Sigma

La metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), originada en Motorola y consolidada bajo el enfoque Six Sigma, constituye una de las teorías más relevantes para el desarrollo de proyectos de mejora de procesos. De acuerdo con George [5] y Pyzdek y Keller [12], DMAIC ofrece un marco estructurado y secuencial que permite intervenir procesos a partir de evidencia cuantitativa, reducir la variabilidad y sostener las mejoras a través de mecanismos formales de control. Su integración con Six Sigma fortalece el rigor estadístico de la intervención al apoyarse en herramientas como cartas de control, análisis de capacidad y estudios de causa raíz, todas ellas pertinentes para el control de los equipos de medida de energía.

3.6 Ciclo PHVA y mejora continua

El ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), también conocido como ciclo de Deming o PDCA, sustenta el componente de mejora continua del proyecto. Deming [1] plantea que la mejora sostenible de los procesos requiere un enfoque iterativo en el cual cada acción se planifica, se ejecuta, se verifica con datos y se ajusta en función de los resultados obtenidos. Este enfoque resulta consistente con las fases Improve y Control de DMAIC, al proporcionar un marco organizacional para la consolidación de los cambios introducidos y para la generación de una cultura de aprendizaje continuo dentro de la empresa.

3.7 Lean Manufacturing y herramientas de calidad

Los principios de Lean Manufacturing aportan al marco teórico una visión orientada a la identificación y eliminación de desperdicios, la optimización del flujo de valor y la mejora del desempeño operativo. Womack y Jones [13] sostienen que Lean promueve una gestión basada en la simplificación de procesos, la estandarización del trabajo y la reducción de actividades que no agregan valor, aspectos directamente vinculados con las acciones de mejora propuestas en este proyecto. Asimismo, herramientas analíticas como el diagrama SIPOC, el diagrama de Ishikawa, la técnica de los 5 Porqués y el diagrama de Pareto, ampliamente referenciadas en la literatura de gestión de la calidad [6], permiten estructurar el análisis de causas y priorizar oportunidades de intervención sobre los procesos críticos asociados a la gestión de los equipos de medida de energía.

En el contexto del presente trabajo de grado, los fundamentos teóricos expuestos constituyen los pilares conceptuales que sustentan la propuesta de mejora para Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. La articulación entre la gestión por procesos, la medición estructurada del desempeño y la aplicación de herramientas tecnológicas de análisis permite

establecer un modelo integral orientado a optimizar el control operativo y a fortalecer la capacidad estratégica de la organización. De esta manera, el estudio integra enfoques de mejora continua, alineación estratégica y transformación digital, garantizando coherencia metodológica, solidez académica y pertinencia técnica conforme a los estándares exigidos en investigaciones aplicadas dentro del campo de la Ingeniería Industrial.

4. Marco conceptual

Gestión operativa: la gestión operativa comprende el conjunto de prácticas orientadas a planificar, coordinar, ejecutar y controlar los procesos que conforman el sistema productivo de una organización, garantizando el uso eficiente de los recursos y el cumplimiento de los objetivos estratégicos [4]. Desde una perspectiva sistémica, integra procesos, indicadores y mecanismos de control para asegurar coherencia entre la estrategia corporativa y la ejecución operativa. En el presente estudio, la gestión operativa constituye la variable dependiente, al ser el desempeño organizacional el resultado esperado de la intervención propuesta.

Estandarización de procesos: la estandarización de procesos se define como la formalización y documentación estructurada de actividades, responsabilidades y criterios técnicos que garantizan uniformidad y control en la ejecución de tareas [2]. Su implementación reduce la variabilidad operativa, mejora la trazabilidad y facilita la evaluación objetiva del desempeño. En términos metodológicos, representa una de las variables independientes del estudio, al considerarse un factor determinante en la optimización del control operativo.

Indicadores clave de desempeño (KPIs): los KPIs son métricas cuantificables diseñadas para evaluar el grado de cumplimiento de metas estratégicas y operativas [3]. Permiten traducir la estrategia en resultados medibles, facilitando el seguimiento, control y toma de decisiones basada

en datos. Un KPI técnicamente adecuado debe cumplir criterios de relevancia, confiabilidad, comparabilidad y oportunidad. En esta investigación, los KPIs constituyen una segunda variable independiente, al actuar como mecanismo de medición estructurada del desempeño.

Dashboards y Business Intelligence: los dashboards son herramientas visuales de monitoreo que consolidan información crítica mediante gráficos dinámicos e indicadores interactivos [14]. Enmarcados dentro del enfoque de Business Intelligence, permiten integrar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos para generar información estratégica en tiempo real. El Business Intelligence se orienta a transformar datos operativos en conocimiento útil para la toma de decisiones, mejorando la capacidad predictiva y el control organizacional. En este estudio, la implementación del dashboard mediante Google Looker Studio constituyó el mecanismo tecnológico que articuló los KPIs con la gestión operativa.

Mejora continua: la mejora continua se fundamenta en la búsqueda sistemática de optimización progresiva de los procesos organizacionales, mediante la identificación y eliminación de ineficiencias [1]. Este enfoque promueve la cultura de evaluación constante y retroalimentación estructurada como medio para incrementar la competitividad. Dentro del presente trabajo, la mejora continua actúa como marco integrador que orienta la aplicación práctica de la estandarización, los indicadores y las herramientas tecnológicas.

5. Marco legal

La presente investigación se enmarca en el cumplimiento de diversas disposiciones legales y normativas aplicables tanto a nivel nacional como internacional, pertinentes al sector energético y la gestión empresarial en Colombia y en el ámbito global.

En primer lugar, la Ley 142 de 1994 en Colombia establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, regulando la eficiencia, calidad y responsabilidad en la prestación de servicios. Estos aspectos son fundamentales en la gestión operativa de estas empresas (Congreso de Colombia, 1994).

A nivel global, se consideran los principios establecidos por la Directiva 2009/72/CE del Parlamento Europeo sobre el mercado interior de la electricidad, que promueve la competencia, la sostenibilidad y la seguridad del suministro en el sector energético de la Unión Europea. Esta normativa guía la gestión eficiente de los recursos energéticos y la implementación de tecnologías innovadoras (Parlamento Europeo, 2009).

Asimismo, se contempla la Ley 1581 de 2012, sobre la protección de datos personales en Colombia, relevante en el manejo de información empresarial dentro de herramientas tecnológicas como Google Looker Studio, asegurando el uso ético y responsable de los datos [21]. A nivel global, se toma como referencia el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) de la Unión Europea, el cual establece normas estrictas sobre la recolección, almacenamiento y manejo de datos personales, aplicables a cualquier empresa que maneje información de ciudadanos europeos [22].

En cuanto al aspecto de gestión de la calidad, se toma como referencia la Norma Técnica Colombiana ISO 9001:2015, que establece los requisitos para sistemas de gestión de la calidad, incluyendo la necesidad de documentar procesos, medir indicadores de desempeño y aplicar mejoras continuas [9]. A nivel global, la ISO 9001:2015 es un estándar ampliamente adoptado que proporciona un marco para asegurar la calidad en todos los procesos empresariales (International Organization for Standardization, 2015).

Adicionalmente, se tiene en cuenta el Decreto 1072 de 2015, que compila la normativa relacionada con el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en Colombia, aplicable en la estandarización y control de procesos para garantizar condiciones laborales seguras (Ministerio del Trabajo, 2015). A nivel internacional, se considera la Norma ISO 45001:2018, que establece los requisitos para un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, orientada a reducir los riesgos laborales y mejorar las condiciones de trabajo a nivel global (International Organization for Standardization, 2018).

Este marco normativo, tanto nacional como internacional, proporciona los lineamientos legales para el diseño e implementación del plan de mejoramiento propuesto, garantizando que las soluciones planteadas estén en concordancia con las regulaciones vigentes y las mejores prácticas internacionales.

6. Marco histórico

La gestión y el control operativo en empresas del sector energético han evolucionado significativamente durante las últimas décadas como respuesta a los cambios tecnológicos, regulatorios y económicos del sector. A finales del siglo XX, la gestión de los equipos de medida de energía se sustentaba principalmente en métodos manuales de lectura, registro y verificación, lo que generaba altos niveles de error humano, baja trazabilidad y limitaciones para la toma de decisiones basada en datos. La introducción de los sistemas de medición electrónica y de los enfoques de gestión por procesos, impulsados por autores como Deming [1] y Harrington [2], marcó el inicio de una transformación orientada a estandarizar las operaciones, formalizar la documentación y establecer indicadores objetivos de desempeño.

Durante los años noventa y principios del siglo XXI, la consolidación de metodologías como Six Sigma (introducida por Motorola en 1986 y popularizada por General Electric en los años noventa) y Lean Manufacturing impulsaron la adopción de prácticas estructuradas de mejora continua en el sector industrial. En paralelo, en Colombia, la expedición de la Ley 142 de 1994 reorganizó el régimen de los servicios públicos domiciliarios e introdujo exigencias específicas de calidad, eficiencia y trazabilidad sobre las empresas prestadoras del servicio de energía, dando lugar al fortalecimiento de los sistemas de medición y control operativo.

En la última década, la transformación digital, la masificación del Business Intelligence y el desarrollo de plataformas como Power BI, Tableau y Google Looker Studio han marcado un nuevo hito en la gestión operativa, al posibilitar la integración de datos en tiempo real y la toma de decisiones basada en evidencia. Las resoluciones CREG 038 de 2014 y 015 de 2018 reforzaron en Colombia los requisitos técnicos y operativos sobre la medición de energía, exigiendo a las empresas del sector mayor rigor en la gestión documental, la confiabilidad de los datos y el control de los equipos. En este recorrido histórico se inscribe el presente proyecto, que retoma los aportes acumulados en estandarización, KPIs, mejora continua y analítica de datos para abordar la realidad operativa actual de Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S.

7. Marco contextual

Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. optimiza recursos y brinda un servicio de alta calidad en soluciones energéticas, cumpliendo con la normatividad y cuidando el medio ambiente. Son aliados clave del programa “ESSA en tu empresa, ESSA en casa”, llevando eficiencia energética a hogares y negocios, y también colaboran como aliado estratégico de

Ruitoque Energía, desarrollando soluciones conjuntas para un sistema energético más confiable y sostenible.

Estructura su oferta de valor a partir de tres líneas estratégicas de soluciones orientadas a la gestión energética, el suministro de tecnología especializada y la implementación de innovaciones para la eficiencia eléctrica. Estas líneas se articulan como modelos de servicio y venta que permiten atender necesidades tanto operativas como tecnológicas en sectores industriales, comerciales y residenciales.

El primer modelo corresponde al Centro de Gestión de la Medida, una línea orientada a la optimización del consumo energético bajo el cumplimiento normativo establecido por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Según la información oficial de TIC Energy, esta área se enfoca en optimizar el consumo energético en cumplimiento de las resoluciones CREG 038 de 2014 y 015 de 2018.

Este servicio integra procesos de monitoreo, análisis y control de datos de medición eléctrica, permitiendo a las organizaciones mejorar la trazabilidad de su uso energético y garantizar la adecuada gestión de los recursos según la regulación vigente. Además, constituye un pilar para la toma de decisiones informadas en sistemas de facturación, control operacional y normalización del consumo eléctrico.

La segunda línea corresponde a la oferta de Productos TIC Energy, que incluye dispositivos y tecnología de punta desarrollada para múltiples segmentos del mercado. La empresa destaca que estos productos están destinados a uso industrial, comercial y residencial en áreas urbanas y rurales. Este modelo comprende la comercialización de equipos especializados para medición, monitoreo y gestión de energía, los cuales permiten mejorar la precisión en la toma de datos, fortalecer la infraestructura eléctrica del usuario y facilitar la integración con sistemas de control.

La disponibilidad de productos para distintos entornos desde redes urbanas hasta zonas rurales evidencia la adaptabilidad tecnológica de la compañía y su capacidad para atender un amplio espectro de necesidades energéticas.

Finalmente, Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S ofrece un modelo de Servicios Especializados, enfocado en la implementación de soluciones tecnológicas orientadas a la eficiencia eléctrica y la sostenibilidad para optimizar el uso de la energía, mejorar la eficiencia eléctrica y avanzar hacia la movilidad sostenible.

Estos servicios integran actividades de consultoría, análisis técnico, evaluación de infraestructura, instalación de tecnologías avanzadas y acompañamiento para la mejora de procesos energéticos. Asimismo, buscan impulsar la transición hacia modelos más sostenibles mediante prácticas que reduzcan pérdidas, mejoren el rendimiento de los sistemas y promuevan el uso responsable de los recursos energéticos.

En este contexto, la operación de Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. exige una gestión eficiente y estructurada de sus procesos, dada la integración de sus líneas de negocio y las exigencias del sector energético. Esto hace necesario fortalecer la estandarización de procesos para reducir variabilidad, mejorar la trazabilidad de la información y optimizar el desempeño operativo. Asimismo, la implementación de indicadores clave de desempeño (KPIs) se vuelve fundamental para medir la eficiencia, calidad y cumplimiento de las actividades, permitiendo una evaluación objetiva y continua de los resultados. Complementariamente, el uso de herramientas de Business Intelligence facilita la integración y visualización de datos en tiempo real, apoyando la toma de decisiones estratégicas.

Finalmente, la adopción de un enfoque de mejora continua, como el ciclo PHVA, permite consolidar acciones orientadas a la optimización de recursos, el cumplimiento normativo y el

fortalecimiento de la competitividad organizacional en un entorno energético en constante evolución.

8. Estado del arte

En los últimos años se han desarrollado múltiples investigaciones orientadas al mejoramiento de la gestión y el control operativo en empresas del sector energético, con énfasis en la estandarización de procesos, el diseño de KPIs y la implementación de herramientas de Business Intelligence. Salazar Florez, Gutiérrez Usme y Espeleta Jácome [8], en su trabajo de grado sobre la implementación de sistemas de gestión, identifican que las debilidades más recurrentes en organizaciones colombianas se relacionan con la documentación desactualizada, la baja integración entre indicadores y procesos, y la falta de mecanismos de seguimiento basados en datos, hallazgos coincidentes con el diagnóstico preliminar de Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S.

Parra y Londoño [15] analizan el impacto de la implementación de KPIs en empresas del sector eléctrico colombiano, evidenciando que su correcta articulación con los procesos críticos permite reducir tiempos de respuesta, disminuir reprocesos y mejorar la confiabilidad de la información reportada a los entes de control. Aguilera García y Ortiz Chávez [10], por su parte, analizan los sistemas integrados de calidad y gestión ambiental, destacando el valor estratégico de la estandarización documental como base para la mejora continua y el cumplimiento normativo, en línea con lo establecido por la NTC-ISO 9001:2015 [9].

En el plano internacional, García y Torres [16] y Few [14] han documentado experiencias de implementación de dashboards y plataformas de Business Intelligence en empresas industriales, demostrando que la visualización estructurada de KPIs mejora significativamente la capacidad

gerencial para detectar desviaciones de manera temprana y tomar decisiones basadas en datos. De forma complementaria, estudios recientes sobre la aplicación de la metodología DMAIC [5], [12] muestran que su uso estructurado en proyectos de mejora de procesos en empresas de servicios públicos y manufactura ha permitido reducir variabilidad operativa y consolidar mecanismos sostenibles de control.

