



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL
SEDE BELLAVISTA

**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE PROCESOS EN
EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA “SOCIEDAD
COMERCIAL CAMPBOX SPA.”**

Trabajo de titulación para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial

Profesor Guía: Pedro Peña Carter

Estudiante: Claudio Otárola Contreras

Santiago, Chile

Junio 2025

Agradecimientos

A mis hijos, Florencia y Vicente,

por su paciencia y amor eterno.

A mis padres que sembraron la semilla...

... que la perseverancia es un super poder.

Tabla de contenido

Resumen.....	9
Abstract.....	10
Capítulo 1: Introducción.....	11
Capítulo 2: Antecedentes del proyecto	12
2.1 Descripción del problema.....	12
2.2 Propuesta solución	14
2.3 Alcances y delimitaciones del proyecto	15
2.4 Objetivos del Trabajo	16
2.4.1 Objetivo General	16
2.4.2 Objetivos Específicos	16
2.5 Marco Teórico	17
2.5.1 Lean Manufacturing.....	17
2.5.2 Metodología 5S	17
2.5.3 Kanban.....	17
2.5.4 Bizagi Modeler.....	17
2.5.5 Modelos de Previsión de Demanda	18
2.5.6 Sistema de Producción Toyota (TPS).....	18
2.5.7 Ciclo de Deming (PDCA).....	18
2.5.8 Estandarización de Procesos Críticos (SOPs).....	19
2.5.9 Control Estadístico de Procesos (CEP)	19
2.5.10 Balanced Scorecard (BSC).....	19
2.5.11 Análisis Económico Costo Beneficio.....	19
Capítulo 3: Análisis de la situación actual.....	20
3.1 Descripción de la empresa.....	20
3.2 Procesos actuales de la empresa	21
3.2.1 Métricas del proceso actual	24
3.2.2 Cantidad de Tareas	26
3.2.3 Ingresos anuales	28
3.2.4 Costos Anuales	29
3.2.5 Rotación de Personal	31
3.2.6 Clientes	32

3.3 Descripción de problemas.....	32
3.3.1 Problema 1: Retrasos en la entrega de proyectos	32
3.3.2 Problema 2: Uso indebido de adelantos	34
3.3.3 Problema 3: Ineficiencia en el uso de recursos.....	36
3.4 Clasificación de riesgos o criticidad.....	38
3.4.1 Criticidad Problema 1: Retrasos en la entrega de proyectos (RP)	40
3.4.2 Criticidad Problema 2: Uso indebido de adelantos financieros (UIF)	42
3.4.3 Criticidad Problema 3: Ineficiencia en el uso de recursos (IR)	43
3.5 Resumen de criticidad.....	44
Capítulo 4: Propuesta de mejoramiento.....	45
4.1 Estructura General de la Propuesta de Mejoramiento	45
4.2 Fase Planificar (Plan).....	46
4.3 Fase Hacer (Do)	48
4.3.1 Modelo de previsión de demanda mediante método suavización exponencial	48
4.3.2 Rediseño del Layout con enfoque celular	53
4.3.3 Mapeo de valor y análisis de desperdicios.....	56
4.3.4 Implementación de Sistema Pull con Kanban digital.....	56
4.3.5 Aplicación de 5S y gestión visual.....	59
4.3.6 Estandarización de procesos críticos (SOPs)	60
4.3.7 Implementación de tecnologías habilitadoras	65
4.3.8 Estructuración de proyectos de mejora con enfoque en I+D+i	68
4.3.9 Análisis de criticidad y priorización de problemas	70
4.4 Fase verificar (Check)	75
4.4.1 Control Estadístico de Procesos (CEP)	76
4.4.2 Análisis de Capacidad de Procesos	77
4.4.3 Sistema de KPIs Integrados	79
4.4.4 Auditorias de proceso y producto	79
4.5 Fase Actuar (Act).....	82
4.5.1 Estandarización de Mejoras	82
4.5.2 Gestión del Conocimiento.....	83
4.5.3 Programa de Certificación Estratégica.....	84
4.6 Conclusiones del Capítulo	86
Capítulo 5: Análisis de Costo Beneficio del proyecto.....	87
5.1 COSTOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA	87
5.1.1 Tecnologías Habilitadoras	87

5.1.2 Programa de Capacitación y Desarrollo Organizacional	90
5.1.3 Asesoría en Gestión de Proyectos (PMP)	91
5.1.4 Certificaciones Estratégicas	92
5.1.5 Resumen de Costos Totales de Implementación.....	93
5.2 BENEFICIOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....	94
5.2.1 Beneficios Operacionales Directos por Problema Raíz.....	94
5.2.2 Consolidación de Beneficios Cuantitativos Anuales.....	100
5.3 COMPARACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS	101
5.4 BENEFICIOS CUALITATIVOS.....	102
5.4.1 Mejora en Productividad Operacional	102
5.4.2 Mejora Integral en Calidad.....	103
5.4.3 Optimización de Comunicación Organizacional.....	103
5.4.4 Reducción de Dependencia de Personal Clave	104
5.4.5 Mejora del Clima Laboral y Satisfacción	104
5.4.6 Fortalecimiento de Competitividad Estratégica	105
5.4.7 Sostenibilidad y Mejora Continua	105
5.4.8 Atractivo para Talento Especializado.....	106
Capítulo 6: Conclusiones.....	107
Bibliografía	109

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Funcionamiento Campbox.....	22
Ilustración 2: Sub proceso Taller Campbox	23
Ilustración 3: Estacionalidad de ventas Campbox	29
Ilustración 4: Diagrama de Ishikawa Problema N°1.....	34
Ilustración 5: Diagrama de Ishikawa Problema N°2.....	36
Ilustración 6: Diagrama de Ishikawa Problema N°3.....	38
Ilustración 7: Matriz de riesgo a utilizar.....	40
Ilustración 8: Sistema holístico de mejora continua	45
Ilustración 9: Estimación de la demanda 2025	50

Ilustración 10: Layout con enfoque celular	54
Ilustración 11: Funcionamiento tipo de célula cliente interno.....	55
Ilustración 12: Sistema de Kanban digital Campbox	57
Ilustración 13: Diagrama de flujo de Campbox	63
Ilustración 14: Diagrama de flujo de sub proceso taller	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1:Métricas de Campbox.....	25
Tabla 2: Cuadro de tareas globales Campbox	26
Tabla 3: Cuadro cuellos de botella	27
Tabla 4: Cuadro de inoperancias en Campbox	27
Tabla 5: Ventas Campbox	28
Tabla 6: Cuadro de costos globales Campbox	30
Tabla 7:Cuadro de costos por línea de productos Campbox.....	30
Tabla 8: Cuadro de costos por componentes	31
Tabla 9: Cuadro de rotación de personal Campbox	31
Tabla 10: Segmentación de la cartera de clientes Campbox.....	32
Tabla 11: Retraso Sistemático en los proyectos.....	33
Tabla 12: Uso indebido de adelantos para financiar proyectos	35
Tabla 13: Ineficiencia en el uso de recursos productivos	37
Tabla 14: Frecuencias de criticidad	39
Tabla 15: Consecuencias de criticidad	39
Tabla 16: Niveles de riesgo	40
Tabla 17: Análisis de frecuencia RP	40
Tabla 18: Análisis de consecuencias RP	41
Tabla 19: Matriz de riesgo RP	41
Tabla 20: Análisis de frecuencias UIF	42
Tabla 21: Análisis de consecuencias UIF	42
Tabla 22: Matriz de riesgo UIF	42
Tabla 23: Análisis de frecuencias IR	43
Tabla 24: Análisis de consecuencias IR	43

Tabla 25: Matriz de riesgo IR.....	43
Tabla 26: Cuadro resumen de matrices de riesgo.....	44
Tabla 27: Modelos de previsión de la demanda 2025	49
Tabla 28: Estructura del negocio, calculo Ticket	51
Tabla 29: Cálculo de carrocerías por segmento	51
Tabla 30: Cálculo de costo unitario	51
Tabla 31: Cálculo costo total anual.....	52
Tabla 32: Proyección semestral de carros.....	52
Tabla 33: Proyección de costos por semestre.....	52
Tabla 34: Top 20 proveedores.....	53
Tabla 35: Análisis de desperdicios en Campbox según metodología Lean.....	56
Tabla 36: Plan de implementación 5S con objetivos medibles.....	59
Tabla 37: Cartilla POE	62
Tabla 38: Ubicación Tablets y función	67
Tabla 39: Nuevo análisis de frecuencias UIF	71
Tabla 40: Nuevo análisis de consecuencias UIF	71
Tabla 41: Nueva matriz de riesgo UIF	72
Tabla 42: Nuevo análisis de frecuencias IR.....	72
Tabla 43: Nuevo análisis de consecuencias IR	72
Tabla 44: Nueva matriz de riesgo IR	73
Tabla 45: Nuevo análisis de frecuencias RP	73
Tabla 46: Nuevo análisis de consecuencias RP	74
Tabla 47: Nueva matriz de riesgo RP	74
Tabla 48: Comparativa de matrices de riesgo	75
Tabla 49: Frecuencia de reevaluación y responsables de criticidad.....	75
Tabla 50: Implementación de cartas de control por proceso	76
Tabla 51: Objetivos de capacidad de proceso por variable crítica.....	77
Tabla 52: Objetivos de reducción de DPMO por área	78
Tabla 53: KPIs estratégicos para seguimiento del modelo de gestión	79
Tabla 54: Check List de ejemplo	80
Tabla 55: Check List de ejemplo	80
Tabla 56: Frecuencia y responsables	81
Tabla 57: Clasificación de no conformidades por criticidad	81

Tabla 58: Indica como se conecta con KPIs.....	82
Tabla 59: Ejemplo práctico de captura de conocimiento	83
Tabla 60: Flujo de Validación	84
Tabla 61: Certificaciones prioritarias.....	84
Tabla 62: Matriz de madurez	85
Tabla 63: Beneficio operacional Escáner	88
Tabla 64: Referencia de cotizaciones:.....	89
Tabla 65: Costos sistema de RA	89
Tabla 66:Costos Odoos y funciones.....	90
Tabla 67: Estructura del Programa Lean y TPS	91
Tabla 68: Estructura de Costos de Consultoría PMP	92
Tabla 69: Costos certificaciones.....	93
Tabla 70: Costos totales de implementación	93
Tabla 71:Segmentación de Proyectos por Modalidad Contractual	94
Tabla 72: Beneficios por reducción de retrasos.....	96
Tabla 73:Cálculo de Beneficios por Uso Indebido Adelantos Financieros.....	97
Tabla 74: Cálculo de Beneficios por Optimización de Recursos	100
Tabla 75: Total beneficios cuantitativos.....	100
Tabla 76: Beneficios netos del proyecto de mejora	101

Resumen

El proyecto de título ***“Diseño de un modelo de gestión de procesos en el área de producción de la empresa Sociedad Comercial Campbox SpA”***, tiene como objetivo optimizar la operación productiva de una pyme chilena dedicada a la fabricación de carros de arrastre personalizados. A través de un diagnóstico inicial se identificaron tres problemas críticos: retrasos sistemáticos en la entrega de proyectos, uso indebido de adelantos financieros para solventar proyectos atrasados e ineficiencia en el aprovechamiento de recursos. Estas carencias impactan negativamente la rentabilidad, la satisfacción de clientes y la competitividad de Campbox

Para resolverlos, se propone un modelo integral basado en el ciclo de Deming (PDCA) y sustentado con herramientas de Lean Manufacturing (5S, Kanban, Value Stream Mapping), Sistema de Producción Toyota y metodologías de estandarización (SOPs, BPMN en Bizagi). En la fase de planificación (PLAN) se estructura el desarrollo del ciclo; en la fase de hacer (DO) se incorpora un sistema de previsión de demanda mediante suavización exponencial y el rediseño celular del Layout, se implementa Kanban digital con ERP Odo, 5S y tecnologías Industria 4.0 (realidad aumentada, escáner 3D); en la verificación (CHECK), se instalan KPIs y controles estadísticos de procesos. Finalmente, en la actuar (ACT), se estandarizan las mejoras y se estructura un programa de gestión del conocimiento y certificaciones estratégicas.

El análisis de costo-beneficio demuestra un índice muy superior a ‘uno’ con beneficios cualitativos, que aportan valor no solo a la empresa y, además, son un aporte a una nueva visión de manufactura enfocada en el futuro. Con este modelo, Campbox no solo corrige sus déficits operacionales, sino que establece las bases para una cultura de mejora continua y crecimiento sostenible.

Abstract

The bachelor's thesis project "***Design of a Process Management Model in the Production Area of Sociedad Commercial Campbox SpA***" aims to optimize the productive operations of a Chilean SME dedicated to the manufacture of customized trailer units. Through an initial diagnosis, three critical issues were identified: systematic delays in project delivery, misuse of financial advances to cover overdue projects, and inefficiency in resource utilization. These shortcomings negatively affect Campbox's profitability, customer satisfaction, and competitiveness.

To address them, an integrated model is proposed based on the Deming cycle (PDCA) and supported by Lean Manufacturing tools (5S, Kanban, Value Stream Mapping), the Toyota Production System, and standardization methodologies (SOPs, BPMN in Bizagi). In the planning phase, the cycle's development is structured; in the doing phase, a demand-forecasting system using exponential smoothing and a cellular layout redesign are introduced, and digital Kanban with the Odoo ERP, 5S, and Industry 4.0 technologies (augmented reality, 3D scanning) are implemented; in the checking phase, KPIs and statistical process controls are installed. Finally, in the acting phase, improvements are standardized and a knowledge-management program and strategic certifications are structured.

The cost-benefit analysis demonstrates a ratio well above one, with qualitative benefits that add value not only to the company but also contribute to a forward-looking vision of manufacturing. With this model, Campbox not only corrects its operational deficits but also lays the foundations for a culture of continuous improvement and sustainable growth.

Capítulo 1: Introducción

La industria manufacturera enfrenta desafíos claves sobre todo en el medio ambiente pyme en donde la aplicación de ingeniería en la optimización de procesos no se da muy seguido sobre todo cuando la empresa se encuentra en ese instante que deja de ser un taller y comienza a desarrollarse como industria. La Sociedad Comercial Campbox Spa. es fabricante de carros de arrastre personalizados en Chile, con tres líneas de desarrollo comercial: carros XTrail, proyectos industriales y habilitaciones. Actualmente enfrenta problemas operacionales que afectan la eficiencia, rentabilidad y el cumplimiento de plazos.

La empresa ha desarrollado un prestigio en el mercado nacional, sobre todo con sus carros de actividades recreativas outdoors “Campbox XTrail”, en sus diferentes versiones, que van desde los seis millones a los veinte millones, impuestos incluidos. Actualmente su gestión comercial ha sido el “boca a boca”, captando incluso clientes la industria minera y otros rubros.

La presente tesis aborda la problemática desde una metodología cualitativa y con una visión enfocada en la mejora continua, con herramientas de ingeniería aplicada en la industria manufacturera y automotriz como TPS, PDCA, KAIZEN, BPMN, procurando adaptar al desarrollo propio de la empresa y dar un enfoque moderno con nuevas herramientas tecnológicas, como sistemas integrados de proyecto, realidad virtual, utilizar sistemas de trabajo como BIM (Building Information Modeling), que resultan claves para la mejora de los procesos constructivos de los carros.

La importancia en la estandarización de procesos, implementación de nuevas herramientas de planificación y control, optimización de recursos y gestión integral de proyectos, permitirá una mejora y se proyectará a un crecimiento sostenible en el tiempo.

Capítulo 2: Antecedentes del proyecto

2.1 Descripción del problema

La empresa analizada Campbox Spa. presenta actualmente una serie de problemas operacionales que comprometen su desarrollo productivo y financiero. En las visitas a terreno se levantó información de sus procesos, en donde no existe un sistema para gestionar tareas críticas por proyecto, generando cuellos de botella y ciclos que retrasan el proceso, particularmente en el taller, donde se entrevistó al personal y se analizó la documentación disponible, reconociendo los siguientes problemas principales:

La situación más complicada que tiene hoy Campbox son los constantes retrasos. Actualmente de ocho proyectos que se están ejecutando, cuatro están atrasados y dos corresponden a entregas del año 2024. Afortunadamente ninguno de estos tiene multas por retraso contractual, pero esto crea una mala imagen hacia la visión de los clientes y un ambiente negativo dentro del taller por la falsa sensación de sobrecarga laboral, producto del desorden del proceso y las urgencias en las entregas. En promedio, de 90 días comprometidos para la entrega vs. los 132 días reales, los carros se están entregando con un 47% de retraso. Con un costo anual de pérdidas de \$72.300.992.-

En el ámbito administrativo-financiero, se reconoció una práctica recurrente que consiste en utilizar los adelantos de proyectos nuevos para financiar el avance o termino de proyectos atrasados. Este ciclo de financiamiento cruzado entre proyectos genera desbalances de flujo de caja por proyecto, dificultando el seguimiento de costos reales por proyecto y compromete la disponibilidad de recursos para realizar nuevos trabajos en condiciones mínimas.

El taller opera sin planificación diaria o semanal, los procesos no tienen estandarización o documentación, no existen indicadores de rendimiento que permitan monitorear y evaluar la productividad en cualquier periodo de tiempo. La estructura del personal es limitada (cinco maestros de taller, un jefe de taller, un diseñador industrial, una asistente administrativa y el dueño). Los trabajadores asumen múltiples funciones perdiendo capacidad productiva. Por ejemplo, la fabricación del chasis consume 42 horas/hombre por unidad vs. 28 horas estándar del sector. (BOM_CAMPBOX, 2024)

En el proceso inicial de venta, los presupuestos los realiza manualmente el dueño, sin una metodología estandarizada, lo que crea una variabilidad en la estimación de costos y plazos según lo solicitado por el cliente. Los clientes entregan un adelanto alrededor del 50% y 60% del valor total, lo que debería ser destinado a la compra de materiales e insumos para cada proyecto específico, no obstante, entran en este ciclo de financiamiento cruzado de proyectos según la urgencia. Como consecuencia, suman costos adicionales por compras de urgencia hasta un 40% más caras. (BOM_CAMPBOX, 2024) Con pérdidas anuales de \$65.520.000.-

Otro punto analizado es la ineficiencia en el uso de recursos, donde se detectó disparidad entre los costos operativos reales y los valores proyectados en diferentes tipologías de carros, como paneles XPS (constituyen el módulo del carro) o excesiva compra de cables eléctricos. Esta brecha genera desperdicio, impulsado principalmente por la gestión inexistente de un inventario con materiales claves, lo que repercute en las etapas críticas de fabricación. Con pérdidas anuales de \$121.191.232.-

Adicionalmente se detectaron otros problemas, como que el diseño de carros no se encuentra optimizado, el modelo 3D no se encuentra definido y desglosado con todos sus elementos. A todo esto, se suma que el diseñador, el cual su ejercicio como profesional es clave en el desarrollo del diseño de los carros, es el único operario de la cortadora CNC y utiliza 30% de su tiempo en esa tarea, retrasando la entrega de planos. Su ausencia no posee reemplazo, creando problemas mayores en caso de no estar presente.

Campbox enfrenta una “tormenta perfecta” operativo-financiera, con retrasos crónicos por dependencia de proveedores y procesos no estandarizados, ciclos de financiamiento insostenibles que merman su liquidez y una estructura de costos 30% más alta que sus competidores. “Sin intervención, el modelo actual llevará a la empresa a una crisis de flujo de caja en 6-8 meses”. (Mi directorio PYME, 2024) Con pérdidas de \$259.012.224 CLP anuales.

Esta revisión de problemas, previamente analizados, requiere con urgencia implementar un modelo de gestión operacional integral que aborde y proponga soluciones

de manera simultánea con la planificación, el control financiero y la eficiencia operativa a largo plazo, de manera realista y escalable en el tiempo.

2.2 Propuesta solución

Ante las problemáticas identificadas anteriormente, se propone implementar un modelo integral de gestión operacional específicamente para abordar los puntos críticos detectados:

- **Sistema de Planificación y Control de la Producción (SPCP):** Basado en principios del Sistema de Producción Toyota, este componente permitirá reducir los retrasos en las entregas con planificación semanal y diaria (programación pull), establecer indicadores clave (KPIs) en cada etapa de producción, implementar herramientas digitales de visualización que identifiquen discrepancias, desarrollar un sistema basado en plazos y criticidad de proyectos. Esto impactará positivamente en posibles costos de penalizaciones por retrasos de algunos proyectos.
- **Estandarización y Documentación de Procesos Críticos (EDPC):** Este componente permite la estandarización por líneas de producción, documentación detallada de procesos críticos (diseño, corte CNC, fabricación de chasis, ensamblaje, instalaciones, acabados, control de calidad y entrega), implementar POKA-YOKE sistema a prueba de errores en procesos críticos que permite prevenir la ocurrencia de errores humanos en un proceso o detectarlo inmediatamente después de que ocurre, pudiendo así tomar acciones correctivas antes de que el defecto avance. En la estandarización, disminuir las variantes constructivas de doce tipos de carro a tres, en la línea XTrail. Esto permitirá una reducción de tiempos de fabricación de chasis.
- **Sistema de Gestión de Materiales e Inventarios (SGMI):** Mediante KANBAN se podrá tener control visual de inventario, desarrollar un BOM (Bill of Materials) con alternativas de proveedores para cada partida y estandarizada, también optimizar el Layout base del taller con áreas designadas para materiales con un sistema de gestión de materiales, procurando así realizar compras, previendo la demanda

anual en función de los tipos de carro vendidos en años anteriores y optimizar la adquisición de materiales, para así no tener sobre stock o escasez, como hoy sucede, por ejemplo, con los paneles XPS, que no saben cuándo comprar y se adquieren cuando surge la urgencia, con el fin de mejorar la rotación del inventario.

- **Programa de Capacitación y Gestión del Cambio (PCGC):** Este programa promueve la formación técnica del personal en métodos Lean y TPS, favorece la polivalencia del personal y reduce dependencias del personal clave. Implementar Six Sigma para una mejor organización en los espacios de trabajo y procesos, estableciendo reuniones diarias de 15 minutos (stand-up meeting) y semanales de planificación de 60 minutos, promueve la gestión del cambio y se logrará un impacto cuantificable en la capacidad productiva. Se utilizará la metodología PDCA (Plan-Do-Check-Act) para cada fase, garantizando un enfoque cíclico de mejora continua.

2.3 Alcances y delimitaciones del proyecto

El proyecto se centrará exclusivamente en el área de producción de Campbox y no abordará otras áreas funcionales de la empresa, como finanzas, ventas o marketing. La implementación de realidad aumentada se limitará a incluirla dentro de los procesos, no a la automatización de los mismos. Se analizarán los procesos de fabricación, control de inventarios y estimación de costos para un producto específico de campers: el tipo XTrail. La implementación del modelo se limitará a la fase de diseño y evaluación de viabilidad, no considerando su ejecución completa en esta etapa del proyecto.

Alcances específicos

- Evaluación de procesos productivos y sugerencias para optimización de recursos. Diseño y documentación completa de los 8 procesos críticos mencionados en la propuesta.
- Diseño de un sistema de control de inventarios y de costos específico para el área de producción. Implementación de sistema Kanban y optimización de procesos para una línea de producción.
- Creación de un modelo de procesos documentado que permita estandarizar operaciones y reducir la dependencia en conocimientos individuales.

Delimitaciones

- La implementación en la empresa del modelo de gestión diseñado quedará fuera del alcance del proyecto.
- No se abordarán aspectos relacionados con la comercialización o atención al cliente o desarrollo de sistemas contables o financieros que reestructuren la deuda o capitalización.
- Los costos de implementación se evaluarán solo en términos de viabilidad económica y no se incluirá una estimación exhaustiva de inversión ni del retorno a largo plazo.

2.4 Objetivos del Trabajo

2.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un modelo de gestión de procesos para el área de producción que permita optimizar las operaciones productivas, reducir los retrasos en entrega de proyectos, estandarizar procesos críticos y evaluar económicamente su factibilidad.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento de la información actual de los procesos para poder encontrar los problemas que posee la empresa y sus causas raíces, mediante análisis de Ishikawa y matriz de criticidad para evaluar la magnitud de esos problemas operacionales.
- Realizar un diseño de la planificación y control que permita aplicar herramientas como TPS y PDCA optimizar cada tarea o proceso, buscando la estandarización de esos procesos críticos levantados mediante BPMN con nuevos procesos en Bizagi para luego realizar métricas operacionales KPIs.
- Realizar un análisis económico de costo-beneficio para determinar la rentabilidad de la implementación del modelo de gestión propuesto a futuro.

2.5 Marco Teórico

Para este proyecto se proponen diseños y mejoras a los procesos operacionales en el funcionamiento global de la empresa y el taller, para esto se utilizan las siguientes herramientas para levantar información y análisis.

2.5.1 Lean Manufacturing

Se enfoca en la gestión enfocada para reducir ocho tipos de "desperdicios" (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento, defectos y talento humano subutilizado) en procesos de manufactura. (Tecnológico Nacional de México, 2022). Específicamente el Value Stream Mapping (VSM) nos permite mapear el flujo de valor de los carros, desde la materia prima hasta el cliente identificando actividades que agregan valor y las que generan desperdicios.

2.5.2 Metodología 5S

Se centra en la organización del espacio de trabajo y se aplica con cinco principios por sus palabras en japones que comienzan con S: Seiri (clasificación), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarización) y Shitsuke (mantener la disciplina). (Aldavert, 2018). Con este método se busca realizar un Layout más óptimo y claro, con sus espacios delimitados.

2.5.3 Kanban

Es un sistema visual de gestión del flujo de trabajo mediante tarjetas que indican por ejemplo "Por hacer", "En proceso" o "Hecho". Este sistema hoy puede ser físico o digital. (Barry, 2011). Kanban fomenta la cultura de la mejora incremental en los trabajadores mediante su participación activa lo que permite, además, que se generen nuevos compromisos que van más allá de lo monetario.

2.5.4 Bizagi Modeler

Bizagi permite modelar y documentar los procesos en detalle, agregando valor en diversas variables, como recursos humanos, responsables, tiempos y costos. Así, de manera gráfica, se visualiza y se modela un proceso nuevo con todas sus variables

activas, usando el lenguaje estándar de BPMN (Business Process Model and Notation) (Bizagi, 2009). Actualmente Bizagi tiene una versión online “Bizagi Estudio”, que integra todos los procesos del área de manufactura como ERP.

2.5.5 Modelos de Previsión de Demanda

El modelo de previsión de la demanda permite hacer una estimación de los carros que pueden ser solicitados al futuro año, levantando información de ventas pasadas, periodos de compra que determinan si existe estacionalidad y así, de manera precisa, optimizar la compra de materiales, permitiendo reducir los costos de inventario. Se puede aplicar como modelo predictivo con el método de promedio móvil o la suavización exponencial, dando valor al historial de compras de años anteriores.

2.5.6 Sistema de Producción Toyota (TPS)

Este sistema constituye un pilar fundamental para que Campbox se sostenga en el tiempo con una base sólida. TPS es reconocido mundialmente por el enfoque revolucionario para la gestión de operaciones manufactureras. Su filosofía se basa en eliminar desperdicios de procesos productivos, procurando hacer el trabajo más fácil a los trabajadores con una entrega de productos de calidad a bajo costo y en tiempos reducidos. El TPS posee dos pilares fundamentales: Jidoka, que su traducción es “automatización con un toque humano”, apuntando a identificar problemas, y Just-in-Time que se enfoca en producir solo lo necesario, cuando es necesario, sincronizando procesos productivos en un flujo continuo. (Ohno, 1988)

2.5.7 Ciclo de Deming (PDCA)

El Ciclo de Deming o ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), es una metodología iterativa de mejora continua, que permite a las empresas optimizar procesos, reducir errores, mejorar la toma de decisiones y lograr objetivos de manera más eficiente y de manera ágil. En este proyecto de mejora de procesos para Campbox, el ciclo de Deming ofrece un marco para implementar, evaluar y refinar cambios en la producción, asegurando que las mejoras sean sostenibles a largo plazo. (Laurett, 2019)

2.5.8 Estandarización de Procesos Críticos (SOPs)

Las SOPs (Standard Operating Procedures) (González, 2024) son documentos detallados que definen pasos claros y repetibles para ejecutar procesos clave, reduciendo variabilidad y dependencia de personas, dándole énfasis a la estandarización de procesos clave como por ejemplo chasis, ensamble, terminaciones y evitar variantes y cambios futuros.

2.5.9 Control Estadístico de Procesos (CEP)

El CEP utiliza herramientas estadísticas (gráficos de control, análisis de variabilidad) para monitorear y mantener la estabilidad en los procesos, asegurando calidad y reduciendo defectos, identificando causas raíces de los defectos, por ejemplo, en soldaduras. Mide capacidad de procesos para optimizar recursos y sustenta el enfoque de calidad de TPS.

2.5.10 Balanced Scorecard (BSC)

El BSC es un sistema de gestión estratégica que traduce la visión de la empresa en indicadores clave (KPIs) en cuatro perspectivas: financiera, cliente, procesos internos y aprendizaje, lo que aportará en la solución para evitar la desalineación entre operaciones y estrategia. (Kaplan, 1992)

2.5.11 Análisis Económico Costo Beneficio

Se realizará análisis costo beneficio por desarrollarse el proyecto dentro de un plazo estimado de seis meses a un año. Esta evaluación permitirá calcular las rentabilidades del proyecto y los beneficios cuantitativos y cualitativos al solucionar la raíz de los problemas.

Capítulo 3: Análisis de la situación actual

3.1 Descripción de la empresa

Campbox Spa. es una empresa chilena especializada en el diseño, fabricación y comercialización de carros de arrastre personalizados, la que no considera la producción en serie de carros estándar. La empresa posee una planilla de personal de 10 trabajadores, incluyendo el dueño de la empresa, quien toma las decisiones directivas, comerciales y operativas. Una asistente administrativa, de profesión ingeniería industrial, que “intenta” estandarizar procesos, un diseñador industrial a cargo de operar la cortadora CNC y elaborar planos y modelos en 3D para ser enviados a taller, un jefe de taller, quien además de su función, se ocupa de la ejecución de la instalación eléctrica de los carros, y cinco maestros, entre ellos dos soldadores, dos carpinteros y un ayudante. Su infraestructura productiva se realiza en un galpón de aproximadamente 1000 m², donde se encuentran áreas administrativas de venta de productos, pañol, área de corte CNC, fabricación de chasis, área de pintura y zona de almacenamiento de paneles al exterior, y un comedor compartido con otras empresas.

Sus líneas de producción se distribuyen en principalmente en tres:

- Carros XTrail: Línea de producción semi estandarizada de carros recreacionales para actividades outdoors, con valores entre \$6.820.000 y \$20.640.000 (IVA incluido).
- Proyectos Industriales: Son soluciones personalizadas para empresas como el sector minero e industrias, con especificaciones técnicas exigentes muy específicas, por ejemplo, montar bombas o generadores eléctricos en carros e incluso un retén móvil con valores promedio desde \$16.500.000.
- Habilitaciones: Corresponde a adaptaciones personalizadas a diferentes vehículos con cierto grado de complejidad como la habilitación de camiones en casas rodantes, con valores superiores a \$20.000.000 dependiendo del alcance.