El conjunto de estos antecedentes evidencia un creciente interés académico y empresarial por integrar la gestión por procesos, los KPIs y las herramientas de analítica de datos como un sistema articulado de mejora y control. Sin embargo, aún se identifican vacíos relacionados con la aplicación combinada de estas estrategias en pequeñas y medianas empresas del sector energético en Colombia, lo que justifica la pertinencia y novedad del presente proyecto en el contexto específico de Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S.

9. Metodología

9.1 Enfoque y tipo de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, dado que se sustentó en la medición objetiva de variables operativas, en el análisis estadístico de datos y en la evaluación cuantificable del desempeño organizacional asociado a la gestión de los equipos de medida de energía. Este enfoque resulta coherente con la necesidad de generar evidencia numérica que respalde la propuesta de mejora y permita comparar el estado inicial frente a los resultados obtenidos tras la intervención.

El estudio fue de tipo aplicado, ya que tuvo como propósito proponer e implementar una solución concreta a una problemática real identificada en Tesla Ingeniería y Comunicaciones

Energy S.A.S., orientada a la optimización de la gestión y el control operativo de los equipos de medida de energía. Asimismo, tuvo un alcance descriptivo–propositivo, en la medida en que inicialmente se realizó una caracterización detallada del estado actual de los procesos y posteriormente se diseñó una propuesta estructurada de mejora basada en evidencia cuantitativa.

El diseño metodológico fue no experimental de tipo transversal, debido a que no se manipularon deliberadamente las variables, sino que se analizaron dentro de su contexto natural durante un periodo determinado, con el fin de establecer una línea base, identificar oportunidades de mejora y formular acciones sustentadas técnicamente.

9.2 Método de investigación

El proyecto se desarrolló mediante la metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), originada en Motorola y ampliamente utilizada en proyectos de mejora continua bajo el enfoque Six Sigma. Esta metodología se seleccionó por su capacidad para estructurar la intervención de manera sistemática, facilitar la toma de decisiones basada en datos, reducir la variabilidad operativa y garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas. Su carácter secuencial y orientado a resultados resulta coherente con los principios de la Ingeniería Industrial, al integrar análisis de procesos, medición del desempeño y control estadístico dentro de un mismo marco operativo.

De forma complementaria, se incorporaron los principios del ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) y de Lean Manufacturing, los cuales aportan una visión orientada a la mejora continua y a la eliminación de desperdicios en los procesos. La integración de estos enfoques con DMAIC permitirá articular acciones de mejora estructurales con un sistema robusto de control,

dando como resultado una propuesta integral de intervención sobre los procesos asociados a los equipos de medida de energía.

9.3 Desarrollo metodológico por fases

El desarrollo metodológico del proyecto se estructura en tres fases secuenciales, cada una alineada con uno de los objetivos específicos planteados. Esta organización permite mantener una correspondencia directa entre los objetivos del proyecto, las acciones metodológicas previstas y los entregables esperados, garantizando coherencia y trazabilidad en la propuesta de mejora. Aunque la metodología DMAIC se utiliza como referente conceptual, sus elementos se incorporan de manera transversal a las tres fases que se describen a continuación.

9.3.1 Fase 1: Diagnóstico del estado actual

Esta fase responde al primer objetivo específico y se orienta a diagnosticar el estado actual de la gestión y el control operativo de los equipos de medida de energía. Se busca obtener una caracterización detallada de los procesos críticos y cuantificar las brechas que justifican la propuesta de mejora.

El trabajo inició con la identificación de los actores involucrados (stakeholders) y la elaboración del Project Charter, documento que consolidó los antecedentes, la justificación, el alcance, los objetivos, los riesgos preliminares y los entregables esperados. De manera complementaria se construyó el diagrama SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) y se realizó el mapeo detallado de los procesos críticos, identificando las variables críticas de calidad (CTQ – Critical to Quality) que sirvieron de referencia para el diseño posterior de la propuesta de mejora.

Sobre esta base se llevó a cabo el levantamiento de información cuantitativa a partir de la recolección de datos históricos operativos, la depuración y validación de las bases de datos, la medición de tiempos de ciclo, el cálculo de tasas de error y reprocesos, la evaluación del cumplimiento normativo y documental y la determinación del nivel de actualización de los procesos estandarizados. Para soportar este análisis se emplearon herramientas de estadística descriptiva (media, mediana, desviación estándar), diagramas de Pareto e histogramas.

Como resultado de esta fase se obtuvo la línea base del desempeño actual, así como un conjunto priorizado de oportunidades de mejora, identificadas mediante herramientas de análisis causal como el diagrama de Ishikawa, la técnica de los 5 Porqués y la matriz de priorización de problemas, lo que permitirá orientar el diseño de la propuesta en la siguiente fase.

9.3.2 Fase 2: Diseño de la propuesta de mejora

Esta fase responde al segundo objetivo específico y se orienta a diseñar la propuesta de mejora de la gestión y el control operativo de los equipos de medida de energía. La intervención articula tanto el rediseño y la estandarización de los procesos críticos como la formulación del sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs).

En primer lugar, se llevó a cabo el rediseño de los procesos críticos identificados en la fase de diagnóstico, incorporando buenas prácticas asociadas al ciclo PHVA y a los principios de Lean Manufacturing. Posteriormente se realizó la actualización y la estandarización de la documentación operativa, garantizando uniformidad, trazabilidad y replicabilidad en la ejecución de las actividades.

De manera articulada, se diseñó un sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs) alineados estratégicamente con los procesos rediseñados, definiendo para cada indicador su

definición conceptual, su frecuencia de medición, su meta esperada y su responsable de seguimiento. Los KPIs se formularon bajo criterios de pertinencia, confiabilidad, comparabilidad y oportunidad, de modo que pudieran utilizarse como herramienta efectiva de control sobre la propuesta de mejora.

El resultado esperado de esta fase es una propuesta de mejora documentada, que integre los procesos rediseñados, la documentación estandarizada y el conjunto de KPIs, lista para ser implementada en la fase siguiente.

9.3.3 Fase 3: Implementación y control de la propuesta

Esta fase responde al tercer objetivo específico y se orienta a implementar la propuesta de mejora y a establecer los mecanismos de control y monitoreo que garanticen su sostenibilidad en el tiempo.

En el plano de la implementación se ejecutó una prueba piloto de la propuesta, durante la cual se estableció la medición inicial (línea base ajustada), se aplicaron los procesos rediseñados y se recopilaban datos en condiciones operativas reales. Sobre esta base se construyeron dashboards interactivos en la herramienta de Business Intelligence seleccionada (Google Looker Studio) que faciliten la visualización en tiempo real de los KPIs y la detección oportuna de desviaciones.

Complementariamente, se formuló un plan de control operativo que incluyó un manual técnico de indicadores, protocolos formales de actualización documental, un esquema de revisión periódica del desempeño y un programa de capacitación al personal involucrado en los procesos intervenidos. Cuando sea pertinente, se aplicaron cartas de control estadístico para monitorear la estabilidad de los procesos y detectar variaciones significativas frente a la línea base establecida.

Como resultado de esta fase se obtuvo una propuesta de mejora plenamente implementada y dotada de los mecanismos de control que garanticen la sostenibilidad de los resultados, la toma de decisiones basada en evidencia y la consolidación de una cultura organizacional orientada a la mejora continua.

9.4 Técnicas e instrumentos

Para el desarrollo del proyecto se emplearon técnicas mixtas de recolección y análisis de información que permitieron integrar la perspectiva del personal con datos cuantitativos verificables. Se realizaron entrevistas estructuradas al personal operativo y administrativo con el fin de identificar prácticas, dificultades y oportunidades de mejora desde la experiencia directa de los responsables de los procesos. Estas entrevistas se complementaron con observación directa de los procesos en sitio, que permitirá validar los flujos reales de trabajo, los tiempos de ejecución y el uso efectivo de la documentación existente.

Adicionalmente, se llevó a cabo el análisis de bases de datos históricas relacionadas con la operación de los equipos de medida de energía, utilizando software de análisis estadístico para procesar información cuantitativa de forma rigurosa. Para la visualización de los indicadores y la presentación de resultados se emplearon herramientas de Business Intelligence (Power BI, Looker Studio y Tableau fueron evaluadas; se seleccionó Google Looker Studio), que permitieron construir tableros interactivos accesibles para los responsables de la toma de decisiones en la organización.

9.5 Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por los procesos operativos relacionados con la gestión de los equipos de medida de energía en Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., los registros históricos de desempeño asociados a dichos procesos y el personal técnico y administrativo involucrado directamente en su operación. Esta población constituye el universo sobre el cual se aplicaron las técnicas de diagnóstico, análisis e intervención previstas en el proyecto.

Para efectos del estudio se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, focalizado en los procesos críticos identificados durante la fase de definición. Este tipo de muestreo se justifica por la naturaleza aplicada del proyecto, la disponibilidad de la información y la necesidad de concentrar los esfuerzos analíticos sobre aquellos procesos cuyo impacto sobre la eficiencia operativa y la trazabilidad de la información resulta más relevante para la organización.

9.6 Variables del estudio

El estudio considerará una variable dependiente principal, correspondiente a la gestión y el control operativo de los equipos de medida de energía, entendida como el conjunto de prácticas, procesos e indicadores que permiten asegurar la eficiencia, trazabilidad y confiabilidad de la operación.

Como variables independientes se consideraron el nivel de estandarización de los procesos, el diseño estructurado de los KPIs y la implementación de dashboards interactivos. La interacción entre estas variables permitirá analizar de qué manera las acciones de mejora propuestas inciden sobre el desempeño operativo y, en consecuencia, sobre la capacidad de la organización para mantener un control efectivo y sostenible sobre los equipos de medida de energía.

11. Presupuesto

El presupuesto del proyecto se estructura sobre los recursos requeridos para diseñar e implementar la propuesta de mejora de la gestión y el control operativo de los equipos de medida de energía en Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. Los rubros considerados corresponden a los costos asociados a las visitas técnicas, la adquisición de insumos para el diagnóstico, las herramientas tecnológicas necesarias para el análisis y la visualización de datos, la implementación de la prueba piloto y la documentación final del proyecto. No se incluyen pagos a las estudiantes responsables del trabajo de grado ni honorarios por la asesoría académica del director, ya que estos no representan una erogación efectiva del proyecto.

Tabla 1. Presupuesto

Rubro	Descripción	Valor estimado (COP)
Visitas técnicas y trabajo de campo	Transporte y desplazamientos a las instalaciones de la empresa para diagnóstico, levantamiento de información, observación directa de procesos y prueba piloto del sistema de control.	\$ 600.000
Software de análisis y visualización	Google Looker Studio es gratuito; se contempla la adquisición de herramientas estadísticas complementarias (Minitab, R o Python) y servicios en la nube para el procesamiento y visualización de los KPIs.	\$ 500.000
Insumos para el diagnóstico de los equipos de medida	Etiquetas de identificación, formatos de inspección, papelería técnica y materiales para el levantamiento documental de los procesos asociados a los equipos de medida.	\$ 350.000
Capacitación al personal operativo	Diseño y ejecución de sesiones de capacitación al personal involucrado, sobre los nuevos procesos estandarizados, los KPIs y la lectura de los dashboards.	\$ 700.000

Rubro	Descripción	Valor estimado (COP)
Implementación de la prueba piloto	Adecuaciones menores de los puestos de trabajo, materiales de oficina, soporte técnico y configuración inicial del sistema piloto de control y monitoreo de los equipos de medida.	\$ 800.000
Documentación e impresiones	Impresión y encuadernación de manuales técnicos, procedimientos estandarizados, protocolos de actualización documental e informe final del proyecto.	\$ 250.000
Comunicaciones y conectividad	Costos de telefonía móvil, plan de internet y plataformas de videoconferencia utilizados durante el desarrollo del proyecto y las reuniones de seguimiento con la empresa.	\$ 200.000
Imprevistos (10%)	Reserva para cubrir contingencias durante el desarrollo de la propuesta de mejora.	\$ 340.000
Total	Presupuesto total estimado del proyecto	\$ 3.740.000

Nota: el presupuesto fue estimado por las autoras a partir de los recursos y actividades requeridos para el desarrollo del proyecto.

Una parte de los recursos tecnológicos requeridos para el proyecto, particularmente el acceso a Google Looker Studio (plataforma gratuita), los equipos de cómputo institucionales y el respaldo técnico para la implementación, será aportada por Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. y por la Universidad Santo Tomás. Lo anterior reduce el costo neto a financiar y garantiza la viabilidad económica de la propuesta de mejora de la gestión y el control operativo de los equipos de medida de energía.

12. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir del desarrollo metodológico definido bajo el enfoque DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control). La estructura sigue el orden de los tres objetivos específicos planteados: el diagnóstico integral de los procesos

operativos actuales (Objetivo 1), el diseño del sistema de indicadores clave de desempeño (Objetivo 2) y la implementación del sistema de control y monitoreo basado en herramientas de Business Intelligence (Objetivo 3). Los hallazgos se sustentan en información primaria recolectada en sitio durante el periodo abril de 2025 – marzo de 2026, complementada con análisis cuantitativos sobre 1.905 unidades fabricadas y 30 órdenes de venta en la empresa Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S.

12.1 Diagnóstico integral de los procesos operativos

El diagnóstico integral se desarrolló durante las fases Definir y Medir del DMAIC, articulando la caracterización organizacional con el levantamiento detallado del proceso productivo, los tiempos reales de operación, los consumos energéticos, los costos asociados y la disposición de la planta. Este apartado consolida la línea base operativa de Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. y establece los hallazgos críticos que orientan el diseño posterior del sistema de indicadores y del dashboard de control.

12.1.1 Caracterización general de Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S.

Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. es una empresa colombiana del sector energético con sede principal en Bucaramanga, Santander. Su actividad económica se centra en el diseño, fabricación, comercialización y soporte posventa de equipos de medida y control para la distribución de energía eléctrica en baja tensión, con una línea de producto consolidada bajo la marca SBM. El portafolio actual incluye seis referencias: SBM POWER, SBM T30, SBM T30 PRO, SBM T30 CONCENTRADOR, SBM I100 y SBM I310, dirigidas principalmente a

operadores de red, comercializadoras de energía, generadoras del sector hidrocarburos y clientes industriales con altos requerimientos de confiabilidad eléctrica.

Durante el periodo de estudio, la empresa atendió a clientes representativos del mercado eléctrico nacional, entre los cuales se identifican operadores como Electrificadora de Santander (ESSA), EBSA Boyacá, Empresas Públicas de Medellín (EPM Energía), ENEL Colombia, Vatia S.A., Celsia Tolima y Ruitoque ESP, así como clientes industriales y constructores como Ecopetrol – Refinería de Bucaramanga, Cementos Argos, Constructora Marval, Fabricato Tejicondor, Industrias Acme S.A.S. y Distrieléctricos Norte. Esta diversidad de clientes obliga a la organización a mantener procesos productivos altamente trazables, con plazos de entrega ajustados y conformidad técnica con la norma IEC 61439 [33] para conjuntos de aparamenta de baja tensión.