La cadena de suministros se analizó de un archivo BOM (Bill of Materials) (BOM_CAMPBOX, 2024) que revela más de cincuenta proveedores nacionales e

internacionales, con componentes de china con entregas entre 30 y 90 días y componentes de fabricación propia. Sus principales insumos son perfiles de acero y aluminio, paneles compuestos XPS, terciado estructural, componentes eléctricos, sistemas de agua y gas, paneles solares, ventanas termo panel, ejes ruedas, sistemas de freno y Poliurea en caliente de dos componentes.

La situación financiera y operativa de Campbox pasa por una crisis que impacta en su rendimiento en la relación costo/venta del 82%, donde el umbral crítico se encuentra en el 70%. Posee un margen operacional positivo en la línea XTrail alrededor del 18%, un 50% de proyectos retrasados y un uso de la capacidad productiva del 58%, muy por debajo del sector. (Mi directorio PYME, 2024)

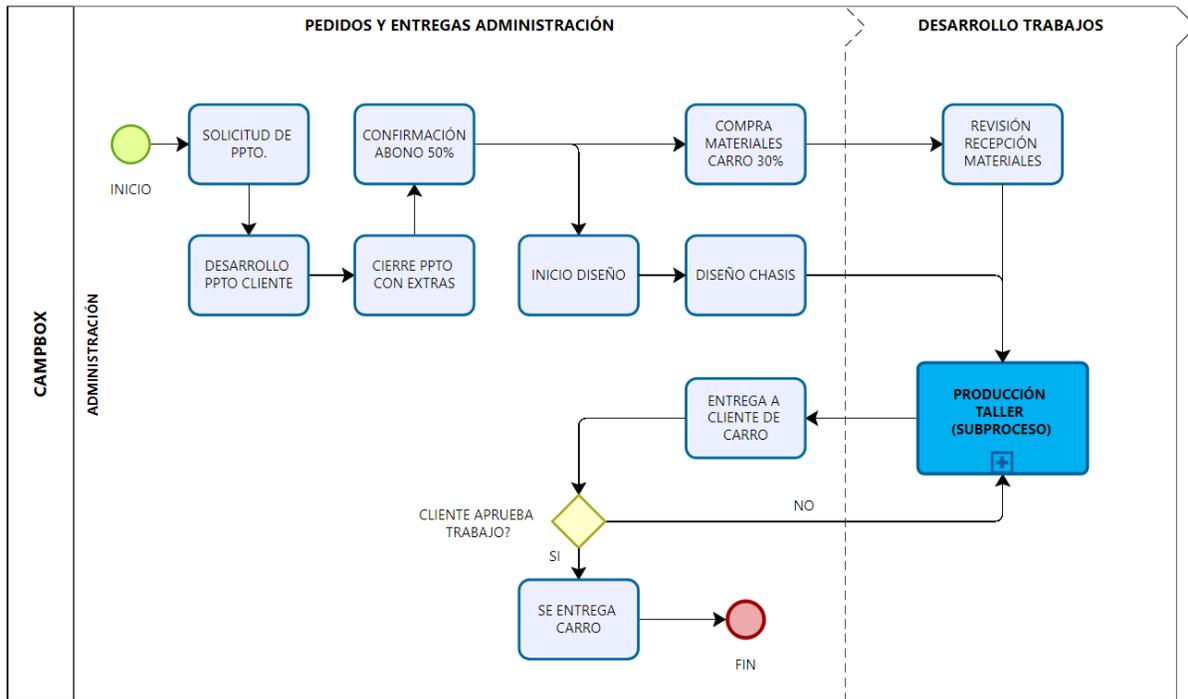
La posición en el mercado ha presentado una reducción en su participación del segmento recreativo que paso del 34% (2022) al 27% (2024), en donde las razones de esa baja se deben a sus incumplimientos de plazos en la entrega, entrada de nuevos competidores con precios 15-20% más bajos y la imposibilidad de mejorar las ineficiencias operativas (Mi directorio PYME, 2024). A pesar de estos contras, la empresa mantiene buena calificación en la calidad de su producto y continúa siendo reconocida por la robustez de sus soluciones y calidad del producto. Actualmente no posee gestión comercial y sus clientes llegan del “boca a boca”, lo que incluye empresas para proyectos específicos.

3.2 Procesos actuales de la empresa

Mediante levantamiento de la información en la empresa, se consultó al dueño, a la asistente de profesión Ingeniero Industrial y al jefe de taller, los antecedentes para poder traspasar los flujos de los procesos actuales que posee la empresa, para luego ser desarrollados con Bizagi.

De esa información podemos ver que existen procesos como pedidos y entrega, desarrollo de trabajos con diferentes actores involucrados en el proceso, donde se encuentra el taller que actualmente les apremia encontrar un sistema de trabajo para sus tres líneas de negocio, en donde aumentar la capacidad productiva sin perder calidad.

Ilustración 1: Funcionamiento Campbox

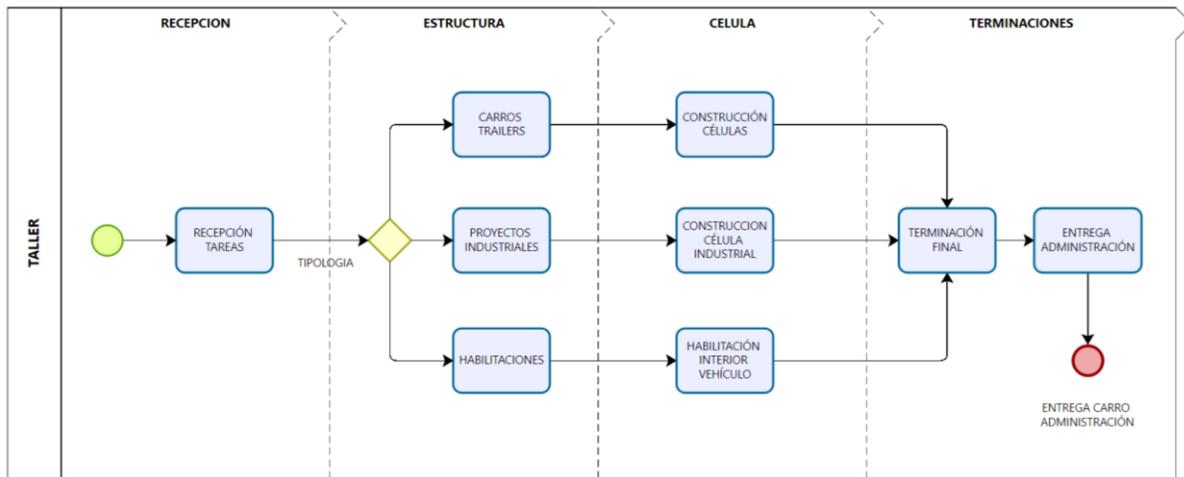


Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025).

En la ilustración 1 se puede observar cómo claramente como la administración no tiene desarrollado un proceso basado en la estandarización y que además evidencia la dependencia de personal clave como el diseñador que sin que saque imágenes impresas de la célula no “entienden” los maestros, los chasis son construidos de memoria y la falta de enfoque en los procesos genera descontrol en los tiempos y la mayoría de los procesos se arman en función de la “urgencia” por lo mismo se da la situación que el dueño está constantemente encima de todos los trabajos.

Otro punto delicado dentro del proceso que se observó en terreno es la falta de responsabilidades definidas, donde personal clave como el diseñador traspasa áreas como el taller a modo de operador CNC, no tienen tiempos definidos en tareas, por ende, los plazos quedan a libre disposición del personal y puede pasarse una semana en algo que requiere menos días, finalmente los Check List de revisión son en cualquier momento por parte del dueño de manera verbal y visual porque no existe documentación al respecto, funcionando de “memoria”.

Ilustración 2: Sub proceso Taller Campbox



Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

El trabajo del taller no posee flujos de trabajos definidos para una optimización y estandarización de los trabajos, tiene nula programación semanal o diaria, pero de manera inconsciente se van distribuyendo el trabajo en función de las urgencias. Posee tres líneas de trabajo carros tráiler, proyectos industriales y habilitaciones. Ya dentro del proceso del taller se observa que poseen cuatro proyectos atrasados por más de tres meses y que están funcionando solo con la urgencia, el jefe de taller no tiene planificación tampoco carta Gantt y los maestros funcionan en términos de como ellos creen que se demoraran, en la fase de estructura donde están los procesos de soldadura y ensamble de estructuras metálicas y que está involucrado la construcción del chasis, montaje de ejes, ruedas y pinturas no existen puntos de control o de avance, en la fase célula que corresponde al módulo que contiene toda la construcción de la “cabina” del carro se realiza según lo que vayan a construir por urgencia o disponibilidad de materiales, ya sea carros tráiler, industriales o las habilitaciones donde un camión por ejemplo es habilitado como casa rodante. Finalmente, la fase de terminaciones que corresponde a las terminaciones interiores o de requerimientos especiales de las diferentes tipologías, también son a mano, por ejemplo, pasadas de cañerías entre la estructura de madera son con taladro pudiendo estar cortada con la cortadora CNC previamente.

No existe sincronización con herramientas formales para coordinar los trabajos en paralelo. El proceso también evidencia ausencia de consideraciones para errores o fallas,

en donde no contempla tiempos de contingencia para imprevistos comunes que sin proceso de mejora no existe como reconocer donde se podrían dar. Finalmente, igual que el proceso general de la empresa existen verificaciones subjetivas en el taller ya sea por el jefe de taller o por el dueño, es decir los controles de calidad dependen de un criterio individual, además de la variabilidad de los mismos y el posible olvido de realizarlos.

3.2.1 Métricas del proceso actual

Las métricas actuales de Campbox revelan indicadores preocupantes, esta información fue filtrada y analizada por la empresa donde los antecedentes fueron levantados a principios del año 2025. Se desglosa la información en procesos generales de funcionamiento y los propios del taller, además fue complementada la información de una empresa externa que analizo datos financieros y contables todo esto más un estudio de la ingeniera Industrial filtrando por subcategorías la eficiencia y la productividad con los indicadores propuestos.

La siguiente tabla representa una buena imagen de lo que sucede actualmente con Campbox y que por desconocimiento no poseen las herramientas para generar un ordenamiento de toda la empresa y el taller específicamente para mejorar la productividad y comenzar a implementar gestión comercial que permita crecer a otra escala, en donde incluso puedan ingresar en el rubro de la minería.

El cuadro se divide en métricas generales y del taller, donde se visualiza los desafíos en eficiencia y productividad donde por ejemplo se visualiza tiempos de entrega muy superiores a los 90 días con procesos lentos y falta de optimización. Con una capacidad instalada del 58% con la CNC operando solo al 35% sin generar valor.

La tasa de defectos y el tiempo dedicado con 8% y 19% respectivamente responde a fallas en control de calidad y capacitación al respecto. Financieramente los proyectos arrojan cifras bajas e incluso negativas. La gestión de inventario prácticamente demuestra pocas ventas o mala gestión de las compras, con rotación de 1.2 veces al año, donde el estándar es 3 veces al año, poseen acumulación de stock, por ejemplo, paneles XPS y

otros que caen en la categoría de stock improductivo valorado en 28 millones aproximadamente.

El cuadro da luces de competitividad reducida, riesgo de insolvencia, además del informe externo que indica que su principal riesgo es la insolvencia económica.

Tabla 1: Métricas de Campbox

Categoría	Subcategoría	Indicador	Valor Actual
Métricas	Eficiencia Temporal	Tiempo promedio de entrega	132 días
		Lead time administrativo	15 días
		Lead time productivo	117 días
	Eficiencia de Recursos	Utilización de capacidad instalada	58%
		Utilización Cortadora CNC	35%
		Utilización equipo soldadura	60%
		Utilización htas. especializadas	42%
	Calidad	Tasa de defectos	8%
		Tiempo en reprocesos	19%
		Satisfacción cliente / plazos	2.9/5
		Satisfacción cliente producto	4.1/5
	Financieros	Margen operativo XTrail	18%
		Margen proyectos especiales	-12%
Costo mensual por retrasos		\$12.4 millones	
Proporción adelantos desviados		68%	
Métricas	Productividad	Tiempo productivo vs improductivo	62% / 38%
		Horas-hombre por unidad XTrail	185 horas
		Fabricación de chasis	42 horas
	Materiales	Rotación de inventario	1.2 veces/año
		Valor inventario improductivo	45% (\$28.7 millones)
		Desperdicio paneles de aluminio	22%
		Desperdicio perfiles	5%
	Flujo de Producción	WIP (Unidades en proceso)	8 unidades
		Balanceo de línea	Variación 65%
		Cuello de botella: CNC	1.8x duración estándar
		Cuello de botella: Soldadura	1.5x duración estándar
		Cuello de botella: Inst. eléctricas	1.4x duración estándar

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

3.2.2 Cantidad de Tareas

Se analizó toda la información de cantidad de tareas que revela el sistema productivo de Campbox, para lo que significa el nivel de complejidad en cantidad de tareas y la manera de cómo se distribuyen. Para una mejor visualización se observa en la siguiente tabla que muestra la distribución de tareas globales por fases de trabajo y con las tres líneas de producción.

Tabla 2: Cuadro de tareas globales Campbox

Fase/Tipo de proyecto	XTrail	Pedidos empresariales	Proyectos especiales	Total tareas
Diseño	12	18	28	58
Fabricación chasis	18	22	26	66
Construcción célula	25	28	34	87
Instalaciones	22	30	38	90
Acabados	15	20	32	67
Total por tipo	92	118	158	368

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

El cuadro refleja la cantidad de tareas que poseen solo 7 personas en producción existiendo un desbalance en la carga por tipo de proyecto, la complejidad o desorden que posee hoy la empresa impide que se especialice de manera efectiva en optimizar su rendimiento costo beneficio a largo plazo.

Se analizó donde se producen los cuellos de botella que son evidenciados en el diagrama de flujo del taller y su impacto en los procesos de los antecedentes recopilados. A continuación, podemos ver en el cuadro de cuellos de botella el impacto y sus causas. (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025) (Mi directorio PYME, 2024)

Tabla 3: Cuadro cuellos de botella

Cuello de botella	Responsable actual	Impacto en tiempo	Causa principal
Diseño/Operar CNC	Diseñador (1)	+80% tpo. Std	Sobrecarga funcional
Soldadura especializada	2 maestros calificados	+50% tpo. Std	Falta procedimientos Std
Instalaciones eléctricas	Jefe taller	+40% tpo. Std	Dependencia de una persona
Terminaciones	Equipo completo	+35% tpo. Std	Falta control calidad

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Otro punto de interés por parte de los dueños es la inoperancia de horas perdidas para ello se levantó información del personal por parte de la asistente y el jefe de taller en los tiempos de procesos, se entregó los lineamientos para que midieran sus tareas y se analizó la información recopilada de Campbox. (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025) (BOM_CAMPBOX, 2024) (Mi directorio PYME, 2024)

Tabla 4: Cuadro de inoperancias en Campbox

Causa de inoperancia	Horas perdidas/mes	% del tiempo disponible	Impacto económico / mes
Espera de materiales	120	18%	\$3.2 millones
Reprocesos	83	12%	\$2.2 millones
Cambios de prioridad	65	10%	\$1.7 millones
Falta de instrucciones	48	7%	\$1.3 millones
Búsqueda de herramientas	42	6%	\$1.1 millones
Total inoperancia	358	53%	\$9.5 millones

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Los retrasos son las consecuencias de procesos que no agregan valor, existe una cadencia productiva limitada a 2.2 carros al mes con una capacidad teórica e incluso practica que tenían de 4 carros al mes años anteriores según antecedentes de Campbox. Aquí se ve reflejada la falta de planificación y estandarización de procesos y sus consecuencias económicas.

3.2.3 Ingresos anuales

Actualmente Campbox ha bajado sus ingresos con respecto a años anteriores los cuales fueron analizados por una empresa externa, entregando lineamientos para solucionar esta baja de ingresos.

Evidencian una caída del 14% en 2024 respecto del 2023 con un total estimado de 358 millones frente a los 416 millones del año anterior. La estacionalidad se mantiene similar en ambos periodos, pero con tendencia negativa. En 2024 posee una fuerte baja en abril del 67% y una recuperación en octubre de más del 450%, que resulta insuficiente para compensar pérdidas.

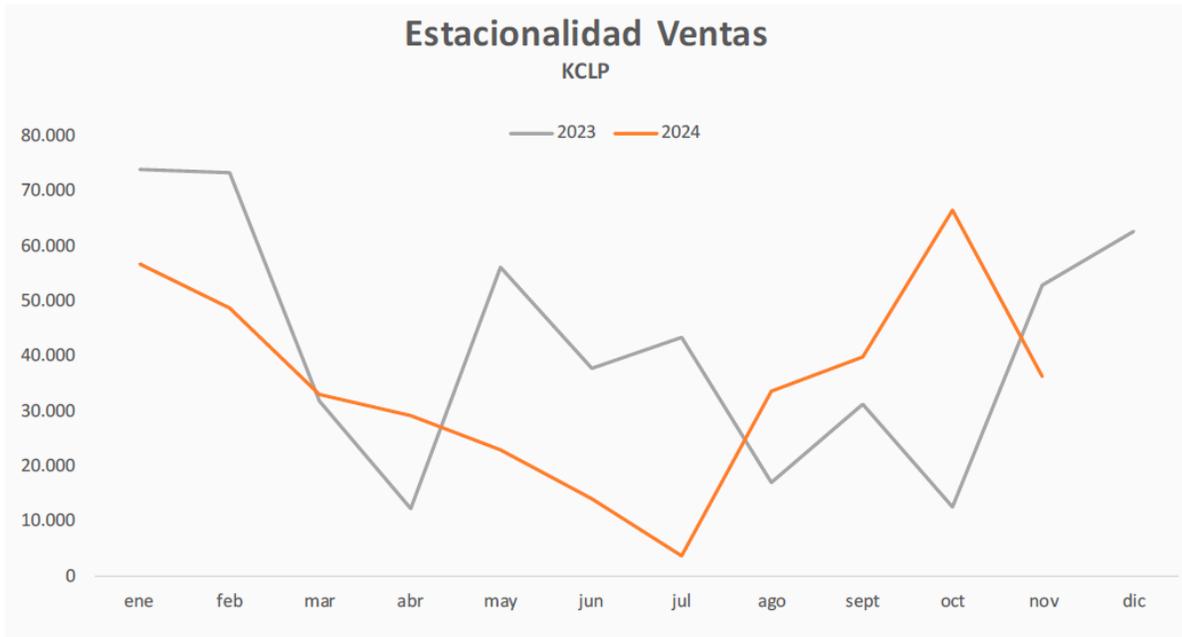
La suma de factores detrás del declive incluye las ineficiencias operativas que afectan la capacidad de respuesta ante la demanda, eso sin considerar la competencia, falta de estrategias comerciales o estimación de la demanda para determinar el inventario anual.

Tabla 5: Ventas Campbox

VENTAS CAMPBOX		
Mes	2023	2024
Enero	73	56
Febrero	71	49
Marzo	32	33
Abril	12	29
Mayo	56	23
Junio	38	15
Julio	42	3
Agosto	17	34
Septiembre	31	40
Octubre	12	66
Noviembre	53	36
Diciembre	63	-

Fuente: Mi directorio Pyme, Una mirada externa y financiera a Campbox

Ilustración 3: Estacionalidad de ventas Campbox



Fuente: Mi directorio Pyme, Una mirada externa y financiera a Campbox

3.2.4 Costos Anuales

El análisis de los costos anuales de la empresa revela una estructura financiera desbalanceada y con ineficiencias operativas como el cruce de recursos por proyecto y que impactan negativamente en la rentabilidad de los mismos. A continuación, se presenta una tabla con los principales componentes de costo anual en millones de pesos en donde observamos un elevado costo de mano de obra con relación al sector, gastos logísticos elevados y una estructura general que dificulta la economía de escala.

También refleja la importancia de los proveedores y su impacto en los proyectos con un 45.8% de materiales, la poca capacidad de negociación al no hacer grandes comprar no obtiene mejores precios e impide bajar esos costos, de igual forma no existe ningún sistema de compra implementado que permita ver alternativas de precios.

Tabla 6: Cuadro de costos globales Campbox

Categoría de costo	Monto anual	% del costo total	Benchmark del sector
Materiales directos	146.8	45.8%	50-55%
Mano de obra directa	98.4	30.7%	20-25%
Gastos generales	32.6	10.2%	8-10%
Transporte y logística	18.2	5.7%	3-5%
Servicios externos	14.9	4.6%	5-8%
Otros costos	9.6	3.0%	2-3%
Total costos anuales	320.5	100%	-

Fuente: (Mi directorio PYME, 2024)

El cuadro siguiente muestra la estructura de costos por línea de productos y se observa una rentabilidad negativa en habilitaciones, un margen a nivel global de 13% está muy por debajo del sector que se encuentra en 25-30%, lo que deja en desventaja frente al mercado y el crecimiento que pretende la directiva.

Tabla 7: Cuadro de costos por línea de productos Campbox

Línea de producto	Costos directos	Costos indirectos	Costo total	Ingreso asociado	Margen
XTrail	149.2	37.3	186.5	227.5	18%
Pedidos empresariales	76.6	19.1	95.7	109.1	12%
Habilitaciones	30.6	7.7	38.3	33.7	-12%
Total	256.4	64.1	320.5	370.3	13%

Fuente: (Mi directorio PYME, 2024)

El siguiente cuadro se tomaron los costos del carro XTrail X3 y se observa baja rentabilidad, pero con potencial de mejora con los proveedores y lograr bajar esos costos.

La tabla siguiente compara lo que actualmente gasta Campbox en las diferentes líneas y lo compara con lo que debería gastar, la brecha es la diferencia de ambos y como las brechas son positivas significa que estoy gastando más de lo planeado, esto es un claro indicador que debo bajar la brecha en materiales estructurales e indirectos, para

acercar la brecha a cero y a futuro llegar a números negativos que nos indicaría que estoy gastando menos de lo panificado.

Tabla 8: Cuadro de costos por componentes

Componente de costo	Costo actual	Costo objetivo	Brecha
Materiales estructurales	1,876,500	1,689,000	11.1%
Componentes importados	2,784,200	2,784,200	0.0%
Accesorios	1,245,800	1,121,000	10.0%
Mano de obra directa	2,215,000	1,478,000	33.3%
Gastos generales prorrateados	608,5	487	20.0%
Materiales indirectos	386	193	50.0%
Costo total por unidad	9,116,000	7,752,200	14.9%
Precio venta (neto)	9,781,512	9,781,512	-
Margen	6.8%	20.7%	+13.9%

Fuente: (BOM_CAMPBOX, 2024)

3.2.5 Rotación de Personal

La rotación del personal de Campbox lleva una tendencia decreciente acercándose a parámetros del sector y la estabilidad del personal administrativo se mantiene, no así en el taller donde la rotación es superior al promedio.

Tabla 9: Cuadro de rotación de personal Campbox

Período	Rotación global	Rotación en taller	Rotación administrativa
2022	28%	32%	0%
2023	22%	25%	0%
2024	18%	20%	0%
Promedio sector	15-20%	18-22%	10-15%

Fuente: (Mi directorio PYME, 2024)

3.2.6 Clientes

La cartera de clientes revela patrones significativos como que concentra volumen de clientes particulares, pero obtiene mayor rentabilidad con las empresas, lo negativo es rentabilidad de proyectos de habilitación que resulta ser paradójico con mayor Ticket promedio pero menor rentabilidad.

Los ingresos mineros representan 1/3 de los ingresos y actualmente no existe desarrollo en esa área como gestión comercial o lineamientos para entrar en ese mercado, sin embargo, posee un alto volumen de ingresos considerando que solo se realiza del boca a boca. Es decir, existe una oportunidad real de darse a conocer e ingresar con clientes referenciados.

Tabla 10: Segmentación de la cartera de clientes Campbox

Segmento	Cantidad	% del total	% ingresos	Ticket promedio	Rentabilidad
Particulares recreativos	58	65%	48%	\$8,750,000	18%
Empresas mineras	18	20%	32%	\$16,500,000	12%
Empresas constructoras	4	5%	8%	\$18,750,000	14%
Habilitaciones	9	10%	12%	\$22,500,000	12%
Total	89	100%	100%	\$12,600,000	14%

Fuente: (Mi directorio PYME, 2024)

3.3 Descripción de problemas

3.3.1 Problema 1: Retrasos en la entrega de proyectos

El impacto directo en el retraso de proyectos a los clientes suele venir generado por un 46.7% referente al costo operativo total, la fabricación de chasis consume 42 horas/hombre frente a las 28 horas del sector, teniendo un sobre costo de 50% en la etapa crítica, al tener interrupciones por cambios de prioridad genera una cadencia del 45% inferior a la posible.

Tabla 11: Retraso Sistemático en los proyectos

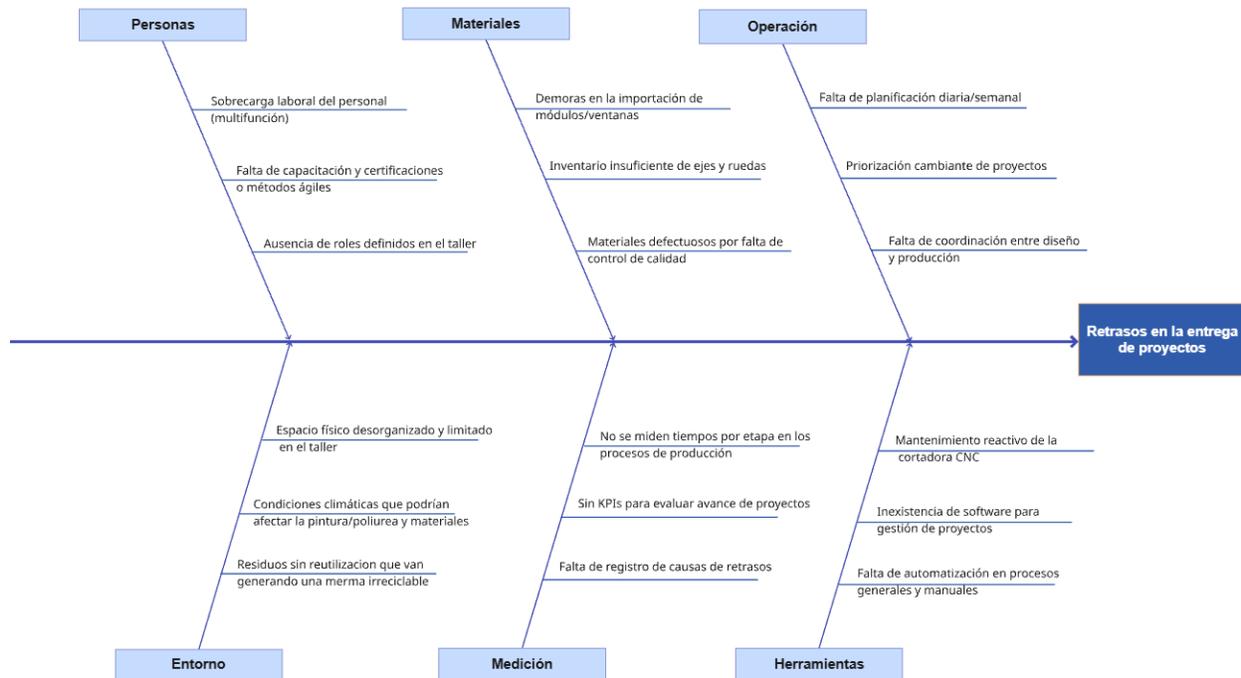
PROBLEMA CENTRAL N° 1	
RETRASO SISTEMATICO EN LOS PROYECTOS	
CAUSAS RAÍZ	IMPACTOS
Operacional: - Ausencia total de planificación semanal/diaria - Cambios frecuentes de prioridades (sin criterios técnicos) - Descoordinación entre diseño y producción	Financiero: - Penalizaciones mensuales - Pérdida de contratos (25% de clientes rechazaron renovar en 2024) - Incremento del costo operativo en 30-37%
Materiales: - Dependencia de importaciones (70% de componentes) con plazos variables (30-90 días) - Gestión reactiva de inventarios (rotación 1.2 veces/año). - Compras de emergencia 40% más costosas.	Operacional: - 4 proyectos atrasados del año anterior. - Productividad limitada a 2.2 unidades/mes. - 53% del tiempo productivo potencial perdido.
Personal: - Sobrecarga en personal (diseñador opera CNC 14hr/sem) - Multitareas que dispersan esfuerzos (maestros trabajan simultáneamente en 2-3 proyectos). - Incapacidad técnica en métodos de planificación.	Mercado: - Insatisfacción de cliente en plazos. - Pérdida de participación de mercado (34% en 2022 a 27% en 2024). - Tasa de retención reducida de 75% a 60%
Medición: - Ausencia de indicadores KPI para seguimiento. - Sin registro histórico de tiempos por etapa. - Estimaciones subjetivas sin respaldo técnico.	Estratégico: - Deterioro de imagen corporativa. - Pérdida de ventaja competitiva. - Riesgo de insolvencia proyectada.

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

La falta de planificación formal con documentos de control y al menos con un mínimo de estimaciones por la experiencia se podría evitar ese círculo vicioso en el que se encuentra la empresa. La dependencia de importaciones y el cálculo simple de cuantos paneles comprar en función de lo que llevan y lo posible genera nuevos retrasos por la

espera de materiales críticos como son las ventanas termo panel y paneles XPS, esto afecta progresivamente la capacidad productiva, genera la sensación de exceso de trabajo que sin embargo es falta de planificación en las tareas. Las decisiones reactivas y la ausencia de planificación recaen en el problema central analizado en la siguiente ilustración aplicando Ishikawa (Zapata, 2004) con los impactos concretos que esto genera.

Ilustración 4: Diagrama de Ishikawa Problema N°1



Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

3.3.2 Problema 2: Uso indebido de adelantos

El desvío del 68% de los adelantos genera un déficit estructural en el financiamiento de cada proyecto al destinar flujos de dinero cruzado entre proyectos como lo conocemos en Chile “hacer la bicicleta” impacta en la estructura de costos de cada proyecto y del negocio en general elevando la relación de costo/venta en un 82% siendo el umbral crítico del 70%.