La empresa opera bajo un esquema de producción por lote y bajo pedido, con un equipo productivo permanente conformado por seis operarios técnicos (OP-1 a OP-6) distribuidos por estaciones especializadas, soportados por personal de calidad, logística y áreas administrativas. La planta de producción se encuentra organizada en seis fases secuenciales (Adecuación, Programación, Ensamble, Verificación, Control de Calidad y Embalaje) y dispone de áreas auxiliares de almacén, acopio, oficina de producción y laboratorio de pruebas, distribuidas en una sola nave industrial.

Nota metodológica: la información formal de misión, visión y organigrama se encuentra en proceso de consolidación documental por parte de la empresa al momento del cierre de este trabajo de grado; en consecuencia, la caracterización organizacional se construyó a partir de la información operativa observada y validada con el personal técnico y administrativo de la planta.

12.1.2 Identificación de procesos clave y mapeo del flujo de valor (VSM)

El Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Mapping – VSM) construido durante la fase Definir permitió visualizar de extremo a extremo la cadena de valor para la fabricación y entrega de tableros de baja tensión. Los procesos clave identificados se agruparon en tres grandes bloques: gestión comercial (identificación de clientes, propuesta, negociación y venta), gestión de compras (planeación de la producción, solicitud de materiales y alistamiento) y gestión de la producción y entrega (ejecución de las seis fases productivas, control de calidad, embalaje, despacho, transporte, entrega y postventa).

Tabla 2. *Bloques de procesos identificados en el VSM y sus salidas principales*

Bloque	Pasos	Áreas Responsables	Salida Principal
Gestión Comercial	4 (Identificación, propuesta, negociación, venta)	Comercial – Finanzas	Orden de Compra (OC)
Gestión de Compras	3 (Orden de servicio, solicitud de materiales, alistamiento)	Producción – Almacén – Compras	Kits por lote
Gestión de la Producción	8 (F1.1 a F6 + Verificación y CC)	Producción – Calidad	Tablero verificado y embalado
Entrega y Postventa	6 (Facturación, despacho, transporte, entrega, postventa, garantía)	Almacén – Comercial – Logística	Acta de recepción + Reportes de servicio

Nota: la tabla fue elaborada por las autoras a partir del mapeo de flujo de valor (VSM) realizado durante la fase de diagnóstico.

Como resultado del análisis del VSM, se identificó un lead time agregado de 18 a 33 días desde la recepción de la orden de compra hasta la entrega final del producto al cliente. La fase de mayor variabilidad corresponde a la ejecución de la producción (entre 10 y 15 días por lote), seguida del proceso comercial (5 a 10 días). Este hallazgo confirma que la oportunidad principal de optimización se concentra en el proceso productivo, particularmente en la trazabilidad de tiempos por fase y en la gestión de la información para la toma de decisiones.

Adicionalmente, durante el levantamiento del VSM se identificó que la empresa cuenta con dos sistemas de información complementarios: ODOO, utilizado como ERP para integrar las áreas comercial, de producción y financiera; y ALLE, empleado específicamente para la trazabilidad de la producción. No obstante, ambas herramientas operan de manera transaccional y no consolidan información agregada en tableros de gestión, lo cual limita la capacidad analítica y la toma de decisiones basada en datos.

12.1.3 Caracterización del proceso productivo de tableros SBM

El proceso productivo de los tableros SBM se desarrolla a través de seis fases consecutivas que transforman los componentes y materia prima en producto terminado embalado. Cada fase fue caracterizada en términos de actividades, herramientas, requisitos de seguridad, consumo energético y mano de obra asignada. La Tabla 3 sintetiza la caracterización del proceso productivo y su asignación de operarios.

Tabla 3. *Caracterización del proceso productivo de tableros SBM por fase*

Fase	Subfase / Actividad	Operarios Asignados	Tiempo Promedio (min)	Salida
F1. Adecuación	F1.1 Perforado y postura de soportes	OP-1, OP-2	30 – 69 (según producto)	Gabinete perforado
F1. Adecuación	F1.2 Grabado y pintado de serial (láser)	OP-5	17 – 57	Componentes marcados
F1. Adecuación	F1.3 Pre-ensamble	OP-3, OP-4	40 – 79	Subensambles verificados
F2. Programación	Parametrización de medidores	OP-6	10 – 14	Medidor configurado
F3. Ensamble	Acople final y conexiones	OP-2, OP-4	40 – 73	Tablero ensamblado
F4. Verificación	Pruebas eléctricas y funcionales	OP-6	13 – 19	Tablero verificado
F5. Control de Calidad	Inspección por muestreo	Innovación	13 – 19	Lote conforme

Fase	Subfase / Actividad	Operarios Asignados	Tiempo Promedio (min)	Salida
F6. Embalaje	Limpieza, empaque y etiquetado	OP-5 / OP-1	8 – 13	Producto despachable

Nota: la tabla fue elaborada por las autoras con base en la caracterización del proceso productivo realizada durante el trabajo de campo en la empresa.

La estructura del proceso responde a un esquema de fabricación por estaciones especializadas, donde dos operarios trabajan inicialmente en las fases F1.1 (Perforado) y F1.3 (Pre-ensamble) hasta completar el 70% del lote. Posteriormente, los operarios OP-2 y OP-4 se trasladan a la estación F3 (Ensamble), mientras que OP-1 y OP-3 finalizan sus operaciones. Los operarios OP-5 y OP-6, por su parte, rotan al finalizar sus estaciones hacia las fases F6 (Embalaje) y F4 (Verificación), respectivamente. Este esquema de polivalencia es funcional pero genera variabilidad en el ritmo de producción y en la trazabilidad de la productividad por operario, lo cual fue uno de los hallazgos relevantes para el diseño posterior de los KPIs.

12.1.4 Estudio de tiempos por fase y por tipo de producto

El estudio de tiempos se desarrolló sobre 22 órdenes de producción registradas durante el periodo de análisis. Los tiempos fueron capturados de forma directa por el aplicativo de control de producción y validados manualmente por el equipo de calidad. La Tabla 4 presenta los tiempos promedio de ciclo por fase y por tipo de producto, expresados en minutos por unidad.

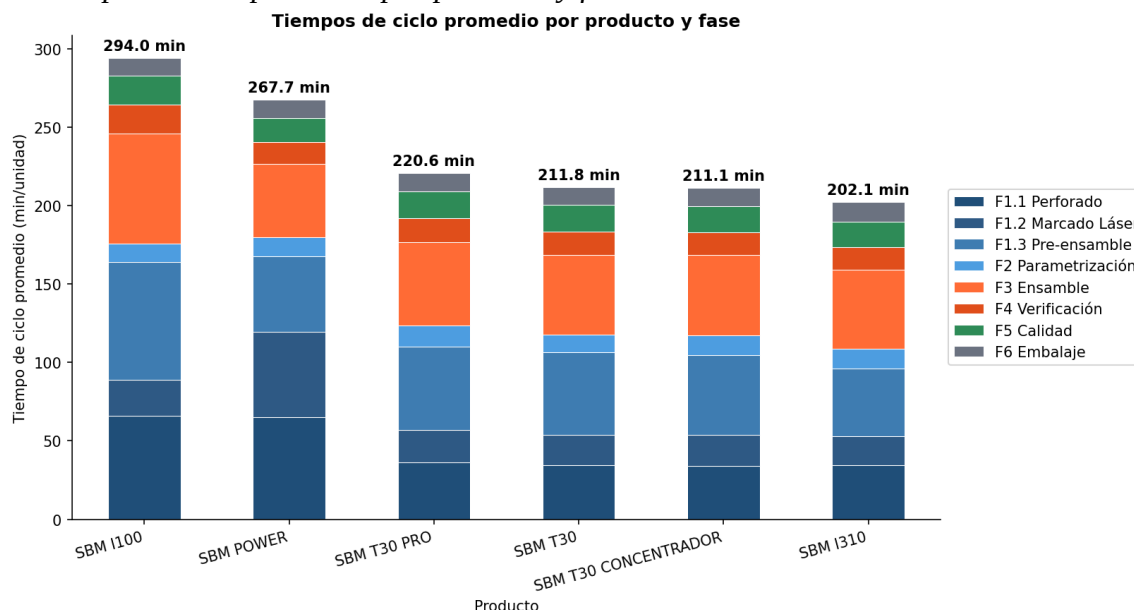
Tabla 4. *Tiempo promedio de ciclo por fase y producto (minutos por unidad)*

Producto	F1.1	F1.2	F1.3	F2	F3	F4	F5	F6	TOTAL
SBM POWER	65,2	54,2	48,4	12,0	47,1	13,9	15,4	11,6	267,7
SBM I100	65,9	23,0	75,1	11,7	70,4	18,4	18,6	11,0	294,0
SBM T30 PRO	36,2	20,9	52,9	13,5	53,6	15,4	17,4	11,4	220,6
SBM T30	34,6	19,1	53,0	11,1	50,7	15,0	16,9	11,4	211,8

Producto	F1.1	F1.2	F1.3	F2	F3	F4	F5	F6	TOTAL
SBM T30 CONCENTRAD- OR	34,0	19,7	51,2	12,5	51,0	14,5	16,8	11,4	211,1
SBM I310	34,7	18,0	43,5	12,3	50,7	14,2	16,3	12,4	202,1

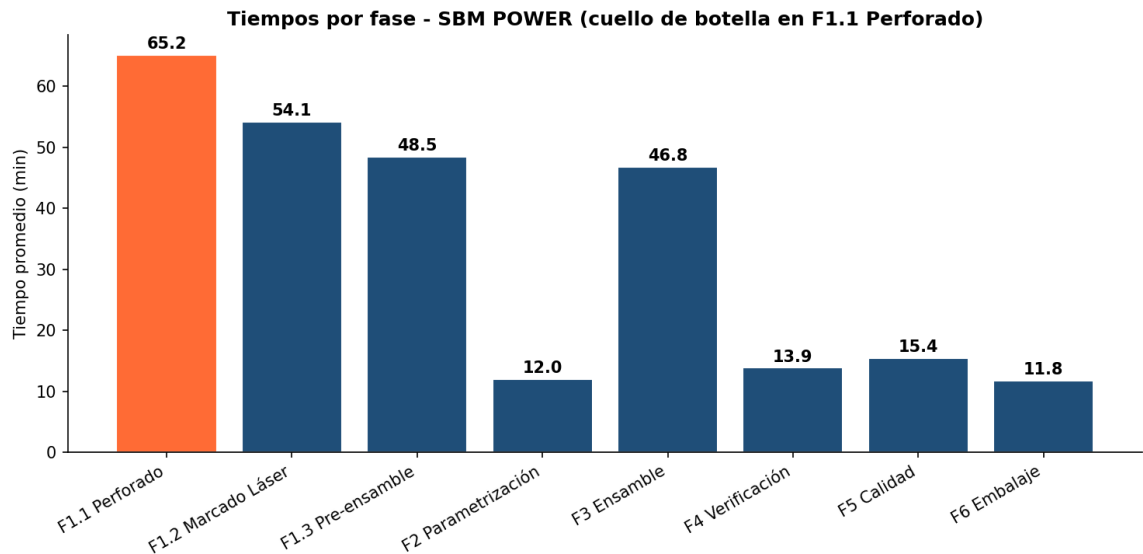
Nota: la tabla fue elaborada por las autoras a partir de los tiempos registrados en el aplicativo de control de producción de la empresa, validados por el equipo de calidad.

Figura 1. Tiempo de ciclo promedio por producto y fase



Nota: la figura fue elaborada por las autoras a partir de los datos de tiempo de ciclo presentados en la Tabla 4.

Los resultados evidencian dos grupos diferenciados de productos. Por un lado, los productos SBM POWER y SBM I100 presentan tiempos de ciclo significativamente superiores (267,7 y 294,0 minutos por unidad, respectivamente), debido a su mayor complejidad constructiva en las fases de Perforado, Marcado Láser y Pre-ensamble. Por otro lado, los productos SBM T30, T30 PRO, T30 CONCENTRADOR e I310 presentan tiempos similares en un rango de 202 a 221 minutos por unidad. Esta diferencia tiene implicaciones directas en la planificación de la producción, especialmente considerando que el producto SBM POWER concentra el 34,1% del volumen anual fabricado.

Figura 2. *Tiempos por fase - SBM POWER. Identificación del cuello de botella en F1.1*

Nota: la figura fue elaborada por las autoras a partir de los datos de tiempos por fase del producto SBM POWER (Tabla 4).

El análisis específico para el producto SBM POWER (caso piloto del trabajo) evidencia que la fase F1.1 (Perforado y postura de soportes) constituye el cuello de botella del proceso, con un tiempo promedio de 65,2 minutos por unidad — más del doble del tiempo registrado para el mismo proceso en los productos T30 (34,6 minutos). De manera complementaria, la fase F1.2 (Marcado láser) también presenta tiempos elevados en POWER (54,2 minutos) frente a los demás productos (entre 18 y 24 minutos). Estas dos fases concentran el 44,5% del tiempo total de fabricación de SBM POWER y representan la principal oportunidad de optimización.

12.1.5 Análisis de consumo energético y costo de mano de obra por fase

Se realizó un levantamiento del consumo energético y de los costos de mano de obra asociados a cada una de las fases del proceso productivo, partiendo de la potencia nominal de las herramientas eléctricas (taladros, oscilantes, atornilladores, máquina láser, banco de pruebas,

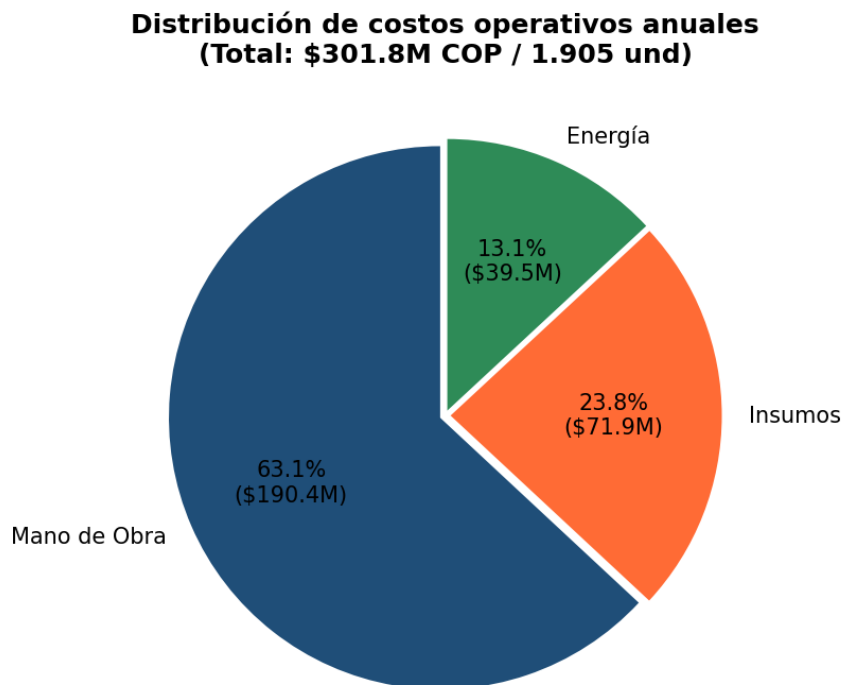
computadores) y de los salarios mensuales por cargo. La Tabla 5 sintetiza los costos por fase para una unidad estándar.

Tabla 5. Consumo energético y costo por fase (cálculo a partir de tiempos estándar y tarifa de 976 COP/kWh)

Fase	Consumo (Wh)	Costo Energía (COP)	Costo Mano de Obra (COP)	Costo Total Fase (COP)
F1.1 Perforado	269,4	263	6.646	6.909
F1.2 Marcado láser	60,0	59	1.978	2.037
F1.3 Pre-ensamble	4,6	4	3.956	3.960
F2. Parametrización	15,0	15	1.250	1.265
F3. Ensamble	3,9	4	5.556	5.560
F4. Verificación	17,3	17	1.250	1.267
F5. Control de Calidad	7,2	7	1.625	1.632
F6. Embalaje	0,0	0	791	791
TOTAL POR UNIDAD (estándar)	377,4	369	23.052	23.421

Nota: la tabla fue elaborada por las autoras a partir de la potencia nominal de las herramientas eléctricas, los tiempos estándar por fase y la tarifa de energía vigente (976 COP/kWh).

Al consolidar los datos sobre las 1.905 unidades fabricadas durante el periodo de estudio, los costos operativos directos ascendieron a \$301.813.110 COP, distribuidos en 63,1% mano de obra, 23,8% insumos y 13,1% energía. El costo unitario promedio se situó en \$158.432 COP por unidad terminada, considerando los costos directos. La distribución porcentual confirma que la mano de obra es el factor de costo dominante, lo cual refuerza la pertinencia de monitorear la productividad por operario y los tiempos de ciclo como indicadores estratégicos.

Figura 3. Distribución de costos operativos anuales (1.905 unidades / \$301,8 M COP)

Nota: la figura fue elaborada por las autoras a partir de la consolidación de los costos operativos del periodo de estudio (Tabla 5).

12.1.6 Análisis del layout y distribución de la bodega

El esquema de la bodega de Tesla Energy fue analizado a partir del plano oficial (Esquema Bodega Tic Energy V02) y de las observaciones realizadas en sitio. La planta está organizada en una nave única con dos zonas funcionales: la zona productiva (que aloja las fases F1.1 a F6 en una secuencia lineal-en-U) y la zona de soporte (oficina de producción, almacén de insumos, acopio de producto final, baños y lockers). Las áreas críticas identificadas son:

F1.1 Área de perforaciones, equipada con taladros de árbol, taladros inalámbricos y máquina oscilante.

F1.2 Área de marcado láser, con la máquina de corte y grabado láser y su computador de control.

F1.3 Área de pre-ensamble con mesas de trabajo polivalentes y atornilladores eléctricos.

F2 Área de parametrización con computador especializado, conectada al área F1.3.

F3 Área de ensamble general (la de mayor superficie disponible).

F4 Área de pruebas y calidad, con banco de pruebas eléctricas.

F6 Área de embalaje contigua al acopio de producto final.

Zonas de acopio de insumos (dos puntos) y un acopio para producto final.

Del análisis del layout se concluye que la disposición actual favorece el flujo lineal del producto entre fases consecutivas ($F1.1 \rightarrow F1.3 \rightarrow F3 \rightarrow F4 \rightarrow F5 \rightarrow F6$), pero genera distancias considerables entre la fase F1.2 (marcado láser) y las demás estaciones, lo que obliga a desplazamientos del operario OP-5 que afectan los tiempos de ciclo en órdenes simultáneas. Igualmente, el área de parametrización (F2) opera en paralelo a la línea principal y depende de la disponibilidad del operario OP-6, lo que puede generar esperas ocultas entre F1.3 y F3. Estos hallazgos no exigen una redistribución física inmediata, pero sí justifican la incorporación de indicadores de tiempo entre estaciones dentro del sistema de control diseñado en el apartado 12.3.

12.1.7 Identificación de problemas, cuellos de botella y oportunidades de mejora

El cruce de la información cuantitativa (volumen, tiempos, defectos, entregas, costos) con la información cualitativa (observación directa, entrevistas con operarios y revisión documental) permitió identificar siete problemas operativos principales y sus respectivas oportunidades de mejora, sintetizados en la Tabla 6.

Tabla 6. *Problemas identificados, evidencia y oportunidades de mejora*

Problema identificado	Evidencia cuantitativa	Oportunidad de mejora
Cuello de botella en F1.1 Perforado	Tiempo medio 65 min en SBM POWER vs 34 min en T30	Estandarizar plantillas y automatizar verificación de perforaciones
Tiempo elevado en F1.2 Marcado Láser para POWER	54 min vs 19-24 min en otros productos	Optimizar parámetros láser y resaltado del grabado
Defectos predominantes en pre-ensamble	5 eventos por falso contacto + 4 por parametrización	Implementar lista de verificación digital y dispositivos poka-yoke
Cumplimiento de entregas SBM POWER bajo	72,7% en POWER vs 100% en otros productos	Replanificar producción priorizando POWER y monitorear con KPI
Trazabilidad fragmentada entre ODOO y ALLE	Sin tablero consolidado; reportes manuales	Diseño de dashboard único en Looker Studio (Cap. 12.3)
Variabilidad en productividad por operario	Rango 0,6 a 1,1 unid/hora entre operarios	Estandarizar instrucciones y capacitación cruzada
Documentación operativa desactualizada	Procedimientos formales no integrados al sistema	Plan de actualización documental + manual de KPIs

Nota: la tabla fue elaborada por las autoras a partir del cruce de la información cuantitativa y cualitativa recolectada durante el diagnóstico.

Estos hallazgos constituyen el insumo directo para el desarrollo del Objetivo 2 (diseño de KPIs orientados a estos puntos críticos) y del Objetivo 3 (estructuración del dashboard de monitoreo que permita evidenciar y controlar estas variables en tiempo real). El producto SBM POWER se confirma como caso piloto principal por su mayor participación en el volumen (34,1%), su bajo cumplimiento de entregas (72,7%) y su mayor concentración de defectos (18 unidades defectuosas en el periodo).

12.2 Diseño del sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs)

El segundo objetivo específico se desarrolló durante las fases Analizar y Mejorar del DMAIC. A partir del diagnóstico realizado en el apartado 12.1 — y específicamente de los siete

problemas identificados en la Tabla 6 — se diseñó un sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs) orientado a medir, monitorear y mejorar tres áreas funcionales prioritarias para Tesla Energy: Producción, Calidad y Logística. Las áreas Comercial y de Compras no se incluyen en este sistema dado que no forman parte del alcance definido para el trabajo de grado y porque su control se mantiene a través del ERP ODOO ya implementado en la empresa.

12.2.1 Criterios y metodología para la formulación de los KPIs

El diseño de cada indicador siguió la metodología SMART (específico, medible, alcanzable, relevante y temporal), complementada con criterios adicionales propios de los sistemas de gestión basados en datos. Los criterios aplicados fueron:

Pertinencia estratégica: el indicador debe responder directamente a una de las dimensiones críticas del proceso (calidad, eficiencia, cumplimiento) y a las oportunidades de mejora identificadas en el diagnóstico.

Confiabilidad y fuente trazable: los datos requeridos deben estar disponibles en el aplicativo de control de producción, en ODOO o en registros formales del área de calidad y logística.

Cuantificabilidad: el indicador debe expresarse mediante una fórmula explícita que produzca un valor numérico interpretable.

Frecuencia de medición razonable: la cadencia debe alinearse con el ritmo natural de generación del dato (diaria, semanal o mensual).

Meta retadora pero alcanzable: la meta se fija a partir de la línea base medida, considerando los referentes del sector y la madurez actual del proceso.

Responsable definido: cada indicador tiene un único responsable de captura, análisis y reporte para garantizar accountability.

La estructura de la ficha técnica de cada KPI sigue un formato estándar que incluye: nombre, objetivo, fórmula de cálculo, unidad, frecuencia, fuente del dato, meta, semáforo (rangos verde/amarillo/rojo), responsable y observaciones. Esta ficha técnica se diseñó tanto para ser publicada como anexo del documento de grado (Apéndice del manual técnico) como para servir de base para la configuración del dashboard descrito en el apartado 12.3.

12.2.2 KPIs por área de gestión (Producción, Calidad y Logística)

El sistema final está conformado por 12 indicadores estructurados en tres áreas. La Tabla 7 presenta la matriz consolidada de KPIs con su área, código, nombre, frecuencia y meta. Las fichas técnicas detalladas se desarrollan en el apartado 12.2.3.

Tabla 7. Sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs) propuesto para Tesla Energy

Código	Área	Nombre del Indicador	Frecuencia	Meta
KPI-P01	Producción	Tiempo de ciclo promedio por producto	Mensual	≤ 240 min/und
KPI-P02	Producción	Cumplimiento del programa de producción	Mensual	$\geq 95\%$
KPI-P03	Producción	Productividad por operario (und/hora)	Mensual	$\geq 0,9$ und/h
KPI-P04	Producción	Eficiencia OEE de la línea	Mensual	$\geq 75\%$
KPIC01	Calidad	% Defectos detectados en proceso	Mensual	$\leq 1,5\%$
KPI-C02	Calidad	% No conformidad final	Mensual	$\leq 0,3\%$
KPI-C03	Calidad	% Reprocesos	Mensual	$\leq 1,5\%$
KPI-C04	Calidad	% Conformidad en muestreo final	Por orden	$\geq 98\%$
KPI-L01	Logística	Cumplimiento de entregas a tiempo (OTD)	Mensual	$\geq 98\%$
KPI-L02	Logística	Días promedio de retraso (entregas no conformes)	Mensual	≤ 1 día
KPI-L03	Logística	% Devoluciones por daño en transporte	Mensual	$\leq 0,5\%$
KPI-L04	Logística	% Reclamos por garantía técnica	Mensual	$\leq 0,5\%$

Nota: la tabla fue elaborada por las autoras conforme a los criterios de formulación de KPIs descritos en el apartado 12.2.1.

12.2.3 Ficha técnica de cada indicador

A continuación se presenta la ficha técnica detallada de los doce indicadores agrupados por área. Cada ficha consigna la fórmula matemática, la unidad de medida, la frecuencia, la fuente de datos, la meta, los rangos del semáforo y el responsable, conforme a las buenas prácticas de gestión por indicadores.

Área de Producción

Tabla 8. *Fichas técnicas — Áreas de Producción y Calidad*

Indicador	Ficha Técnica
KPI-P01 — Tiempo de Ciclo Promedio	Fórmula: Σ Tiempo total fabricación lote / Σ unidades fabricadas Unidad: minutos por unidad Fuente: Aplicativo de control de producción Frecuencia: Mensual Línea base: 232 min/und (promedio ponderado) Meta: ≤ 240 min/und (≤ 230 min POWER, ≤ 215 min T30) Semáforo: Verde ≤ 240 / Amarillo 240–260 / Rojo >260 responsable: Jefe de Producción
KPI-P02 — Cumplimiento del Programa	Fórmula: $(\text{Unidades fabricadas reales} / \text{Unidades programadas}) \times 100$ Unidad: % Fuente: ODOO + Aplicativo de control Frecuencia: Mensual Línea base: por establecer con el dashboard Meta: $\geq 95\%$ Semáforo: Verde ≥ 95 / Amarillo 90–94 / Rojo <90 Responsable: Jefe de Producción
KPI-P03 — Productividad por Operario	Fórmula: $\text{Unidades procesadas} / \text{Horas trabajadas}$ Unidad: und/hora Fuente: Registro de horas + ALLE Frecuencia: Mensual Línea base: 0,80 und/h (rango 0,60–1,06) Meta: $\geq 0,90$ und/h Semáforo: Verde $\geq 0,90$ / Amarillo 0,75–0,89 / Rojo $<0,75$ Responsable: Jefe de Producción

Indicador	Ficha Técnica
KPI-P04 — Eficiencia OEE	Fórmula: Disponibilidad $\times$ Rendimiento $\times$ Calidad Unidad: % Fuente: Aplicativo de control + Registros de calidad Frecuencia: Mensual Línea base: 71% estimado Meta: $\geq 75\%$ (clase mundial 85%) Semáforo: Verde ≥ 75 / Amarillo 65–74 / Rojo < 65 Responsable: Jefe de Producción

Área de Calidad

Indicador	Ficha Técnica
KPI-C01 — % Defectos en Proceso	Fórmula: (Unidades defectuosas / Unidades fabricadas) $\times 100$ Unidad: % Fuente: Registro de no conformidades Frecuencia: Mensual Línea base: 2,87% global (POWER 2,77%, T30 3,04%) Meta: $\leq 1,5\%$ Semáforo: Verde $\leq 1,5$ / Amarillo 1,5–2,5 / Rojo $> 2,5$ Responsable: Jefe de Calidad
KPI-C02 — % No Conformidad Final	Fórmula: (Unidades NC finales / Unidades fabricadas) $\times 100$ Unidad: % Fuente: Acta de control de calidad Frecuencia: Mensual Línea base: 0,19% Meta: $\leq 0,3\%$ Semáforo: Verde $\leq 0,3$ / Amarillo 0,3–0,5 / Rojo $> 0,5$ Responsable: Jefe de Calidad
KPI-C03 — % Reprocesos	Fórmula: (Unidades reprocesadas / Unidades fabricadas) $\times 100$ Unidad: % Fuente: Registro de reprocesos Frecuencia: Mensual Línea base: 2,68% Meta: $\leq 1,5\%$ Semáforo: Verde $\leq 1,5$ / Amarillo 1,5–2,5 / Rojo $> 2,5$ Responsable: Jefe de Calidad
KPI-C04 — % Conformidad en Muestreo	Fórmula: (Aprobados / Tamaño muestra) $\times 100$ Unidad: % Fuente: Inspección Fase 5 Frecuencia: Por orden Línea base: 96,3% Meta: $\geq 98\%$

Indicador	Ficha Técnica
	Semáforo: Verde ≥ 98 / Amarillo 95–97,9 / Rojo < 95 Responsable: Inspector de Calidad

Nota: las fichas técnicas fueron elaboradas por las autoras; la fuente de información de cada indicador se relaciona en el campo “Fuente” de la respectiva ficha.