Con esto genera compras constantemente a diario que son un 40% más costosas en donde el jefe de taller sale a compra elementos que no superan los \$50.000 y pierde un tercio del día en esa labor, esto representa un costo anual de aproximadamente 38

millones de pesos, equivalente al 12% del costo total. (BOM_CAMPBOX, 2024)
 (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025) (Mi directorio PYME, 2024)

Tabla 12: Uso indebido de adelantos para financiar proyectos

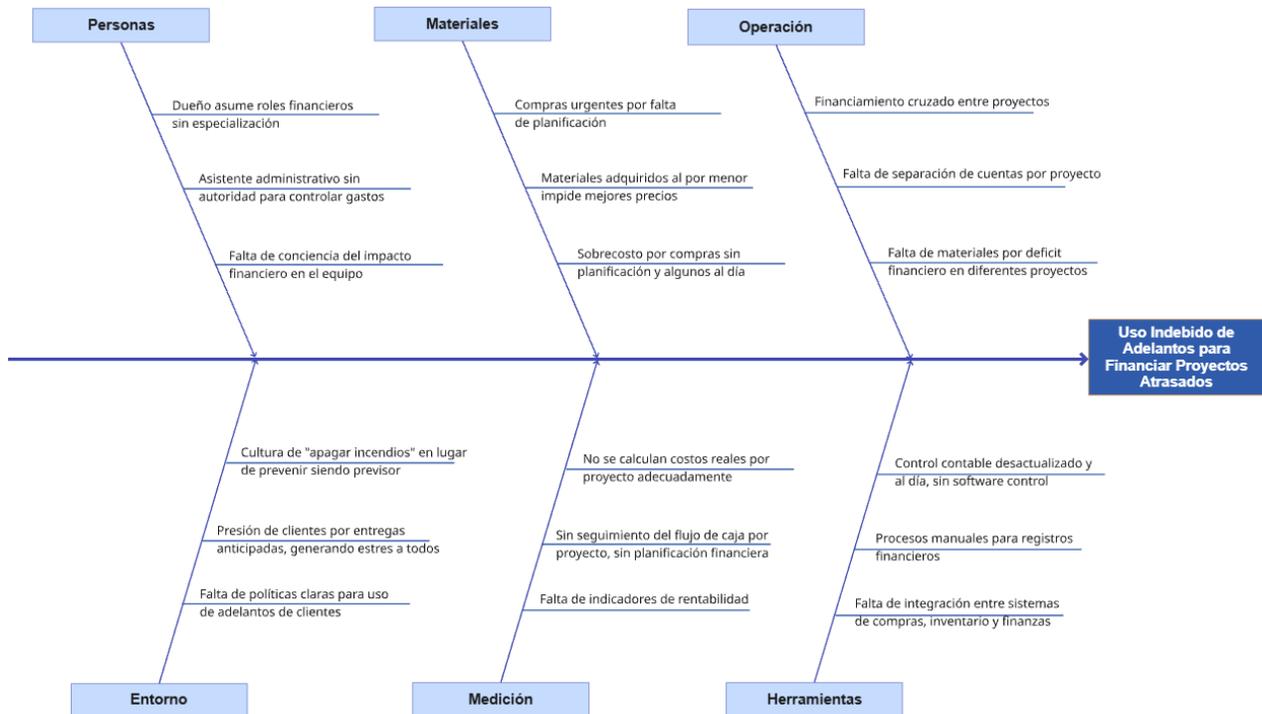
PROBLEMA CENTRAL N° 2	
USO INDEBIDO DE ADELANTOS PARA FINANCIAR PROYECTOS	
CAUSAS RAÍZ	IMPACTOS
Operacional: - Ausencia de separación contable por proyecto - Presupuestos elaborados manualmente sin estandarización - Falta de políticas formales sobre uso de adelantos	Financiero: - Sobrecostos por compras urgentes (+40%) - Relación costo/venta actual: 82% (umbral crítico: 70%) - Flujo de caja negativo en algunas habilitaciones (-12% margen)
Materiales: - Inventario improductivo valorado en \$28.7 millones (45% del total) - Compras reactivas sin planificación - Adquisiciones fragmentadas que impiden economías de escala	Operacional: - Ciclo perpetuo de dependencia entre proyectos. - Imposibilidad de concluir proyectos según planificación.
Personal: - Concentración de decisiones financieras en el dueño. - Personal administrativo sin autoridad para controlar desviaciones. - Desconocimiento del impacto económico real.	Cliente: - Pérdida de confianza. - Imposibilidad de cumplir plazos. - Deterioro de la experiencia general.
Control: - Sin seguimiento de costos reales por proyecto. - Ausencia de reportes financieros por línea de producto. - Falta de indicadores de rentabilidad por unidad.	Estratégico: - Estructura financieramente insostenible. - Proyección de crisis de liquidez. - Imposibilidad de crecimiento por limitación financiera.

Fuente: (Mi directorio PYME, 2024)

Esta práctica ha generado una pirámide financiera interna en donde cada proyecto que llega subvenciona el que se encuentra inconcluso por falta de liquidez, esta dinámica

se hace insostenible en el tiempo y según estudio externo amenaza un colapso en nueve meses.

Ilustración 5: Diagrama de Ishikawa Problema N°2



Fuente: (Mi directorio PYME, 2024)

3.3.3 Problema 3: Ineficiencia en el uso de recursos

El análisis de costos revela sobrecostos en todas las líneas de productos XTrail alrededor de 36-37%, el tiempo improductivo representa el 53% del tiempo disponible con un impacto económico asociado que ronda los nueve millones mensuales eso con recursos humanos y nula gestión de materiales que afectan directamente en caja.

La ausencia de estandarización generó una cultura de la improvisación donde si es necesario el maestro desarrolla sus propios métodos, generando variantes constructivas, de hecho, en terreno un maestro llevaba una semana en cerrar un proyecto industrial, esta variabilidad impacta negativamente en la curva de aprendizaje del equipo, limita la planificación y control de calidad. La desorganización del espacio físico mal aprovechado y con un porcentaje del uso del suelo del taller sin definición con materiales u objetos que

no son de la empresa, pero si del dueño, amplifica los problemas y crea problemas de un entorno en donde el inconsciente colectivo siente que la eficiencia es imposible de alcanzar.

Tabla 13: Ineficiencia en el uso de recursos productivos

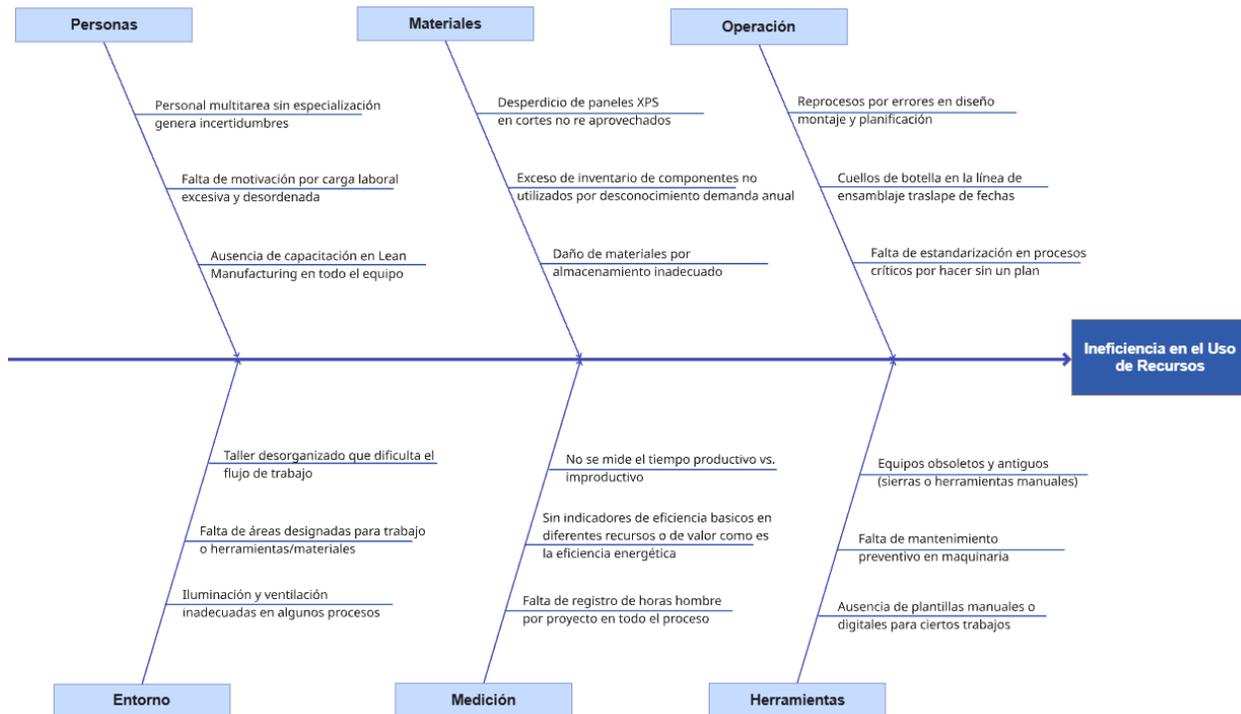
PROBLEMA CENTRAL N° 3	
INEFICIENCIA CRÍTICA EN EL USO DE RECURSOS PRODUCTIVOS	
CAUSAS RAÍZ	IMPACTOS
Operacional: - 12 versiones diferentes de chasis para la línea Xtrail. - Ausencia de procedimientos estandarizados. - Reprocesos en tiempos de fabricación.	Financiero: - Reducción de margen operativo. - Tiempo improductivo. - Capital inmovilizado de inventario.
Materiales: - Desperdicio de materiales en paneles. - Baja rotación de inventario. - Daño de materiales por almacenamiento inadecuado.	Productivo: - Reducción de capacidad productiva. - Tiempos de ciclo extendidos. - Ocupación de espacio productivo con materiales sin uso
Espacial/Layout: - Materiales sin un lugar definido. - Áreas de trabajo sin demarcación. - Aleatoriedad para espacios entre proyectos simultáneos.	Competitivo: - Imposibilidad de competir en precio. - Limitación para aceptar nuevos proyectos. - Pérdida de oportunidades por capacidad restringida.
Equipamiento: - CNC operando 14 horas/semana de 40 disponibles. - Mantenimiento reactivo con sobrecosto energético. - Herramientas y equipos subutilizados.	Humano: - Frustración del personal por ineficiencias. - Fatiga por reprocesos y urgencias. - Rotación de personal técnico (20% anual)

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

La ineficiencia operativa se debe a procesos complejos al tener 12 versiones de carros, lo que genera desperdicios materiales, inventario acumulado de algunos

materiales sin rotación y por otro lado maquinaria subutilizada y personal (diseñador con CNC), aleatoriedad de espacios y usos. Todas estas causas traen impactos económicos negativos y ser poco competitiva con respecto a sus pares en líneas más económicas.

Ilustración 6: Diagrama de Ishikawa Problema N°3



Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

3.4 Clasificación de riesgos o criticidad

El análisis de criticidad implementado para evaluar los problemas operacionales de la empresa Campbox se realiza en función de la metodología de análisis de criticidad SCO (SCO, 2018) y la norma ISO 31000:2018.

Esta metodología permite cuantificar el nivel de riesgo asociado a los tres problemas identificados, en donde presentamos a continuación los criterios generales de frecuencia, consecuencias y niveles en la matriz de riesgo, para posteriormente entregar los fundamentos de criterios utilizados para valorizar de cada problema su frecuencia y consecuencias. (García, 2019)

Los riesgos de cada problema en la matriz se identifican de la siguiente forma:

- Problema 1: Retrasos en la Entrega de Proyectos (RP).
- Problema 2: Uso Indebido de Adelantos para Financiar Proyectos (UIF).
- Problema 3: Ineficiencia en el Uso de Recursos (IR).

Tabla 14: Frecuencias de criticidad

Nivel	Calificación	Criterio	Descripción
1	MUY BAJA	Ocorre excepcionalmente	Ocorre < 10% de las veces
2	BAJA	Ocorre ocasionalmente	Ocorre entre el 10% y el 30% de las veces
3	MEDIA	Ocorre con regularidad	Ocorre entre el 30% y el 50% de las veces
4	ALTA	Ocorre frecuentemente	Ocorre entre el 50% y el 70% de las veces
5	MUY ALTA	Ocorre constantemente	Ocorre > 70% de las veces

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Tabla 15: Consecuencias de criticidad

Nivel	Calificación	Impacto Financiero	Impacto Operativo	Impacto Reputacional
1 a 2	MINIMA	Pérdidas < 1% de ingresos	Sin afectación operativa	Sin impacto reputacional
3 a 4	MENOR	Pérdidas entre 1-5% de ingresos	Afectación operativa leve	Afectación reputacional interna
5 a 6	MODERADA	Pérdidas entre 5-15% de ingresos	Afectación operativa parcial	Afectación reputacional con algunos clientes
7 a 8	MAYOR	Pérdidas entre 15-30% de ingresos	Afectación operativa significativa	Afectación reputacional con múltiples clientes
9 a 10	MAXIMA	Pérdidas > 30% de ingresos	Paralización operativa	Afectación reputacional generalizada

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Tabla 16: Niveles de riesgo

NIVEL DE RIESGO	
Riesgo aceptable	
Riesgo tolerable	
Riesgo alto	
Riesgo extremo	

Fuente: (SCO, 2018)

La matriz de riesgo se utilizará con el producto de los valores asignados para poder automatizar los resultados de los diferentes problemas y además pueda ser utilizada por Campbox a futuro.

Ilustración 7: Matriz de riesgo a utilizar

		MATRIZ DE RIESGOS				
		CONSECUENCIAS				
		MINIMA	MEJOR	MODERADA	MAYOR	MAXIMA
FRECUENCIA		1 a 2	3 a 4	5 a 6	7 a 8	9 a 10
MUY ALTA	5					
ALTA	4					
MEDIA	3					
BAJA	2					
MUY BAJA	1					

Fuente: (SCO, 2018)

3.4.1 Criticidad Problema 1: Retrasos en la entrega de proyectos (RP)

Tabla 17: Análisis de frecuencia RP

Criterio de Frecuencia	Calificación	Justificación
Ocurrencia en proyectos	4	El 50% de los proyectos sufren retrasos en su entrega
Recurrencia temporal	4	Se observa consistentemente durante los últimos 12 meses
Magnitud de los retrasos	4	Retrasos promedio de 3-4 semanas por proyecto
Calificación promediada	4	Nivel: Alta

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Tabla 18: Análisis de consecuencias RP

Criterio de Consecuencia	Calificación	Justificación
Impacto financiero	8	Sobrecostos por extensión de plazos
Impacto reputacional	9	Insatisfacción del cliente y deterioro de la imagen
Impacto comercial	7	Reducción en la probabilidad de obtener nuevos proyectos
Calificación promediada	8	Nivel: Mayor

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Tabla 19: Matriz de riesgo RP

		MATRIZ DE RIESGOS RP				
		CONSECUENCIAS				
		MINIMA	MENOR	MODERADA	MAYOR	MAXIMA
FRECUENCIA		1 a 2	3 a 4	5 a 6	7 a 8	9 a 10
MUY ALTA	5					
ALTA	4				32	
MEDIA	3					
BAJA	2					
MUY BAJA	1					

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Podemos observar que la criticidad en el problema 1 (RP) con respecto a los retrasos en proyectos obtiene un riesgo extremo que puede seguir arrastrando consecuencias en el tiempo como la baja en las ventas.