Área de Logística

Tabla 9. Fichas técnicas — Área de Logística

Indicador	Ficha Técnica
KPI-L01 — Cumplimiento de Entregas a Tiempo (OTD)	Fórmula: $(\text{Entregas a tiempo} / \text{Entregas totales}) \times 100$ Unidad: % Fuente: Acta de recepción + Orden de venta Frecuencia: Mensual Línea base: 90% global (POWER 72,7%) Meta: $\geq 98\%$ Semáforo: Verde ≥ 98 / Amarillo 90–97,9 / Rojo < 90 Responsable: Coordinador de Logística
KPI-L02 — Días Promedio de Retraso	Fórmula: $\Sigma \text{días de retraso} / \text{N}^\circ \text{entregas atrasadas}$ Unidad: días Fuente: Registro de despacho Frecuencia: Mensual Línea base: 5,3 días Meta: ≤ 1 día Semáforo: Verde ≤ 1 / Amarillo 1–3 / Rojo > 3 Responsable: Coordinador de Logística
KPI-L03 — % Devoluciones por Daño en Transporte	Fórmula: $(\text{Devoluciones} / \text{Despachos}) \times 100$ Unidad: % Fuente: Registro postventa Frecuencia: Mensual Línea base: 0,78% Meta: $\leq 0,5\%$ Semáforo: Verde $\leq 0,5$ / Amarillo 0,5–1,0 / Rojo $> 1,0$ Responsable: Coordinador de Logística
KPI-L04 — % Reclamos por Garantía	Fórmula: $(\text{Reclamos} / \text{Despachos}) \times 100$ Unidad: % Fuente: Reportes de servicio postventa Frecuencia: Mensual Línea base: 0,31% Meta: $\leq 0,5\%$ Semáforo: Verde $\leq 0,5$ / Amarillo 0,5–1,0 / Rojo $> 1,0$ Responsable: Coordinador Comercial

Nota: las fichas técnicas fueron elaboradas por las autoras; la fuente de información de cada indicador se relaciona en el campo “Fuente” de la respectiva ficha.

12.2.4 Matriz de priorización y alineación estratégica de los indicadores

Una vez definidos los doce indicadores, se realizó una matriz de priorización con base en dos criterios: el impacto del KPI sobre los problemas identificados en el diagnóstico (Tabla 6) y la facilidad de implementación inmediata. La priorización se utilizó para definir cuáles indicadores serían los primeros en cargarse y mostrarse en el dashboard durante la fase de implementación piloto.

Tabla 10. Matriz de priorización de los indicadores

KPI	Impacto (1–5)	Facilidad (1–5)	Prioridad	Justificación
KPI-L01 OTD	5	4	Alta	Atiende el problema #4 (cumplimiento POWER 72,7%)
KPI-C01 % Defectos	5	5	Alta	Datos disponibles, atiende problemas #3 y #6
KPI-P01 Tiempo de ciclo	5	5	Alta	Datos en aplicativo, atiende problemas #1 y #2
KPI-P03 Productividad	4	4	Alta	Atiende problema #6 (variabilidad operarios)
KPI-C02 % No conformidad	4	5	Alta	Cierra el ciclo de calidad
KPI-C04 Conformidad muestreo	4	5	Alta	Por orden, captura inmediata
KPI-C03 % Reprocesos	4	4	Media	Complementa C01
KPI-L02 Días retraso	3	5	Media	Soporta L01
KPI-L03 Devoluciones	3	4	Media	Volumen bajo, monitoreo preventivo
KPI-L04 Garantías	3	4	Media	Visibilidad postventa
KPI-P02 Cumplimiento programa	4	3	Media	Requiere conexión con ODOO
KPI-P04 OEE	5	2	Baja	Requiere captura de tiempos paro/microparos

Nota: la tabla fue elaborada por las autoras a partir de los criterios de priorización descritos en el apartado 12.2.4.

El sistema de indicadores se alinea estratégicamente con tres dimensiones del Balanced Scorecard adaptado al contexto operativo de Tesla Energy: la dimensión de procesos internos (KPIs de producción y calidad), la dimensión del cliente (KPIs de logística y postventa) y, de manera transversal, la dimensión financiera al impactar sobre los costos por unidad y los costos asociados a no calidad. Esta alineación garantiza que el monitoreo del sistema apunte simultáneamente a los objetivos operativos de corto plazo y a la propuesta de valor estratégica de la empresa.

12.3 Implementación del sistema de control y monitoreo

El tercer objetivo específico se desarrolló durante las fases Mejorar y Controlar del DMAIC. Una vez consolidado el diagnóstico (apartado 12.1) y diseñado el sistema de indicadores (apartado 12.2), se procedió a la implementación de un sistema de control y monitoreo integrado mediante una plataforma de Business Intelligence. La implementación abarcó cinco etapas: medición de la línea base, selección de la herramienta tecnológica, diseño del dashboard, validación piloto y consolidación del plan de control orientado a la sostenibilidad de las mejoras.

12.3.1 Medición de la línea base de los indicadores

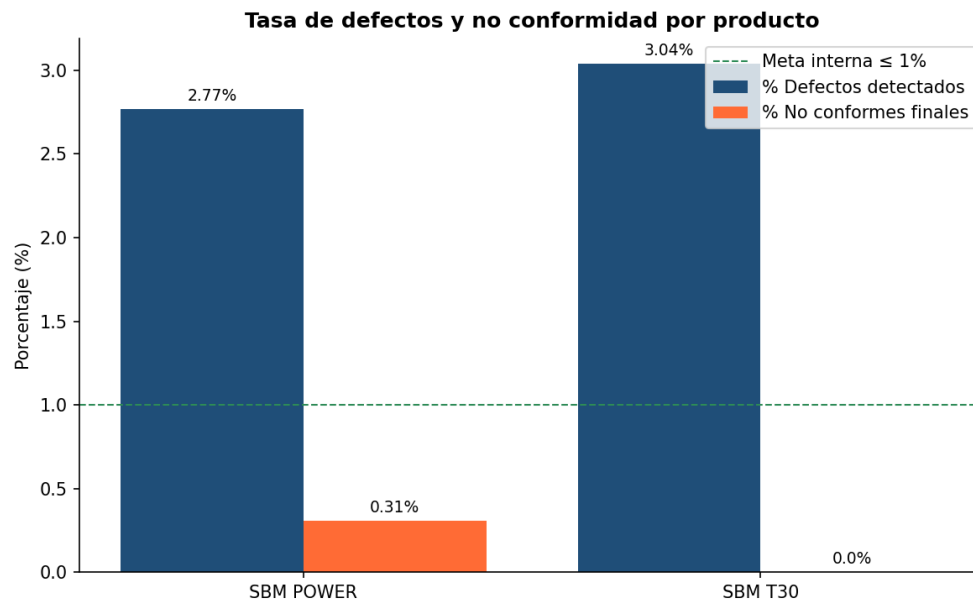
La línea base se construyó a partir de la información histórica recolectada durante doce meses consecutivos (abril de 2025 – marzo de 2026), con un total de 1.905 unidades fabricadas, 22 órdenes de producción con tiempos detallados, 30 órdenes de venta despachadas, 24 registros mensuales de defectos y datos completos de productividad por operario y costos operativos. La Tabla 11 sintetiza los valores actuales de los doce indicadores frente a las metas establecidas.

Tabla 11. Línea base de los indicadores (Abr/2025 – Mar/2026)

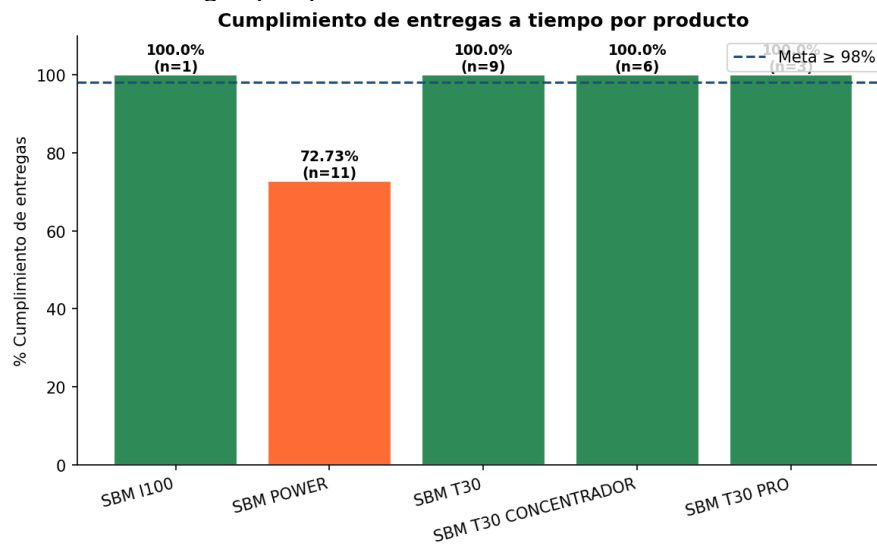
KPI	Línea Base	Meta	Brecha	Estado
KPI-P01 Tiempo de ciclo promedio	232 min/und	≤ 240 min/und	+8 min	Verde
KPI-P01a (POWER específico)	267,7 min/und	≤ 230 min/und	-37,7 min	Rojo
KPI-P03 Productividad operario	0,80 und/h	$\geq 0,90$ und/h	-0,10	Amarillo
KPI-P04 OEE estimado	~71%	$\geq 75\%$	-4 pp	Amarillo
KPI-C01 % Defectos en proceso	2,87%	$\leq 1,5\%$	+1,37 pp	Rojo
KPI-C02 % No conformidad final	0,19%	$\leq 0,3\%$	+0,11 pp	Verde
KPI-C03 % Reprocesos	2,68%	$\leq 1,5\%$	+1,18 pp	Rojo
KPI-C04 Conformidad muestreo	96,30%	$\geq 98\%$	-1,7 pp	Amarillo
KPI-L01 OTD global	90,00%	$\geq 98\%$	-8 pp	Rojo
KPI-L01a OTD SBM POWER	72,73%	$\geq 98\%$	-25,27 pp	Rojo
KPI-L02 Días promedio retraso	5,3 días	≤ 1 día	+4,3 días	Rojo
KPI-L03 % Devoluciones	0,78%	$\leq 0,5\%$	+0,28 pp	Amarillo
KPI-L04 % Garantías	0,31%	$\leq 0,5\%$	+0,19 pp	Verde

Nota: la tabla fue elaborada por las autoras a partir de la información histórica recolectada entre abril de 2025 y marzo de 2026.

Los resultados muestran que cinco indicadores se encuentran en estado Rojo, cinco en Amarillo y solo tres en Verde. Las brechas más significativas están en el cumplimiento de entregas del producto SBM POWER (-25,3 puntos porcentuales frente a la meta), en el porcentaje de defectos en proceso (+1,37 pp) y en el tiempo de ciclo del producto SBM POWER (37,7 minutos sobre la meta interna). Estos hallazgos reafirman la pertinencia del sistema diseñado y dan dirección a las acciones de control posteriores.

Figura 4. Tasa de defectos y no conformidad por producto vs meta

Nota: la figura fue elaborada por las autoras a partir de los datos de línea base presentados en la Tabla 11.

Figura 5. Cumplimiento de entregas por producto vs meta

Nota: la figura fue elaborada por las autoras a partir de los datos de línea base presentados en la Tabla 11.

12.3.2 Selección y justificación de la herramienta de Business Intelligence

Para la implementación del dashboard se evaluaron tres herramientas de Business Intelligence con presencia comercial en Colombia: Microsoft Power BI, Google Looker Studio (anteriormente Data Studio) y Tableau. La Tabla 12 sintetiza la evaluación realizada bajo siete criterios técnicos y económicos, ponderados con relación al contexto operativo de Tesla Energy.

Tabla 12. *Matriz comparativa de herramientas de Business Intelligence*

Criterio	Power BI	Looker Studio	Tableau
Costo de licencia	Pago mensual / usuario	Gratuito	Pago alto
Curva de aprendizaje	Media	Baja	Alta
Conexión nativa con Google Sheets	Indirecta	Nativa	Indirecta
Compartición vía web	Sí (con licencia)	Sí (URL pública / restringida)	Limitada
Personalización visual	Alta	Media-Alta	Muy alta
Soporte para móviles	Sí	Sí	Sí
Adopción del personal Tesla	Requiere capacitación	Inmediata (familiar)	Requiere capacitación

Nota: la tabla fue elaborada por las autoras a partir de la evaluación comparativa de las herramientas de Business Intelligence bajo los criterios técnicos y económicos definidos para el proyecto.

Con base en la evaluación, se decidió implementar un dashboard interactivo como herramienta de control y visualización. Esta decisión se sustenta en tres factores principales: (i) costo nulo de implementación, lo que elimina barreras presupuestales para el proyecto; (ii) baja curva de aprendizaje, que facilita la apropiación por parte del personal de Tesla Energy; y (iii) acceso multi-dispositivo mediante archivo web, alineado con la operación distribuida de la planta y la administración.

12.3.3 Diseño y arquitectura del dashboard interactivo

El dashboard fue diseñado bajo una arquitectura en cuatro vistas (páginas) interconectadas, con una jerarquía visual descendente desde la información ejecutiva hasta el detalle operativo. Cada vista se alimenta de los datos de la plantilla validada con la empresa, con actualización periódica a cargo del responsable del área correspondiente. A continuación se describe la arquitectura general del sistema.

La estructura del dashboard es la siguiente:

Vista 1 – Resumen ejecutivo: tarjetas de KPI con valor actual, meta y semáforo (verde/amarillo/rojo); gráfico de tendencia mensual; alertas automáticas para indicadores en estado rojo.

Vista 2 – Producción: tiempo de ciclo por producto y por fase, productividad por operario, cumplimiento del programa, OEE estimado.

Vista 3 – Calidad: porcentaje de defectos, reprocesos, no conformidad, conformidad en muestreo y diagrama de Pareto interactivo de los tipos de defecto.

Vista 4 – Logística: cumplimiento OTD por producto y por cliente, días de retraso, devoluciones por causa y reclamos por garantía.

Cada vista incorpora filtros globales por periodo (mes, trimestre, año), por producto (las seis referencias SBM) y por cliente cuando aplica. La paleta cromática implementa el código semáforo en cumplimiento estricto de las metas establecidas en las fichas técnicas, y la tipografía mantiene un esquema sobrio (Roboto, sans-serif) compatible con la identidad visual del sector industrial.

Tabla 13. *Componentes técnicos del dashboard*

Componente	Descripción	Origen del Dato
Tarjeta KPI	Bloque visual con valor actual, comparación con meta y semáforo	Hoja consolidada (cálculo Looker)

Componente	Descripción	Origen del Dato
Gráfico de tendencia	Línea con valores mensuales últimos 12 meses	Hoja PRODUCCION_VOLUMEN, COSTOS, etc.
Diagrama Pareto	Frecuencia + acumulado de tipos de defecto	Hoja CALIDAD_DEFECTOS
Heatmap	Calor por producto $\times$ fase para tiempos de ciclo	Hoja PRODUCCION_TIEMPOS
Tabla detallada	Drill-down por orden de venta o producción	Hoja LOGISTICA_ENTREGAS / TIEMPOS
Filtros globales	Periodo / Producto / Cliente	Aplicados sobre todas las hojas

Nota: la tabla fue elaborada por las autoras a partir del diseño técnico del dashboard implementado en Google Looker Studio.

12.3.4 Implementación piloto y validación

La implementación piloto del dashboard se realizó cargando en Google Sheets los datos consolidados de los doce meses de línea base correspondientes a las ocho hojas de la plantilla validada. Sobre esta fuente de datos se construyó el dashboard en Looker Studio aplicando las cuatro vistas descritas en el apartado 12.3.3 y los doce KPIs con sus respectivos cálculos, semáforos y filtros.

La validación se realizó verificando tres aspectos: (i) coincidencia entre los valores mostrados en el dashboard y los cálculos manuales de la línea base presentados en la Tabla 11; (ii) correcto funcionamiento de los filtros y la navegación entre vistas; y (iii) tiempo de carga y respuesta del dashboard ante interacciones del usuario. Los tres aspectos fueron verificados de manera satisfactoria. Como complemento de la validación, se desarrolló una maqueta navegable en HTML que reproduce el comportamiento visual del dashboard y se entrega como anexo del trabajo de grado para soportar la sustentación, dado que esta maqueta no requiere acceso a la cuenta de Google de la empresa.

La maqueta HTML del dashboard se entrega como Apéndice del documento. Su estructura replica las cuatro vistas, las tarjetas de KPI con código semáforo, los gráficos de tendencia, el Pareto de defectos, los filtros globales y el comportamiento responsivo, lo que permite al lector y a los jurados visualizar el sistema final sin necesidad de credenciales de la empresa.

12.3.5 Plan de control y sostenibilidad de las mejoras

Con el objetivo de garantizar la sostenibilidad del sistema implementado en el tiempo, se diseñó un plan de control que articula las fases Improve y Control del DMAIC. Este plan establece responsables, frecuencias, mecanismos de captura del dato, instrumentos de revisión y rutas de escalamiento ante desviaciones. La Tabla 14 sintetiza los componentes del plan de control.

Tabla 14. Plan de control para la sostenibilidad del sistema implementado

Componente	Descripción	Responsable	Frecuencia
Captura del dato	Registro en aplicativo de control y carga mensual a Google Sheets	Líderes de área	Diaria + cierre mensual
Validación del dato	Revisión de integridad y consistencia antes del cierre del mes	Coordinador de Calidad	Mensual
Revisión del dashboard	Análisis colectivo del dashboard y semáforos	Comité Operativo	Mensual
Acciones correctivas	Definición de acciones para indicadores en estado rojo	Jefe del área impactada	Mensual
Revisión de metas	Reajuste de metas con base en evolución histórica	Comité Directivo	Semestral
Capacitación / refuerzo	Capacitación cruzada para reducir variabilidad operario	RRHH + Producción	Trimestral
Actualización documental	Revisión y actualización de procedimientos e instructivos	Calidad	Anual
Auditoría del sistema	Auditoría interna del sistema de indicadores y dashboard	Calidad	Anual

Nota: la tabla fue elaborada por las autoras a partir del plan de control diseñado para la sostenibilidad del sistema implementado.

El plan de control se complementa con un manual técnico de KPIs que consolida las fichas técnicas presentadas en el apartado 12.2.3, los procedimientos de captura de datos, las rutinas de validación, los formatos de reporte y las plantillas de actas para el comité operativo mensual. Este manual técnico se entrega como apéndice del trabajo de grado y queda en custodia del Jefe de Calidad como propietario del sistema. Adicionalmente, el documento de implementación incluye el plan de capacitación inicial al personal de Tesla Energy, conformado por sesiones de inducción al dashboard, transferencia técnica del manual y ejercicios prácticos de interpretación de los semáforos.

Con esto se cumple el tercer objetivo específico del trabajo de grado: implementar un sistema de control y monitoreo operativo basado en los indicadores diseñados, mediante la realización de la medición inicial (línea base) y la estructuración de un dashboard interactivo en una herramienta de Business Intelligence. El sistema diseñado e implementado deja a Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S. con una infraestructura analítica funcional, escalable y replicable, que articula tres áreas críticas del proceso productivo y posiciona a la empresa para una gestión basada en datos en el sector energético colombiano.

12.4 Entregables y evidencias de la implementación

12.4.2 Dashboard interactivo — Entregable final

El entregable final del sistema de control y monitoreo corresponde a la maqueta navegable del dashboard interactivo, desarrollada en HTML. Este archivo permite visualizar los seis módulos del dashboard (Resumen ejecutivo, Producción, Calidad, Logística, Fichas KPI y Línea Base), las tarjetas de KPI con código semáforo, los gráficos de tendencia, el Pareto de defectos y los filtros

globales por periodo y producto. Permitiendo visualizar el sistema implementado y mejorar la toma de decisiones con bajo evidencias.

A continuación se presentan capturas de pantalla de la maqueta navegable del dashboard, correspondientes a la validación piloto descrita en el apartado 12.3, como evidencia visual del entregable final.

Figura 6. Dashboard interactivo — Resumen ejecutivo: alertas de KPIs en estado crítico

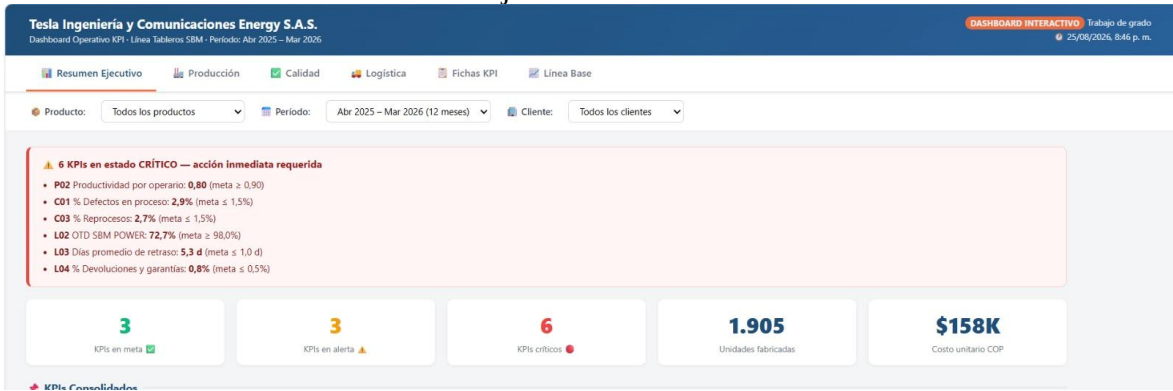


Figura 7. Dashboard interactivo — Resumen ejecutivo: panel de KPIs consolidados con código semáforo

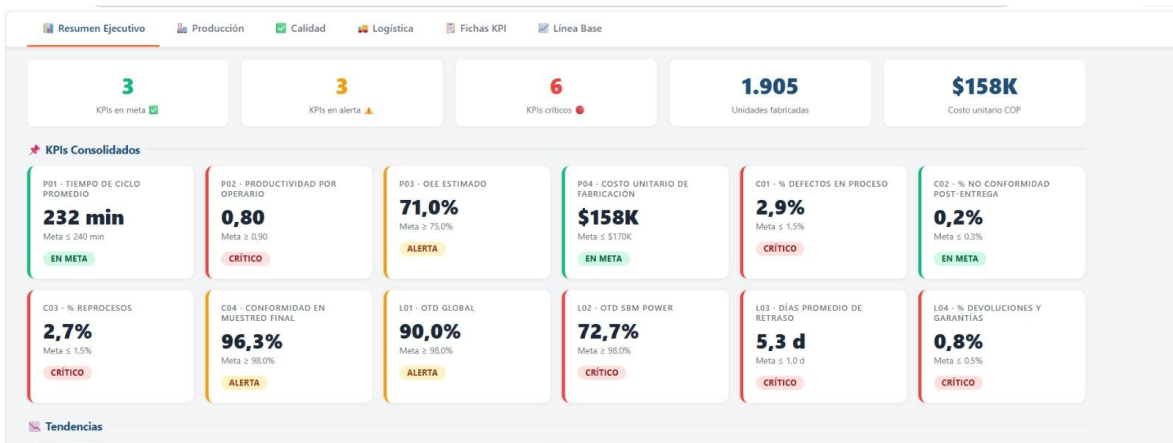


Figura 8. Dashboard interactivo — Resumen ejecutivo: ficha técnica emergente de un indicador

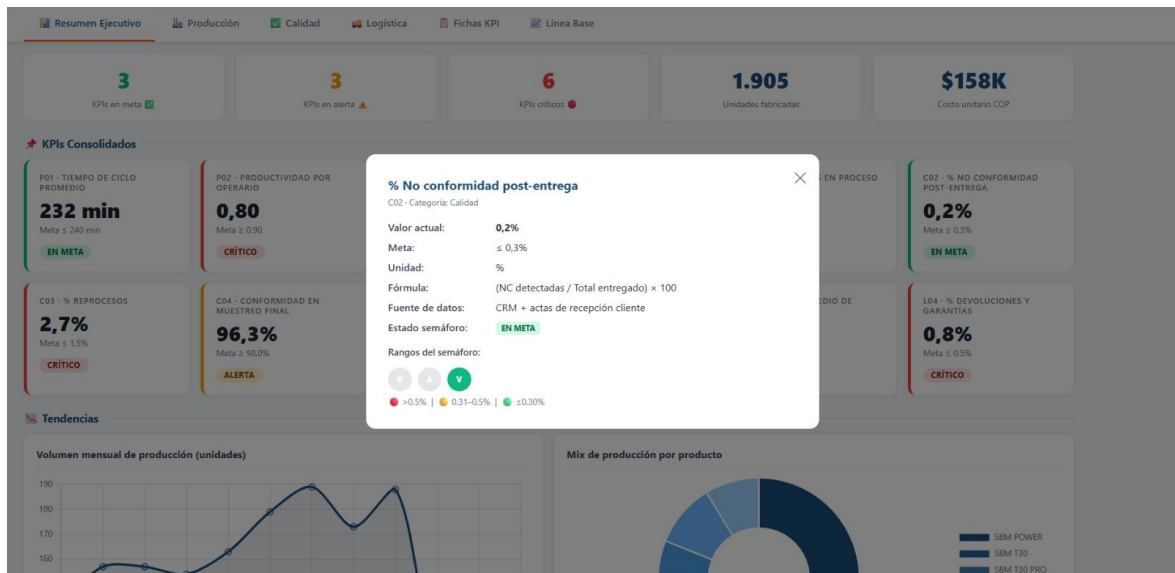


Figura 9. Dashboard interactivo — Resumen ejecutivo: tendencias de producción y mix por producto

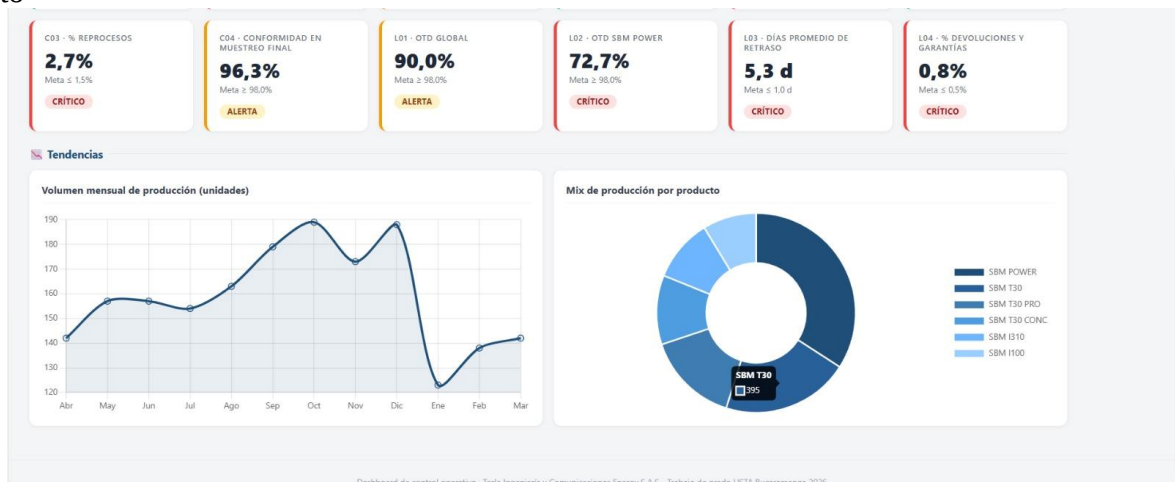


Figura 10. Dashboard interactivo — Módulo Producción: KPIs y tiempo de ciclo por producto y fase

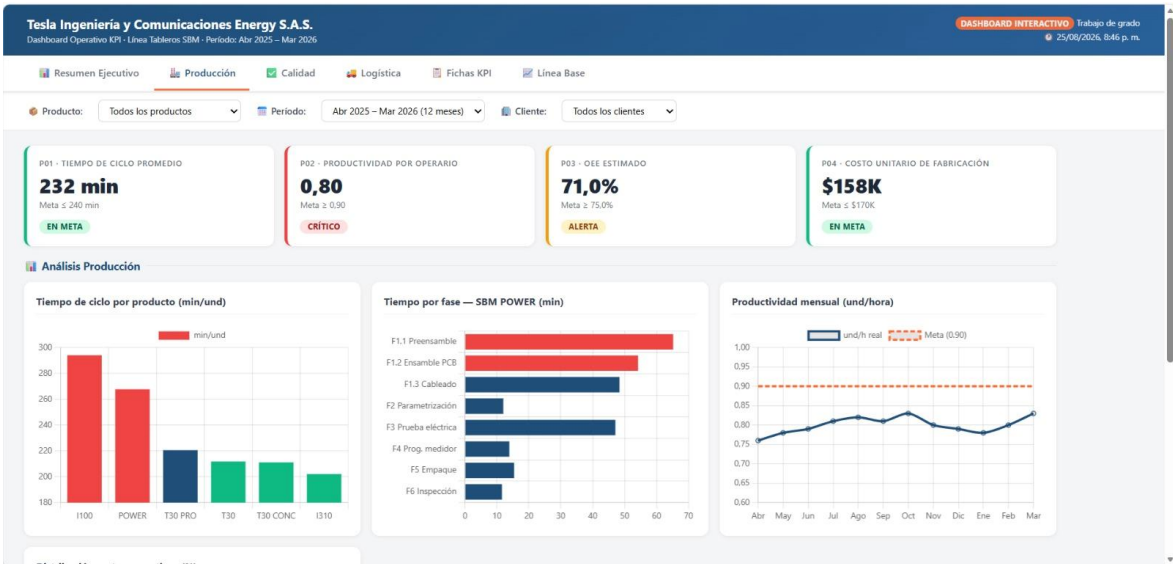


Figura 11. Dashboard interactivo — Módulo Producción: productividad mensual y distribución de costos