3.4.2 Criticidad Problema 2: Uso indebido de adelantos financieros (UIF)

Tabla 20: Análisis de frecuencias UIF

Criterio de Frecuencia	Calificación	Justificación
Ocurrencia en proyectos	5	El 68% de los adelantos son utilizados para fines distintos.
Recurrencia temporal	5	Se observa consistentemente en los períodos contables.
Afectación a proyectos	5	Afecta a la mayoría de los proyectos de la empresa
Calificación promediada	5	Nivel: Muy alta

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Tabla 21: Análisis de consecuencias UIF

Criterio de Consecuencia	Calificación	Justificación
Impacto financiero	9	Sobrecostos significativos y problemas de liquidez.
Impacto operativo	8	Retrasos en la adquisición de materiales y recursos.
Impacto reputacional	7	Daña confianza de clientes y retrasos de problemas derivados
Calificación promediada	8	Nivel: Mayor

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Tabla 22: Matriz de riesgo UIF

		MATRIZ DE RIESGOS UIF				
		CONSECUENCIAS				
		MINIMA	MENOR	MODERADA	MAYOR	MAXIMA
FRECUENCIA		1 a 2	3 a 4	5 a 6	7 a 8	9 a 10
MUY ALTA	5				40	
ALTA	4					
MEDIA	3					
BAJA	2					
MUY BAJA	1					

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Podemos observar que la criticidad en el problema 2 (UIF) con respecto al uso indebido de adelantos para financiar proyectos, arrastrando consecuencias críticas.

3.4.3 Criticidad Problema 3: Ineficiencia en el uso de recursos (IR)

Tabla 23: Análisis de frecuencias IR

Criterio de Frecuencia	Calificación	Justificación
Ocurrencia en procesos	4	Se observa en el 60% de los procesos productivos
Reurrencia temporal	4	Presente en la mayoría de los periodos analizados
Afectación a productos	4	Afecta a la mayoría de las líneas de productos
Calificación promediada	4	Nivel: Alta

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Tabla 24: Análisis de consecuencias IR

Criterio de Consecuencia	Calificación	Justificación
Impacto financiero	10	Sobrecostos del 36-37% respecto al presupuesto, baja rentabilidad
Impacto operativo	9	Capacidad utilizada del 58% vs estándar de la industria >85%
Impacto competitivo	8	Reduce significativamente la competitividad en precios
Calificación promediada	9	Nivel: Máxima

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Tabla 25: Matriz de riesgo IR

		MATRIZ DE RIESGOS IR				
		CONSECUENCIAS				
		MINIMA	MENOR	MODERADA	MAYOR	MAXIMA
FRECUENCIA		1 a 2	3 a 4	5 a 6	7 a 8	9 a 10
MUY ALTA	5					
ALTA	4					36
MEDIA	3					
BAJA	2					
MUY BAJA	1					

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

3.5 Resumen de criticidad

La siguiente corresponde a una jerarquización de los problemas antes propuestos e identificados:

Tabla 26: Cuadro resumen de matrices de riesgo

n°	Problema	Frecuencia	Consecuencia	Criticidad	Nivel de riesgo
1	Retrasos en la entrega de proyectos	4	8	32	MAYOR
2	Uso indebido de adelantos financieros	5	8	40	MAYOR
3	Ineficiencia en el uso de recursos	4	9	36	MÁXIMA

Fuente: (OPERACIONES_CAMPBOX, 2025)

Podemos concluir que estos tres problemas con nivel mayor y máxima requieren atención inmediata con planes de mitigación obligatorios que por lo demás ya fueron traspasados a la empresa.

El uso indebido de adelantos con mayor criticidad afecta la viabilidad financiera no solo de los proyectos, también los hace a toda la empresa, los otros problemas como la ineficiencia en el uso de recursos impacta en los costos y capacidad productiva y el retraso de entregas deteriora la relación con los clientes y posibles castigos económicos con garantías de algunos proyectos.

La falta de estandarización y dependencias de personal clave en conjunto con la ausencia de control de calidad y la inexistencia de procesos vulnera todas las actividades operativas.

Se logra identificar un efecto transversal donde el uso indebido de adelantos genera los problemas con ineficiencias operativas a todo nivel dentro de la empresa.

La no intervención de los problemas antes identificados podría terminar en una crisis del flujo de caja porque en caso de no llegar proyectos nuevos, no tendría como financiar los proyectos rezagados. Esta proyección puede ser mínimo de 8 a 12 meses.

Capítulo 4: Propuesta de mejoramiento

4.1 Estructura General de la Propuesta de Mejoramiento

La propuesta de mejoramiento se fundamenta en un sistema de gestión integrado que combina el ciclo de mejora continua de Deming (PDCA) como columna vertebral para sostener las diferentes herramientas de ingeniería industrial propuestas en el marco teórico y nuevas tecnologías como la realidad aumentada (AR) y Escaneo Laser 3D.

Esta propuesta pretende constituir un sistema de ingeniería holística diseñado y estructurado específicamente para mejorar los procesos productivos de Campbox, abordando los tres problemas críticos antes analizados, utilizando metodologías avanzadas para la planificación y mejora. (MEMBRADO MARTINEZ, 2013)

Ilustración 8: Sistema holístico de mejora continua



Fuente: Integración del sistema a Campbox SpA.

El modelo propuesto está diseñado para funcionar como un sistema cíclico iterativo en donde deben volver a repetirse los procesos y medir esos avances en el tiempo constantemente para así garantizar el mejoramiento continuo de todos los aspectos de la empresa, considerando recursos, capacidad operativa y una visión integral de proyección estratégica en la toma de decisiones.

4.2 Fase Planificar (Plan)

En la fase de planificación estaremos el desarrollo a nivel empresarial de los puntos abordados en el esquema de la ilustración 8, donde iniciamos con un plan propuesto en donde se abordan los diferentes problemas antes analizados y evaluados en la etapa de criticidad.

Se inicia realizando una previsión de la demanda (Hanke, 2010), dado que con esta herramienta se controla el inventario y la planificación en compras, cualitativamente se genera un orden organizacional y se proyectan ventas que permiten una visión estratégica a largo plazo. Posteriormente se formula una producción mediante células de trabajo en donde se rediseña el Layout Base (De la Fuente García, 2005) en la distribución del galpón para que sea congruente con la propuesta de funcionamiento, mediante Value Stream Mapping (VSM) así no funcionará como una herramienta aislada, sino como elemento integrador de las demás iniciativas propuestas en el modelo PDCA. Se propone aplicar un sistema Pull con Kanban digital mediante la ERP Odoon con módulos determinados de manufactura, así la producción es en medida de lo solicitado. La implementación del 5S permite organizar y mejorar los espacios de trabajo mejorando procesos y reduciendo desperdicios.

La estandarización de procesos permite garantizar que las diferentes tareas se realicen de manera uniforme, segura y eficiente, además que el proceso no quede en modo manual o con vicios del operador. La implementación de nuevas tecnologías de la industria 4.0 nos permite generar una simbiosis entre lo físico y lo digital, con modelos digitales de los diferentes carros, implementación de realidad aumentada (AR) en los propios procesos, laser escáner 3D y ERP Odoon Enterprise (Odoon, 2025) que posee: módulos configurables de manufactura, sistema de ejecución de fabricación, gestión de

ciclo de vida del producto, calidad, taller y mantenimiento todo bajo principios Lean Manufacturing que permitirá dar un pie en el avance a la nueva industria 5.0 con tecnologías inmersivas y manufactura inteligente, implementando inteligencia artificial con gemelos digitales más IoT creando un sistema adaptativo de diseño en nuevos procesos industriales que no lleva a sentar las bases para implementar la estructuración de proyectos de mejora con enfoque I+D+i. Finalmente en la fase de hacer cerramos la implementación (DO) con los análisis de criticidad (Gonzales Fernández, 2005) de los diferentes problemas raíz evaluados con las nuevas soluciones y comparados con las anteriores criticidades.

Esta propuesta permite que Campbox, no solo resuelva los problemas actuales, sino que desarrolle capacidades de innovación sistemática en el tiempo, estableciendo un puente entre la mejora continua y la innovación disruptiva.

En la siguiente fase de verificar se evalúan resultados concretos en procesos del taller de la implementación de soluciones con objetivos específicos en procesos críticos, aplicando herramientas de ingeniería como control estadístico de procesos, análisis de la capacidad de procesos, sistemas de KPIs integrados, finalizando auditorias de proceso y producto.

En la fase actuar si los resultados son satisfactorios se estandariza la solución y se establece como parámetro definido o a mejorar, en caso de que los resultados no sean satisfactorios se debe volver a la etapa de planificación. Esta fase procura velar por la estandarización de mejoras, gestión del conocimiento como piedra angular en la mejora continua para avanzar a la industria 5.0, finalizando con un programa de certificaciones estratégicas que permitirán competir en nuevos mercados y sustentar las bases de un crecimiento inteligente desarrollado con una visión de largo aliento en la empresa y dejar de mantenerse en la categoría de taller en su funcionamiento y avanzar a una industria moderna de manufactura acorde a los tiempos.

4.3 Fase Hacer (Do)

Etapa de Implementación de un Sistema Integrado de Mejora Continua, durante esta fase, se ejecutan las acciones definidas en la etapa de planificación, enfocadas en la previsión de la demanda, aplicando la suavización exponencial para proyectar carros XTrail con un error <8%, rediseño de Layout con la implementación de células de producción en el taller, incrementando la flexibilidad, el momento donde se implementan las nuevas tecnologías habilitadoras permite un avance en temas de productividad, donde el uso de realidad aumentada permite guiar soldaduras estructurales y escaneo 3D para validar tolerancias, todas técnicamente alineadas con los principios de Lean Manufacturing, Industria 4.0 y la gestión basada en datos, garantizando una implementación rigurosa y medible en todas sus fases, el primer hacer es desarrollando el sistema Pull con Kanban permite sincronizar la producción mediante un empuje que “tira” para eliminar la sobre producción y reducir el límite actual de 132 a 70 días. Aplicación de 5S y gestión visual mediante el despliegue de tableros Andon y SOPs digitales en Odo, reduciendo tiempos de ajuste en un 18%. Estas acciones se monitorean mediante un sistema de KPIs integrados busca una reducción de los tiempos en taller de al menos en un 30%. Estandarizar procesos críticos (SOPs) documentando en Bizagi los diferentes procesos eliminando al máximo la variabilidad. Implementar nuevas tecnologías habilitadoras permite optimizar el ensamble de carros y sub estructuras con precisión y claridad en su desarrollo mediante laser escáner y realidad aumentada se puede estructuras un proceso facilitador a los trabajadores que mejora la experiencia y la productividad y avances en procesos de calidad.

4.3.1 Modelo de previsión de demanda mediante método suavización exponencial

La planificación de los recursos en clave en la gestión de operaciones y es una base en la estructura nueva propuesta, por lo que se requiere una previsión de la demanda precisa, por lo que se implementa el método de suavización exponencial que permite capturar tres componentes fundamentales en la serie de ventas de la empresa, que son, nivel de ventas, tendencia y estacionalidad, a partir de los datos históricos desde

septiembre del 2023 a noviembre del 2024, se construyó el modelo expuesto en la tabla 38, y posterior gráfico. y nivel en series temporales (Sánchez Carballido, 2005).

Para Campbox es crítico para optimizar recursos al evitar sobre costos por compras excesivas o faltantes. Planificar compras y distribuir adquisiciones semestralmente reduciendo la presión financiera de la empresa y finalmente asignar costos por línea XTrail (45%), Industrial (35%), Habilitaciones (20%).

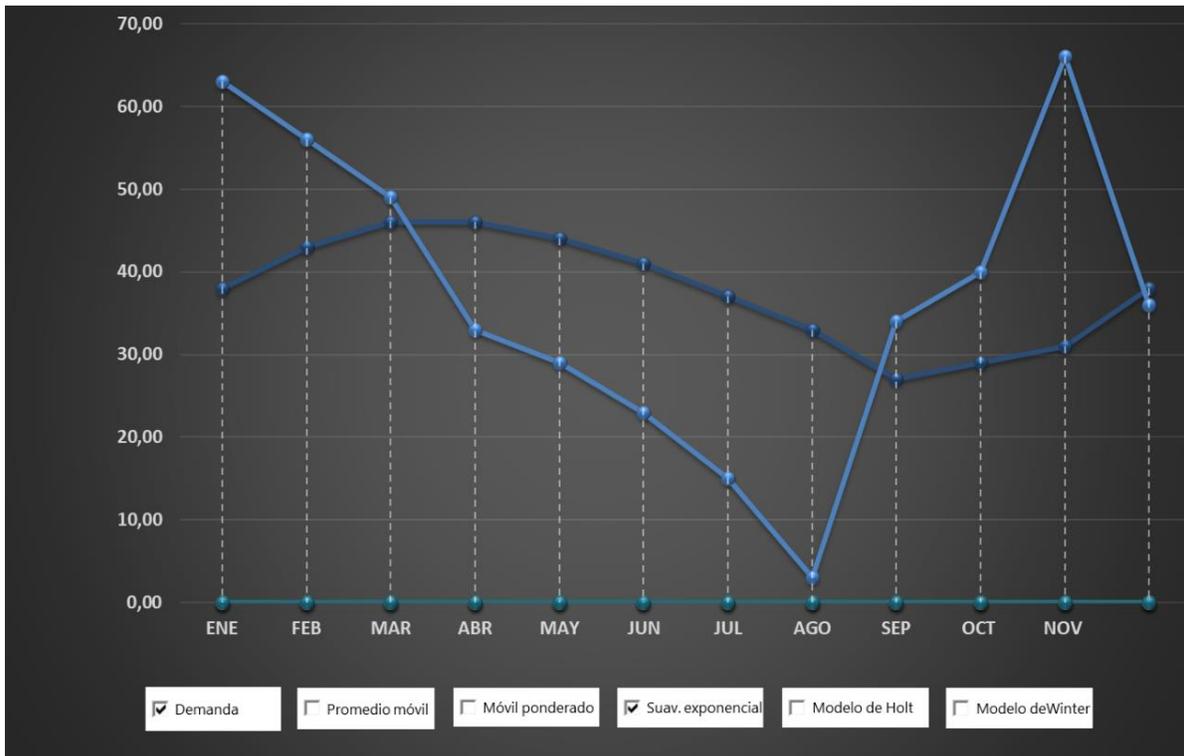
Tabla 27: Modelos de previsión de la demanda 2025

Año	Mes	Demanda	Promedio móvil (3)	Promedio móvil ponderado	Suavización exponencial	Modelo de Holt	Modelo de Winter
2023	SEP	31,00					
2023	OCT	12,00					
2023	NOV	53,00					
2023	DIC	63,00	32,00	35,00	38,00	44,00	49,00
2024	ENE	56,00	43,00	45,00	43,00	45,00	61,00
2024	FEB	49,00	58,00	58,00	46,00	45,00	72,00
2024	MAR	33,00	56,00	56,00	46,00	44,00	30,00
2024	ABR	29,00	46,00	45,00	44,00	42,00	46,00
2024	MAY	23,00	37,00	37,00	41,00	40,00	25,00
2024	JUN	15,00	29,00	28,00	37,00	37,00	16,00
2024	JUL	3,00	23,00	22,00	33,00	34,00	4,00
2024	AGO	34,00	14,00	13,00	27,00	30,00	-6,00
2024	SEP	40,00	18,00	19,00	29,00	29,00	24,00
2024	OCT	66,00	26,00	28,00	31,00	29,00	50,00
2024	NOV	36,00	47,00	49,00	38,00	31,00	51,00
		447,00	429,00	435,00	453,00	450,00	422,00

MSE	453,46	419,07	362,79	340,05	276,00
MAD	19,44	18,74	16,31	15,55	12,52
MAPE(%)	101,65	98,05	123,25	124,22	31,77

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

Ilustración 9: Estimación de la demanda 2025



Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

4.3.1.1 Conversión de proyección monetaria a unidades por segmento

Consideramos esta previsión de la demanda desde un punto de vista ya considerando las mejoras de propuesta, en donde se proyecta un mejor funcionamiento y orden en las áreas financiero administrativas.