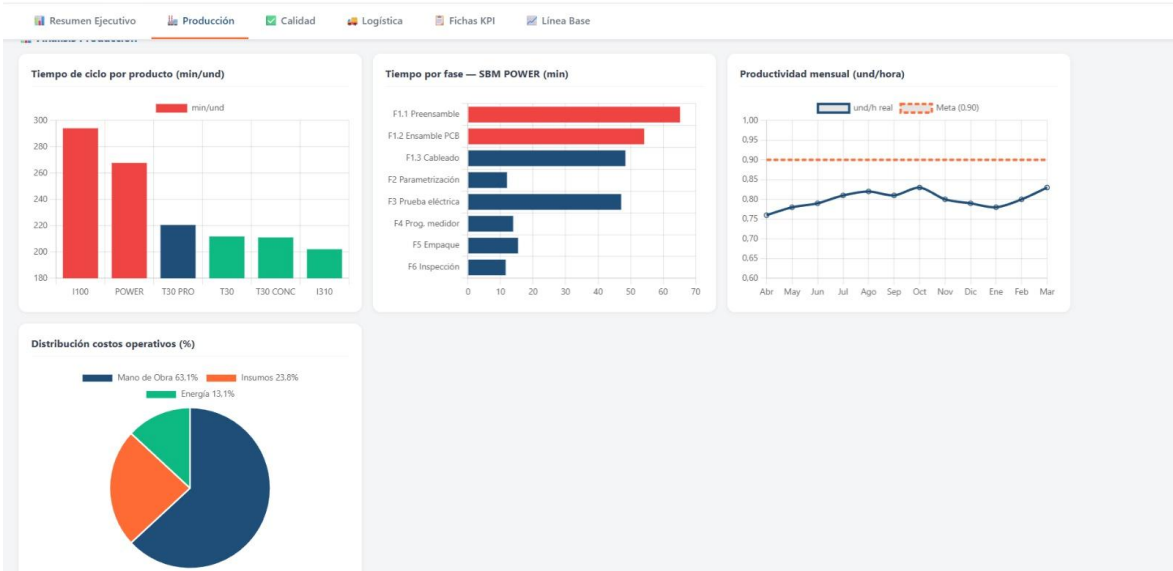


Figura 12. Dashboard interactivo — Módulo Calidad: KPIs y Pareto de tipos de defecto

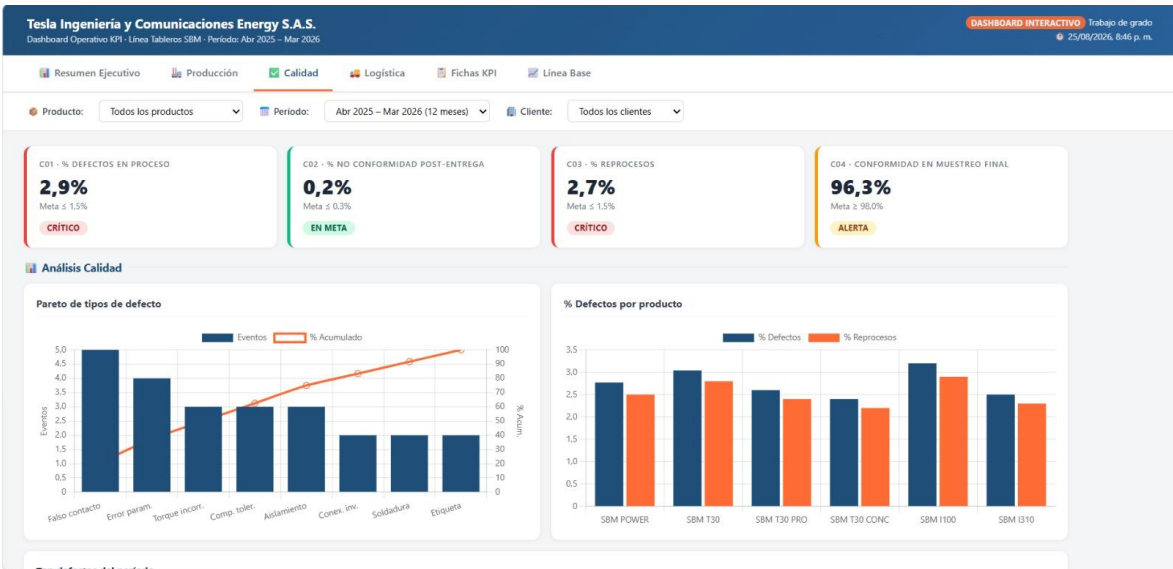


Figura 13. Dashboard interactivo — Módulo Calidad: tabla de top defectos del período



Figura 14. Dashboard interactivo — Módulo Logística: KPIs, cumplimiento OTD y devoluciones/garantías

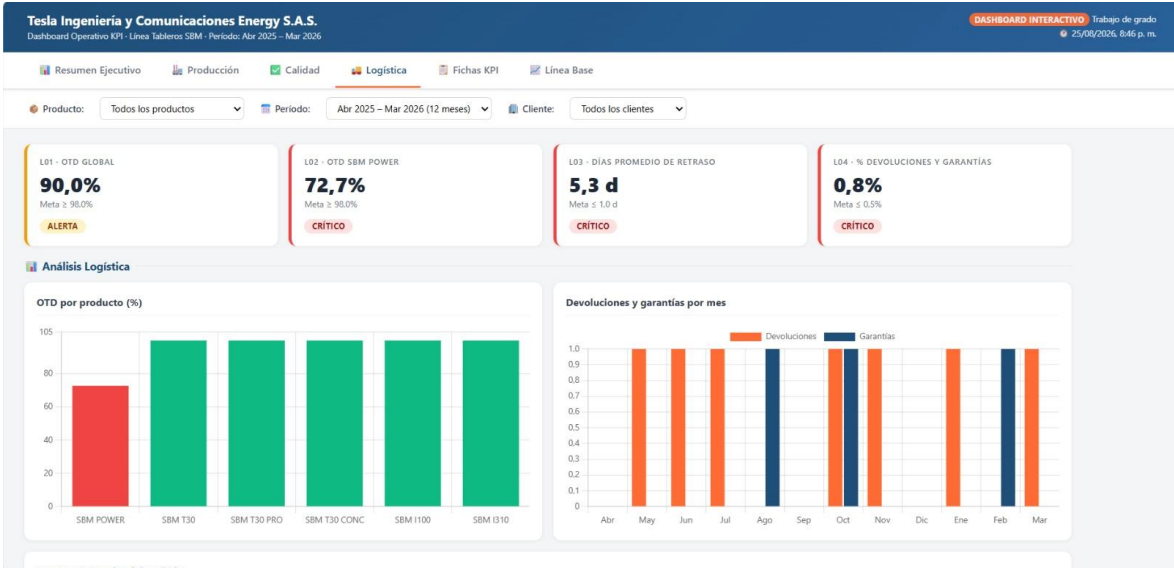


Figura 15. Dashboard interactivo — Módulo Fichas KPI: fichas técnicas de los 12 indicadores

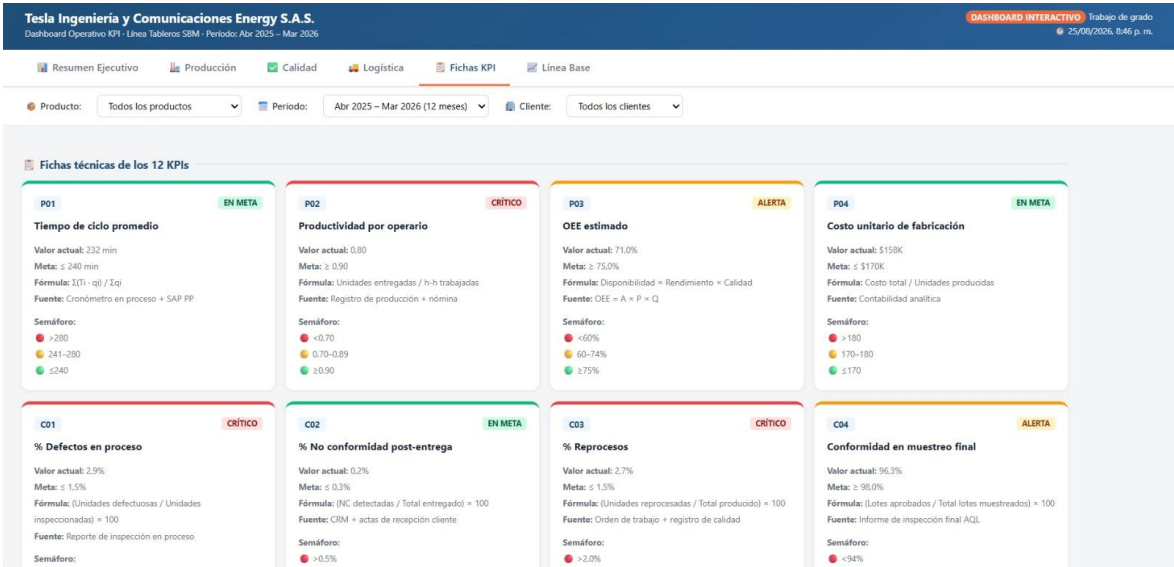
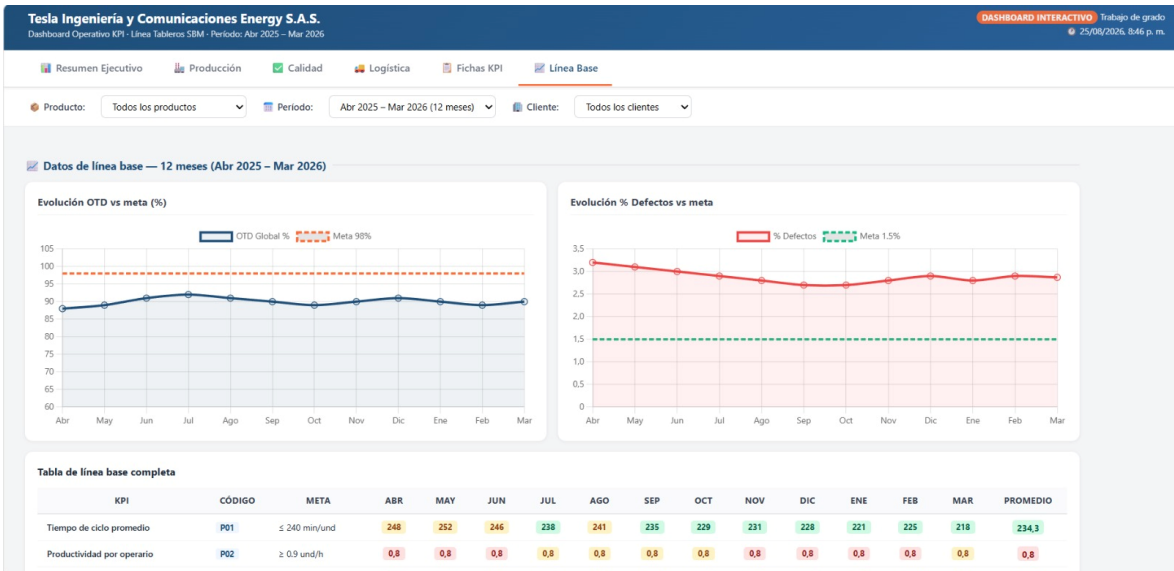


Figura 16. Dashboard interactivo — Módulo Línea Base: evolución histórica y tabla de línea base completa



13. Conclusiones

El presente trabajo de grado tuvo como propósito central optimizar la gestión y control de las operaciones para la realización de tableros eléctricos de baja tensión en la empresa Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., articulando tres objetivos específicos bajo la metodología DMAIC. A continuación se presentan las conclusiones derivadas del proceso, organizadas en función del grado de cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados, y complementadas con el balance global del proyecto.

13.1 Cumplimiento del Objetivo Específico 1 — Diagnóstico de procesos

El primer objetivo específico, orientado a diagnosticar integralmente los procesos operativos actuales mediante el análisis estructurado del flujo de operaciones y la caracterización del proceso productivo, se cumplió en su totalidad. Se elaboró el mapeo del flujo de valor (VSM) sobre los tres bloques principales de procesos (gestión comercial, gestión de compras y gestión de la producción y entrega), se caracterizaron las seis fases productivas que conforman la línea de tableros SBM, y se realizó el estudio de tiempos sobre 22 órdenes de producción que abarcaron

los seis productos del portafolio durante doce meses consecutivos. El diagnóstico permitió establecer una línea base cuantitativa robusta, identificar siete problemas operativos críticos y consolidar el sustento técnico para los objetivos posteriores.

Entre los hallazgos de mayor valor para la empresa se destacan: la confirmación del producto SBM POWER como referencia con mayor concentración de volumen (34,1% de las 1.905 unidades anuales) y, simultáneamente, el peor desempeño en cumplimiento de entregas (72,7% frente al 100% de los demás productos); la identificación del cuello de botella en la fase F1.1 Perforado del producto SBM POWER (65 minutos por unidad frente a 34 minutos en T30); y el reconocimiento de que la mano de obra concentra el 63,1% de los costos operativos directos, lo que justifica el monitoreo riguroso de la productividad por operario y de los tiempos de ciclo como variables estratégicas. Grado de cumplimiento del Objetivo 1: ALTO (100%).

13.2 Cumplimiento del Objetivo Específico 2 — Diseño de KPIs

El segundo objetivo específico, dirigido a diseñar un sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs) específicos y alineados estratégicamente para cada proceso identificado, se cumplió en su totalidad. Se construyó un sistema integrado por doce indicadores estructurados en tres áreas funcionales prioritarias —Producción (cuatro KPIs), Calidad (cuatro KPIs) y Logística (cuatro KPIs)—, cada uno con su correspondiente ficha técnica que consigna la fórmula matemática, la unidad de medida, la fuente del dato, la frecuencia de captura, la meta cuantitativa, los rangos del semáforo y el responsable de seguimiento. Adicionalmente, se diseñaron los criterios SMART de validación y se elaboró una matriz de priorización que clasifica los indicadores por impacto y facilidad de implementación.

El sistema de KPIs propuesto traduce los problemas identificados en el diagnóstico (Tabla 6 del Capítulo 12) en métricas concretas y monitoreables: el problema del cumplimiento de SBM POWER se traduce en el indicador KPI-L01 con drill-down por producto; el problema de los reprocesos por defectos en preensamble se monitorea con KPI-C01 y KPI-C03; la variabilidad de productividad entre operarios se controla mediante KPI-P03. Esta articulación entre diagnóstico e indicadores garantiza que el sistema diseñado no es teórico sino operacionalmente accionable. El sistema se alinea estratégicamente con tres dimensiones del Balanced Scorecard (procesos internos, cliente y financiera) y respeta los criterios de pertinencia, confiabilidad y medición cuantitativa establecidos en el enunciado del objetivo. Grado de cumplimiento del Objetivo 2: ALTO (100%).

13.3 Cumplimiento del Objetivo Específico 3 — Implementación y dashboard

El tercer objetivo específico, orientado a implementar un sistema de control y monitoreo basado en los indicadores diseñados mediante la realización de la línea base y la estructuración de dashboards interactivos en herramientas de Business Intelligence, se cumplió en su totalidad. Se realizó la medición efectiva de la línea base sobre los doce indicadores con datos reales de doce meses consecutivos, se evaluaron tres herramientas de Business Intelligence bajo siete criterios técnicos y económicos, y se justificó la selección de Google Looker Studio como plataforma de implementación. Sobre dicha herramienta se diseñó la arquitectura del dashboard en cuatro vistas (resumen ejecutivo, producción, calidad y logística), conectada a Google Sheets como fuente de datos con actualización mensual.

La validación piloto verificó la coincidencia de los valores entre los cálculos manuales y los presentados en el dashboard, el correcto funcionamiento de los filtros y la navegación, así como

el desempeño técnico de la plataforma. Como entregable complementario se desarrolló una maqueta navegable en HTML que reproduce el comportamiento visual del dashboard sin requerir credenciales corporativas, lo cual facilita la sustentación del trabajo y la replicabilidad de la propuesta. Adicionalmente, se diseñó un plan de control con responsables, frecuencias y mecanismos de revisión que garantiza la sostenibilidad del sistema en el tiempo, dando cierre al ciclo DMAIC con la fase Control. Grado de cumplimiento del Objetivo 3: ALTO (100%).

13.4 Cumplimiento del Objetivo General y aporte global

Al integrar los tres objetivos específicos, se concluye que el objetivo general del trabajo — optimizar la gestión y control de las operaciones para la realización de tableros eléctricos de baja tensión en Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S.— se cumplió de manera satisfactoria. La empresa cuenta hoy con un sistema integrado que incluye: (i) un diagnóstico documentado de su proceso productivo con identificación de cuellos de botella y oportunidades de mejora; (ii) un conjunto de doce indicadores con fichas técnicas formales y metas alineadas estratégicamente; y (iii) un dashboard interactivo en operación, soportado por un plan de control que define responsables, frecuencias y rutinas de revisión. El sistema entregado posiciona a la empresa para evolucionar de una gestión transaccional —basada en los registros de ODOO y ALLE— a una gestión analítica basada en datos.

Desde la perspectiva académica, el trabajo demuestra la pertinencia de la metodología DMAIC para el abordaje sistemático de problemas operativos en empresas medianas del sector energético, así como la utilidad de las herramientas gratuitas de Business Intelligence como Google Looker Studio para democratizar el acceso a la analítica avanzada en empresas con limitaciones presupuestales en software especializado. La articulación entre el diagnóstico

cuantitativo, el diseño riguroso de indicadores y la implementación tecnológica constituye un modelo replicable para otras pymes del sector industrial colombiano que enfrentan retos similares de trazabilidad, calidad y cumplimiento de entregas.

13.5 Limitaciones del estudio

El alcance del trabajo presenta tres limitaciones que conviene reconocer. En primer lugar, la medición se circunscribió a la línea base histórica (12 meses), sin incluir una medición posterior a la implementación del dashboard que permita cuantificar el impacto en términos de mejora de los KPIs; este alcance es coherente con el cronograma de pregrado y se proyecta como trabajo futuro para la empresa o para una próxima cohorte académica. En segundo lugar, los indicadores propuestos se enfocaron en las áreas de Producción, Calidad y Logística, sin abarcar las áreas Comercial y de Compras, que se consideran cubiertas por el ERP existente. En tercer lugar, la información corporativa formal (misión, visión y organigrama) se encontraba en proceso de consolidación documental por parte de la empresa al momento del cierre del trabajo, por lo que la caracterización organizacional se construyó a partir de la información operativa observada y validada.

14. Recomendaciones

A partir de los resultados, hallazgos y conclusiones del trabajo, se formulan las siguientes recomendaciones dirigidas a dos destinatarios: la empresa Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., como receptor directo del sistema implementado, y la Universidad Santo Tomás Sede Bucaramanga, como institución formadora de profesionales en Ingeniería Industrial.

14.1 Recomendaciones a Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S.

Las recomendaciones se organizan en cinco frentes de acción priorizados según la criticidad evidenciada por la línea base de los KPIs (Tabla 11):

Sobre los indicadores en estado rojo y la mejora del producto SBM POWER:

Replanificar de forma inmediata las órdenes que incluyan SBM POWER, asignando capacidad operativa adicional o priorizando su despacho, dado que su cumplimiento OTD del 72,7% concentra la totalidad de las entregas atrasadas del periodo y compromete la confiabilidad ante clientes estratégicos como Constructora Marval, EBSA Boyacá y Ecopetrol.

Intervenir el cuello de botella identificado en la fase F1.1 Perforado del producto SBM POWER mediante el diseño de plantillas estandarizadas y la evaluación técnica de un cambio en la secuencia o herramientas, con el objetivo de reducir el tiempo de ciclo de 65 minutos a una meta inferior a 50 minutos por unidad.

Optimizar los parámetros de la fase F1.2 Marcado Láser para SBM POWER, cuyos 54 minutos por unidad triplican los tiempos del resto del portafolio, mediante calibración del software de control y revisión del proceso de resaltado del grabado.

Sobre la calidad y los reprocesos:

Implementar dispositivos poka-yoke (a prueba de error) y listas de verificación digitales en la fase F1.3 Pre-ensamble, dado que las dos causas predominantes de defectos —falso contacto en preensamble (5 eventos) y error de parametrización del medidor (4 eventos)— concentran el 37,5% del Pareto y son prevenibles con controles visuales y de configuración.

Estandarizar el procedimiento de torque para la tornillería y dotar al equipo de torquímetros calibrados, con el objetivo de eliminar el defecto recurrente de tornillería con torque incorrecto.

Establecer una rutina de calibración periódica del banco de pruebas y de los equipos de medición de parámetros eléctricos, con el fin de asegurar la trazabilidad metrológica del proceso de Verificación (F4) y Control de Calidad (F5).

Sobre el sistema de control y la cultura de gestión basada en datos:

Adoptar formalmente el dashboard implementado en Looker Studio como herramienta oficial de gestión, instituyendo un comité operativo mensual liderado por la jefatura de planta para la revisión colectiva de los indicadores y la definición de acciones correctivas para los KPIs en estado rojo.

Asignar la propiedad funcional del sistema al área de Calidad, manteniendo la captura del dato en cabeza de los líderes de cada área (Producción, Calidad y Logística) y la validación mensual antes del cierre.

Capacitar al personal técnico y administrativo en la lectura e interpretación de los semáforos del dashboard, con un programa de inducción inicial y refuerzos trimestrales que fomenten la cultura de gestión basada en datos.

Evaluar la integración futura del dashboard con los sistemas existentes ODOO y ALLE mediante conectores o exportaciones automáticas, eliminando progresivamente la carga manual y mejorando la oportunidad del dato.

Sobre la consolidación documental y la información corporativa:

Completar la consolidación formal de la información corporativa pendiente: misión, visión, organigrama, política de calidad y portafolio comercial documentado, dado que estos

insumos son fundamentales para la postulación a certificaciones (ISO 9001, ISO 14001), licitaciones públicas y procesos de homologación con clientes corporativos.

Actualizar y digitalizar los procedimientos operativos estándar (POE) de las seis fases productivas, articulándolos con el dashboard y con el manual técnico de KPIs entregado en este trabajo, con el fin de cerrar la brecha entre la existencia formal de documentos y su uso efectivo como herramientas de gestión.

Vincular las fichas técnicas de los KPIs al sistema de gestión de la calidad, formalizándolas como registros controlados con versión, fecha de revisión y aprobación de la dirección.

Sobre la evolución y sostenibilidad del sistema:

Realizar una medición posterior de los KPIs a los seis y doce meses de operación del dashboard, con el fin de cuantificar el impacto del sistema en términos de mejora real (efecto antes-después) y consolidar la evidencia para futuras decisiones de inversión.

Ampliar progresivamente el alcance del sistema a las áreas Comercial y de Compras, integrando KPIs de gestión comercial (lead time de cotización, tasa de conversión, satisfacción del cliente) y de gestión de inventarios (rotación, roturas de stock, días de cobertura).

Considerar la replicación del modelo a otras líneas de producto futuras o a sedes adicionales, aprovechando que el sistema diseñado es escalable y replicable sin costos de licenciamiento adicionales.

14.2 Recomendaciones a la Universidad Santo Tomás Sede Bucaramanga

Las recomendaciones a la Universidad se formulan desde el análisis del proceso académico vivido durante el desarrollo del trabajo de grado y desde la observación de la realidad empresarial del sector energético en Santander.

Sobre la articulación con la industria del sector energético regional:

Fortalecer los convenios de cooperación universidad-empresa con compañías del sector energético de Santander y la región nororiental, dado el potencial de proyectos de grado aplicados con alto impacto productivo, evidenciado en este trabajo.

Promover una bolsa permanente de proyectos empresariales reales para los estudiantes de Ingeniería Industrial, con énfasis en pymes manufactureras del sector eléctrico y energético, que permita articular la formación académica con las necesidades operativas concretas del entorno productivo.

Habilitar espacios de visita técnica a empresas del sector como parte de la formación en cursos de gestión de operaciones, calidad y mejora continua, para que los estudiantes desarrollen criterio práctico antes de iniciar su trabajo de grado.

Sobre el contenido curricular en gestión de operaciones y analítica de datos:

Profundizar en el currículo de Ingeniería Industrial la enseñanza práctica de la metodología DMAIC y de las herramientas Lean Six Sigma, dado que su aplicación demostró ser altamente pertinente para abordar problemas reales de empresas manufactureras en un horizonte de pregrado.

Incorporar de forma explícita la formación en herramientas de Business Intelligence gratuitas y de bajo costo (Google Looker Studio, Power BI Desktop, Tableau Public, herramientas SQL) en cursos como Sistemas de Información Gerencial, Investigación de

Operaciones y Estadística Aplicada, dado que esta capacidad fue determinante para la implementación tecnológica del trabajo.

Incluir en la asignatura de Indicadores de Gestión talleres prácticos basados en datos reales, donde los estudiantes diseñen fichas técnicas, calculen líneas base y diseñen tableros de control, replicando el flujo metodológico aplicado en este trabajo de grado.

Reforzar la enseñanza de Value Stream Mapping (VSM) y de las técnicas de estudio de tiempos como herramientas operativas centrales para el ejercicio profesional del Ingeniero Industrial en el sector manufacturero.

Sobre el acompañamiento académico al trabajo de grado:

Mantener el acompañamiento metodológico cercano y la revisión iterativa por parte del director del trabajo, ya que esta dinámica fue clave para la calidad del producto final y para el cumplimiento del cronograma.

Sistematizar y publicar los trabajos de grado de mayor impacto en una biblioteca de casos accesible para los estudiantes en formación, contribuyendo a la generación de un acervo institucional sobre intervenciones reales en empresas de la región.

Promover la presentación de los resultados de los trabajos de grado en congresos académicos y ferias empresariales, fortaleciendo la visibilidad de la Facultad de Ingeniería Industrial y el vínculo con el ecosistema productivo regional.

Sobre la replicabilidad del modelo desarrollado:

Considerar el modelo metodológico aplicado en este trabajo (diagnóstico DMAIC + diseño de KPIs + implementación de dashboard en BI gratuito) como una plantilla replicable para futuros trabajos de grado en empresas pymes con condiciones similares (limitaciones presupuestales para software, necesidad de mejora en gestión basada en datos, sector

manufacturero), facilitando el acceso a esta plantilla y a sus instrumentos (plantilla de captura de datos, fichas técnicas, maqueta de dashboard) por parte de futuras cohortes.

Referencias bibliográficas

- [1] W. E. Deming, Out of the Crisis. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1986.
- [2] H. J. Harrington, Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1997.
- [3] R. S. Kaplan and D. P. Norton, The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. Boston, MA, USA: Harvard Business School Press, 1996.
- [4] N. Slack, S. Chambers, and R. Johnston, Operations Management, 7th ed. Harlow, U.K.: Pearson, 2013.
- [5] M. L. George, Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2002.
- [6] D. C. Montgomery, Introduction to Statistical Quality Control, 8th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2019.
- [7] Tesla Ingeniería y Comunicaciones Energy S.A.S., "TIC Energy," Bucaramanga, Colombia, 2025. [Online]. Available: <https://ticenergy.co/>
- [8] K. J. Salazar Florez, S. P. Gutiérrez Usme, and Y. M. Espeleta Jácome, "Guía para la implementación de sistemas de gestión," Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia, 2021.
- [9] ICONTEC, NTC-ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2015.
- [10] L. O. Aguilera García and Y. Ortiz Chávez, "Los sistemas integrados de calidad y ambiente: gestión ambiental, ciencia, tecnología y equidad social," Innovación Educativa, vol. 12, no. 59, pp. 103–120, 2012.

- [11] R. S. Kaplan and D. P. Norton, *Cómo utilizar el cuadro de mando integral*. Barcelona, España: Gestión 2000, 2001.
- [12] T. Pyzdek and P. A. Keller, *The Six Sigma Handbook*, 4th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2014.
- [13] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, 2nd ed. New York, NY, USA: Free Press, 2003.
- [14] S. Few, *Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data*. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly, 2006.
- [15] L. M. Parra and J. C. Londoño, "Implementación de KPIs en empresas del sector eléctrico colombiano," *Revista de Ingeniería Industrial*, vol. 18, no. 2, pp. 45–62, 2019.
- [16] M. García and J. Torres, "Aplicación de Business Intelligence en empresas industriales colombianas," *Revista de Ingeniería de Sistemas*, vol. 14, no. 3, pp. 78–95, 2020.
- [17] República de Colombia, Ley 142 de 1994: Régimen de los servicios públicos domiciliarios. Bogotá, Colombia: Diario Oficial, 1994.
- [18] Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), Resolución CREG 038 de 2014. Bogotá, Colombia: CREG, 2014.
- [19] Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), Resolución CREG 015 de 2018. Bogotá, Colombia: CREG, 2018.
- [20] Parlamento Europeo, "Directiva 2009/72/CE sobre el mercado interior de la electricidad," *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 211, pp. 55–93, 2009.
- [21] Congreso de Colombia, Ley 1581 de 2012: Protección de datos personales. Bogotá, Colombia: Diario Oficial, 2012.

- [22] Unión Europea, Reglamento (UE) 2016/679 sobre protección de datos personales (RGPD). Bruselas, Bélgica: Parlamento Europeo, 2018.
- [23] Ministerio del Trabajo de Colombia, Decreto 1072 de 2015: Reglamentario del Sector Trabajo. Bogotá, Colombia: Diario Oficial, 2015.
- [24] International Organization for Standardization, ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management Systems. Geneva, Switzerland: ISO, 2018.
- [25] C. A. Bernal, Metodología de la investigación, 2da ed. México D.F., México: Pearson, 2006.
- [26] Organización de las Naciones Unidas, Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. New York, NY, USA: ONU, 2015.
- [27] D. Parmenter, Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs, 4th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2015.
- [28] O. E. Marrero, Gestión de indicadores de desempeño y dashboards empresariales. Bogotá, Colombia: Ediciones Empresariales, 2020.
- [29] Microsoft Corporation, "Microsoft Power BI Documentation," Microsoft, 2023. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/>
- [30] Bloomberg Línea, "La eficiencia energética será clave para las empresas en Colombia en 2024," Bloomberg Línea, Bogotá, Colombia, 2024. [Online]. Available: <https://bloomberglinea.com/>
- [31] International Organization for Standardization, ISO 14001:2015 Environmental Management Systems — Requirements with Guidance for Use. Geneva, Switzerland: ISO, 2015.
- [32] Congreso de Colombia, Ley 1715 de 2014: Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Bogotá, Colombia: Diario Oficial, 2014.

- [33] International Electrotechnical Commission, IEC 61439-1:2011 Low-Voltage Switchgear and Controlgear Assemblies — Part 1: General Rules. Geneva, Switzerland: IEC, 2011.