Como ya tenemos la información del ticket promedio de ventas por segmento de negocio y las ventas proyectadas en millones de pesos se calcula el equivalente a cuantas carrocerías serán proyectadas, así obtener un cálculo del inventario semestralmente.

Tabla 28: Estructura del negocio, calculo Ticket

Segmento	Cantidad	% del total	% ingresos	Ticket promedio	Rentabilidad
Particulares recreativos	58	65%	48%	\$ 8.750.000	18%
Empresas mineras	18	20%	32%	\$ 16.500.000	12%
Empresas constructoras	4	5%	8%	\$ 18.750.000	14%
Habilitaciones	9	10%	12%	\$ 22.500.000	12%
Total	89	100%	100%	\$ 16.625.000	14%

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

El ticket promedio de ventas nos da un valor que será el factor que ocuparemos para en función de su porcentaje para estimar la cantidad de carros por línea.

Total, unid. proyectadas = Ventas proyectadas 2025 ÷ Ticket promedio ponderado

Total, unid. proyectadas = 453.000.000 CLP ÷ 16.625.000 CLP = 27,24 ≈ 27 carros

Tabla 29: Cálculo de carrocerías por segmento

Segmento	% del total	Proyección (unidades)
Particulares recreativos	65%	18
Empresas mineras	20%	5
Empresas constructoras	5%	1
Habilitaciones	10%	3
Total	100%	27

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

4.3.1.2 Cálculo de costos por segmento

Ahora se calcula el costo unitario de cada segmento usando datos de rentabilidad:

Tabla 30: Cálculo de costo unitario

Segmento	Ticket promedio	Rentabilidad	Costo unitario
Particulares recreativos	\$ 8.750.000	18%	\$ 7.175.000
Empresas mineras	\$ 16.500.000	12%	\$ 14.520.000
Empresas constructoras	\$ 18.750.000	14%	\$ 16.125.000
Habilitaciones	\$ 22.500.000	12%	\$ 19.800.000

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

Tabla 31: Cálculo costo total anual

Segmento	Unidades	Costo unitario	Costo total
Particulares recreativos	18	\$ 7.175.000	\$ 125.921.250
Empresas mineras	5	\$ 14.520.000	\$ 78.408.000
Empresas constructoras	1	\$ 16.125.000	\$ 21.768.750
Habilitaciones	3	\$ 19.800.000	\$ 53.460.000
Total Anual	27		\$ 279.558.000

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

4.3.1.3 Planificación semestral de compras

Para optimizar flujo de caja y gestión de inventarios, se dividen las compras en semestres:

Tabla 32: Proyección semestral de carros

Segmento	Proyección anual	1er semestre	2do semestre
Particulares recreativos	18	9	9
Empresas mineras	5	3	2
Empresas constructoras	1	1	0
Habilitaciones	3	2	1
Total Und. Semestral	27	15	12

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

Tabla 33: Proyección de costos por semestre

Segmento	1er semestre (und)	Costo 1er semestre	2do semestre (und)	Costo 2do semestre
Particulares recreativos	9	\$ 64.575.000	9	\$ 64.575.000
Empresas mineras	3	\$ 43.560.000	2	\$ 29.040.000
Empresas constructoras	1	\$ 16.125.000	0	-
Habilitaciones	2	\$ 39.600.000	1	\$ 19.800.000
Total	15	\$ 163.860.000	12	\$ 113.415.000

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

Como recomendación a nivel estratégico empresarial se propone según las cuatro fuerzas de Porter generar una relación estratégica con los proveedores para evitar la dependencia y lograr mejorar la rentabilidad de los productos en sus tres líneas, según

análisis externo (Mi directorio PYME, 2024) hasta el 2024 la empresa con sus Top 20 de proveedores representan el 76.1% de los gastos totales y el 45.6% de las ventas, aumentando la concentración. Otros incrementos destacados incluyen Cosco Shipping Lines Co Ltda. (+21,443, nuevo proveedor en 2024) y Barraca Cargioli Spa (+61.8%).

Tabla 34: Top 20 proveedores

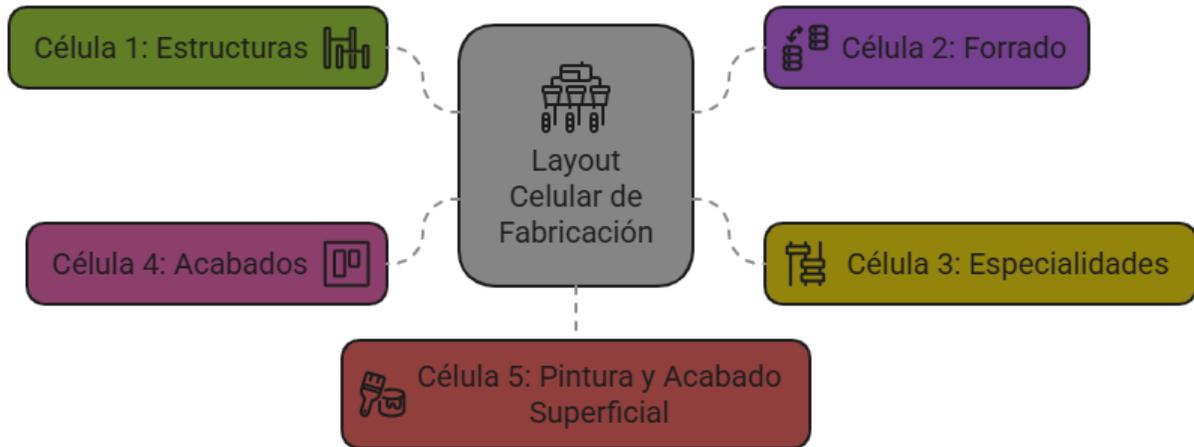
#	TOP 20 PROVEEDORES	2023 YTD NOV	2024 YTD NOV	VAR %
1	Inmobiliaria Dumar Spa	29.057	30.291	4,2%
2	Comercial Full Service Spa	16.882	30.183	78,8%
3	Cosco Shipping Lines Co Ltda	0	21.443	
4	Longkou Yongan Vehicule Window	2.027	18.144	795,1%
5	Barraca Cargioli Spa.	7.444	12.043	61,8%
6	Cargo Entrega S.A.	6.250	10.184	63,0%
7	Aceros Y Servicios Provimetal Spa	0	14.245	
8	B Y M Importaciones Spa	8.611	5.004	-41,9%
9	Synthesia Technology Spa	7.619	5.063	-33,5%
10	Zamorano Y Asociados Limitada	4.983	4.978	-0,1%
11	Qinhuangdao Miaoke Technology	9.660	0	-100,0%
12	Metinox Spa	6.067	3.211	-47,1%
13	Manufactura De Telas Spa	9.003	0	-100,0%
14	Prefabricados Adk Spa	3.913	4.431	13,2%
15	Neumaticos Y Llantas Del Pacifico Ltda.	4.322	3.309	-23,4%
16	Dcd Construcciones Spa	4.659	2.767	-40,6%
17	Carlos Eduardo Meyer Daza	5.326	1.975	-62,9%
18	Tiboni Tiboni Limitada	2.578	4.378	69,8%
19	Santos Chomba Becerra	5.101	882	-82,7%
20	Amazon	2.643	2.593	-1,9%
TOTAL TOP 20		136.145	175.126	28,6%
% SOBRE TOTAL GASTOS LIBRO DE COMPRAS		66,4%	76,1%	
% SOBRE TOTAL VENTAS		30,8%	45,6%	

Fuente: (Mi directorio PYME, 2024)

4.3.2 Rediseño del Layout con enfoque celular

Para optimizar el flujo de materiales, reducir desplazamientos y mejor flujo de redistribución del Layout del taller de 960m² bajo un enfoque de células de trabajo que funcionan de forma especializada por tipo de trabajo y alineadas con el funcionamiento de la empresa.

Ilustración 10: Layout con enfoque celular



Fuente: Campbox SpA. Área de Taller

Células de trabajo definidas:

- Célula 1: Estructuras (fabricación de chasis y marcos) - 190m²
- Célula 2: Forrado (colocación y sellado de paneles) - 140m²
- Célula 3: Especialidades (electricidad, hidráulica, neumática) - 110m²
- Célula 4: Acabados (instalaciones y terminaciones) - 160m²
- Célula 5: Pintura y acabado superficial - 120m²

Flujo de materiales:

- Reducción del 65% en la distancia recorrida mediante rutas unidireccionales.
- Eliminación de cruces y retrocesos.
- Puntos de transferencia estandarizados entre células

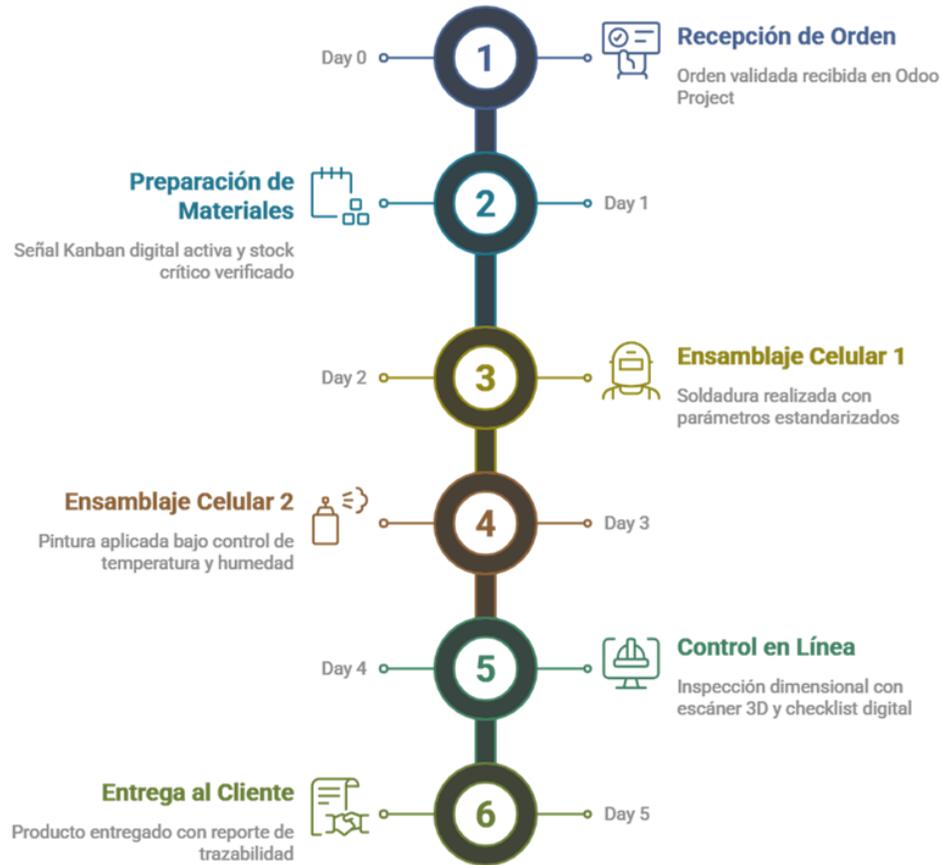
Sistema de control visual:

- Demarcación cromática para áreas funcionales y pasillos.
- Señalización vertical y horizontal para flujos prioritarios.
- Tableros Andon en puntos de supervisión estratégicos

Características técnicas:

- Factor de proximidad optimizado: 0.78 (vs. 0.42 actual).
- Índice de flexibilidad: 0.65 (permite adaptación a carros).
- Coeficiente de utilización espacial: 75% (vs. 58% actual).

Ilustración 11: Funcionamiento tipo de célula cliente interno



Fuente: Campbox SpA. Área de Taller

La implementación secuencial del Layout celular debe comenzar por la Célula 1 (Estructuras), como piloto antes de extenderse a las demás áreas, siguiendo los principios de mejora incremental del TPS. (Dorbessan, 2006)

Este diseño celular trae los siguientes beneficios cuantificables:

- Reducción del 65% en distancias (de 320m a 112m por unidad).
- Disminución del 40% en tiempos entre estaciones.
- Mejora en la visibilidad y control del proceso (gestión visual).
- Facilita la implementación del sistema Kanban entre células

4.3.3 Mapeo de valor y análisis de desperdicios

Mediante la aplicación de Value Stream Mapping (VSM) (Rother, 2003), se identificaron los siguientes desperdicios críticos en la cadena de valor y confirma la correlación directa con los tres problemas críticos identificados (INSTITUTE, 2025):

Tabla 35: Análisis de desperdicios en Campbox según metodología Lean

Tipo de Desperdicio	Situación Actual	Impacto Cuantificado	Oportunidad de Mejora
Sobreproducción	Fabricación anticipada sin órdenes confirmadas	Inventario excesivo: \$28.7M en materiales sin uso programado (45%)	Implementar sistema Pull basado en órdenes confirmadas
Esperas	Tiempos muertos entre operaciones por falta de coordinación	53% del tiempo disponible se pierde en inoperancias (\$9.5M mensuales)	Balancear líneas y estandarizar operaciones
Transporte	Recorridos excesivos por mala distribución	320m de recorrido por unidad	Implementar layout celular y flujo continuo
Sobreprocesamiento	Reprocesos por defectos en etapas anteriores	19% del tiempo se dedica a reprocesos	Implementar Poka-Yoke y control en la fuente
Inventarios	Materiales acumulados sin rotación	Rotación actual: 1.2 veces/año (vs. 4.5 del sector)	Sistema Kanban y gestión visual de inventarios
Movimientos	Desplazamientos innecesarios de operarios	No medido cuantitativamente	Racionalización de herramientas y 5S
Defectos	Problemas de calidad que requieren correcciones	Rendimiento global: 64.3% (nivel sigma 1.875)	Implementar Control Estadístico de Procesos
Talento	Subutilización de potencial humano	Desaprovechamiento capacidades en toda la organización	Sistema de mejora continua

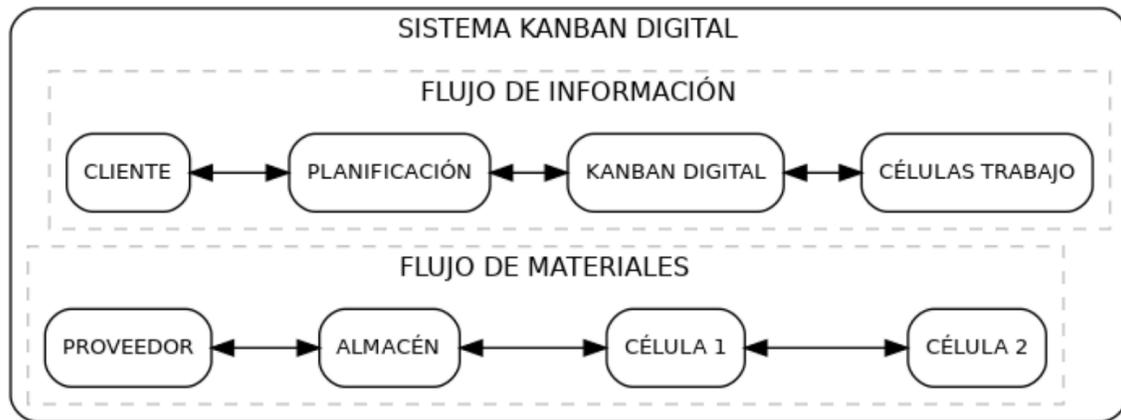
Fuente: Campbox SpA. Administración

4.3.4 Implementación de Sistema Pull con Kanban digital

Para abordar los retrasos de entregas de proyectos usando Pull con Kanban digital integrado mediante la plataforma ERP, Odo Enterprise permite gestionar la forma de producción mediante un enfoque distinto que antes empujaba y ahora tira donde cada

estación de trabajo en las células solicita componentes a la estación anterior solo cuando se requiere.

Ilustración 12: Sistema de Kanban digital Campbox



Fuente: Campbox SpA. Producción

El sistema Kanban digital propuesto integra los siguientes elementos técnicos específicos:

4.3.4.1 Arquitectura del sistema Kanban

1. Infraestructura tecnológica:

- Servidor centralizado con ERP Odoo Enterprise.
- Terminales de información en cada célula de trabajo (tablets industriales).
- Sistema de códigos de barras/QR para identificación de ítems

2. Niveles de Kanban:

- Kanban de producción: Autoriza fabricación entre células.
- Kanban de transporte: Autoriza movimiento de materiales.
- Kanban de proveedor: Gestiona reposición de materiales críticos

3. Cálculo detallado de tarjetas Kanban:

La fórmula $N = (D \times L \times (1+S)) \div C$ (Villaseñor Contreras, 2011) se aplica específicamente para cada componente crítico.

Ejemplo aplicado a paneles de aluminio:

- $D = \text{Demanda diaria} = 0.214 \text{ carros/día} \times 15 \text{ paneles/carro} = 3.21 \text{ paneles/día.}$
- $L = \text{Lead time} = 3 \text{ días (tiempo de aprovisionamiento interno).}$
- $S = \text{Factor de seguridad} = 0.2 \text{ (20\%).}$
- $C = \text{Capacidad del contenedor} = 5 \text{ paneles}$

$$N = (3.21 \times 3 \times 1.2) \div 5 = 2.31 \approx 3 \text{ tarjetas Kanban}$$

4. Reglas operativas específicas:

- Tiempo máximo de ciclo por estación: 4 horas.
- Máximo WIP permitido: 2 carros por célula.
- Protocolo de escalamiento para detención de línea.
- Sistema de priorización basado en leadtime/criticidad.

El sistema Pull se implementará como respuesta directa a la sobreproducción detectada en el VSM. A diferencia del actual sistema Push donde se producen carrocerías sin órdenes confirmadas, el sistema Pull funcionará mediante señales específicas (Kanban) que autorizan la producción solo cuando existe demanda real.

4.3.4.2 Modelo matemático para determinar tamaño óptimo de lote (EOQ)

Se aplica modelo matemático para determinar el lote para conocer los ciclos de producción de los carros, donde aplicaremos la fórmula EOQ. (Render, 2006)

Sabemos que: $EOQ = \sqrt{(2DS \div H)}$

Donde:

- EOQ = Economic Order Quantity (cantidad económica de pedido).
- D = Demanda anual (estimación de la demanda).
- S = Costo fijo de ordenar.

- H = Costo anual de mantener inventario por unidad

Para la línea de productos XTrail (la más estandarizada), calculamos con los valores específicos:

- D = 27 carros/año (según pronóstico Winter).
- S = \$150,000 CLP (costo de configuración).
- H = \$25,000 CLP/unidad-año (costo de mantenimiento).

El tamaño económico de lote resultante es:

$$EOQ = \sqrt{(2 \times 27 \times 150,000 \div 25,000)} = \sqrt{(324,000)} = 18 \text{ unidades}$$

Esto significa que para los componentes de la línea XTrail, el tamaño óptimo de lote es de 18 unidades, lo que permitirá aproximadamente 2 ciclos de producción al año, optimizando los costos totales de inventario.

4.3.5 Aplicación de 5S y gestión visual

El programa 5S constituirá el fundamento para la implementación exitosa de las demás herramientas. Se estructurará en las siguientes etapas:

Tabla 36: Plan de implementación 5S con objetivos medibles

Etapas 5S	Actividades clave	Métrica de éxito	Meta
Seiri (Clasificar)	Identificación de elementos innecesarios con tarjetas rojas	% reducción de inventario improductivo	>30%
Seiton (Ordenar)	Demarcación de zonas y ubicaciones específicas	% reducción en tiempo de búsqueda	>50%
Seiso (Limpiar)	Programa de limpieza estandarizado	% reducción en defectos por contaminación	>70%
Seiketsu (Estandarizar)	Procedimientos documentados y controles visuales	% cumplimiento de estándares	>90%
Shitsuke (Disciplina)	Auditorías y programa de reconocimiento	Puntuación en auditorías 5S	>85%

Fuente: Campbox SpA. Producción Taller

La aplicación de 5S se complementará con un sistema de Gestión Visual integral (COTEC, 2021) que incluirá:

- **Tableros de control Andon:** Indicadores visuales del estado de cada célula de trabajo, mostrando:
 - Estado operativo (normal, advertencia, detenida).
 - Cumplimiento de producción vs. Plan.
 - Calidad (defectos detectados).
 - Tiempos de ciclo real vs. Estándar

Estos tableros permiten reducir tiempos de reacción ante anomalías (ej.: de 2 horas a 15 minutos)., además elimina la dependencia de supervisión verbal.

- **Señalización de niveles de inventario:**
 - Verde: Stock óptimo (stock para 14 días de producción en perfiles)
 - Amarillo: Stock bajo (activa alerta de reposición de Odo)
 - Rojo: Stock crítico (acción inmediata, paraliza producción hasta solucionar).
- **Marcación de flujos de proceso:**
 - Rutas de materiales (líneas de piso de recepción a entrega)
 - Zonas de WIP (trabajo en proceso con códigos QR para trazabilidad).
 - Estaciones de calidad (identificada con señales luminosas y protocolos visuales, ej.: 5 puntos de escaneo laser 3D).

El sistema de gestión visual permitirá detectar anomalías de forma inmediata y agilizará la toma de decisiones operativas, reduciendo significativamente los tiempos de reacción.

4.3.6 Estandarización de procesos críticos (SOPs)

La estandarización de procesos críticos es clave para reducir la variabilidad de los carros, además por tener tantas versiones y mejorar la estandarización, evitar la variabilidad y mejorar la calidad, para esto se desarrollarán los flujos de procesos en Bizagi y los procedimientos operativos estándar (POE) para los ocho procesos más críticos identificados:

1. **Fabricación de chasis** - Criticidad Alta
2. **Soldadura de componentes estructurales** - Criticidad Alta
3. **Forado exterior** - Criticidad Media-Alta
4. **Proceso de pintura** - Criticidad Alta
5. **Instalaciones eléctricas** - Criticidad Media-Alta
6. **Instalaciones hidráulicas** - Criticidad Media
7. **Montaje de terminaciones** - Criticidad Media
8. **Control de calidad final** - Criticidad Alta

Cada POE seguirá una estructura estandarizada.

Procedimiento Operativo Estándar

Este documento presenta un Procedimiento Operativo Estándar (POE) que detalla los pasos necesarios para llevar a cabo un proceso específico de manera eficiente y segura. A través de secciones bien definidas, se busca establecer un marco claro que garantice la calidad y la consistencia en la ejecución de tareas, así como la identificación y mitigación de riesgos asociados.

Propósito y alcance: El propósito de este procedimiento es establecer un estándar para la ejecución de cada uno de los procesos críticos. Este documento es aplicable a las células del taller y debe ser seguido por todo el personal involucrado en el proceso.

Responsabilidades

- Responsable del Proceso: [Nombre o cargo]
- Equipo de Calidad: [Nombre o cargo]
- Personal Operativo: [Nombre o cargo]

Cada uno de estos roles tiene responsabilidades específicas que deben ser cumplidas para asegurar el éxito del procedimiento.

Tabla 37: Cartilla POE

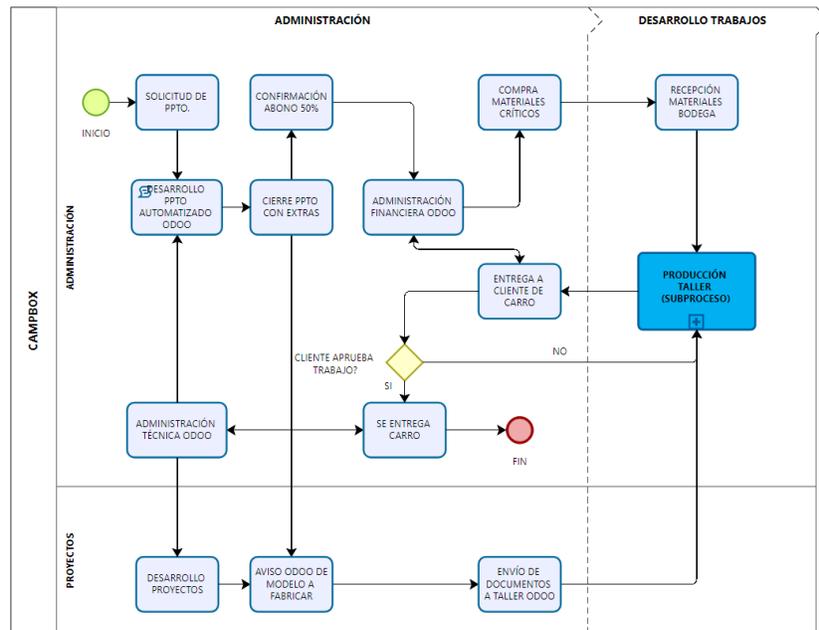
EQUIPO Y MATERIALES NECESARIOS	
Listado de equipos:	
	[Equipo 1]
	[Equipo 2]
Materiales consumibles:	
	[Material 1]
	[Material 2]
Herramientas especiales:	
	[Herramienta 1]
	[Herramienta 2]
INSTRUCCIONES PASO A PASO	
Secuencia detallada:	
	[Paso 1]
	[Paso 2]
Especificaciones técnicas:	
	[Especificación 1]
	[Especificación 2]
Puntos críticos de control:	
	[Punto crítico 1]
	[Punto crítico 2]
Ayudas visuales (fotos/diagramas):	
	[Incluir imágenes o diagramas relevantes]
PARÁMETROS DE PROCESO	
Valores estándar:	
	[Valor 1]
	[Valor 2]
Tolerancias permitidas:	
	[Tolerancia 1]
	[Tolerancia 2]
Límites de control:	
	[Límite 1]
	[Límite 2]
VERIFICACIONES DE CALIDAD	
Puntos de inspección:	
	[Punto de inspección 1]
	[Punto de inspección 2]
Criterios de aceptación/rechazo:	
	[Criterio 1]
	[Criterio 2]
Instrumentos de medición:	
	[Instrumento 1]
	[Instrumento 2]

Fuente: Campbox SpA. Producción Taller

4.3.6.1 Diagramas de flujo Bizagi

La mejora propuesta busca solucionar el problema principal de fabricar en función de tipologías buscando una integración (Rowman, 2009) con respecto al funcionamiento y las herramientas antes aplicadas para mantener un flujo continuo de trabajo y no que sea en función de las urgencias, a continuación, se presenta la propuesta general del funcionamiento de Campbox:

Ilustración 13: Diagrama de flujo de Campbox

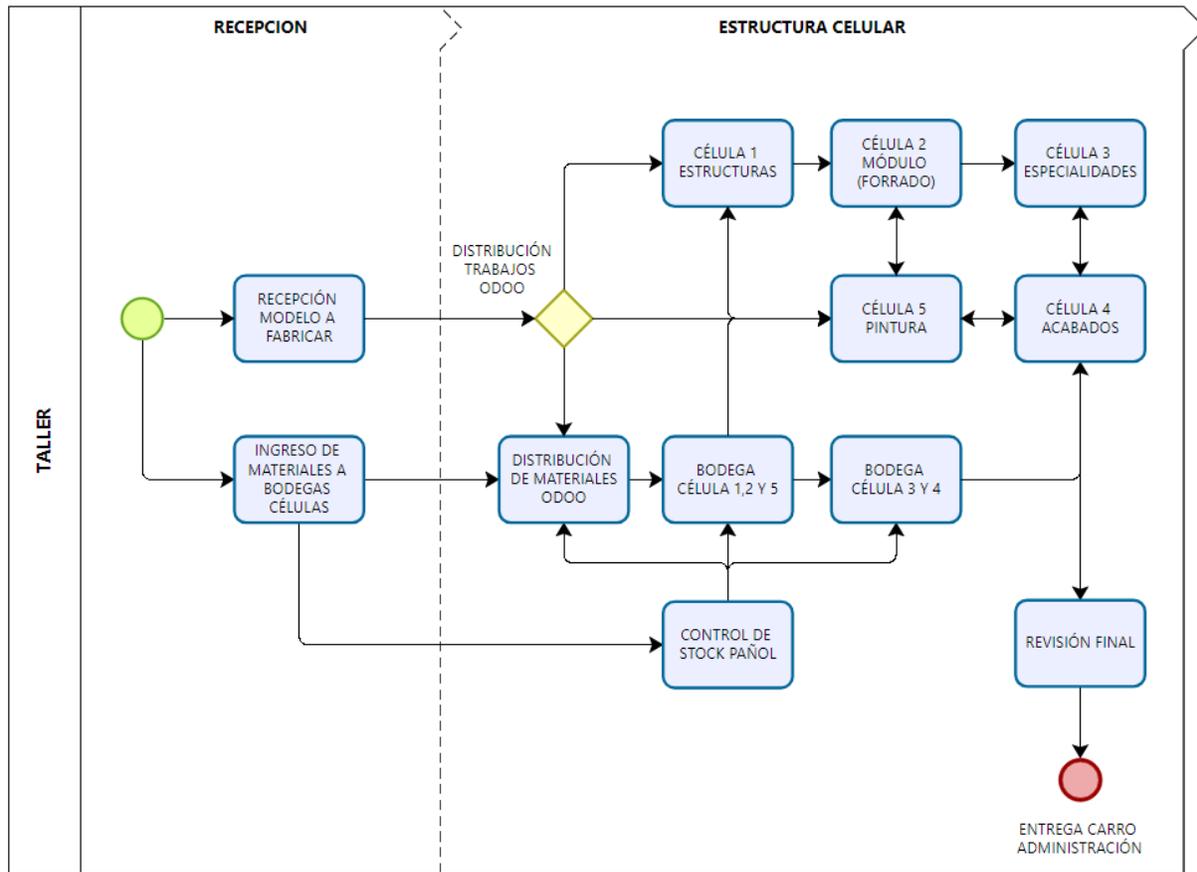


Fuente: Campbox SpA. Operaciones

Al estar completamente integrado con OdoO permite evitar los pasos manuales que actualmente posee Campbox, en la gestión financiera y administrativa, como están estandarizados los proyectos el cliente los aprueba con sus extras en la compra y no existen cambios posteriores o antojadizos, así todos los Stakeholders (administración, taller, clientes) acceden a información actualizada en OdoO sin incertidumbres.

En la propuesta del sub proceso de taller, se busca optimizar de manera genérica los procesos por medio de células con control de avances, cartillas y subdividir los trabajos para cubrir los procesos acordes a los trabajos y no a los proyectos.

Ilustración 14: Diagrama de flujo de sub proceso taller



Fuente: Campbox SpA. Operaciones taller

Cada célula posee un control independiente ya determinado por el tipo de trabajo que realiza, controles y avances definidos, estos permitirán el avance en el término de proyecto que se esté desarrollando y no dependen entre ellas los trabajos. La distribución de trabajos y materiales se gestiona mediante señales digitales en Odoos permitiendo adaptar recursos según demanda.

Hasta 5 proyectos pueden avanzar en paralelo, reduciendo el lead time de 132 días a 70 días, mejorando la productividad. Para solventar este sistema de trabajo se debe renovar la estructura organizacional de la empresa, que será expuesta en el cálculo económico para cuantificar la nueva planta.

4.3.7 Implementación de tecnologías habilitadoras

La propuesta de utilizar nuevas tecnologías en la Industria 4.0 redefine los paradigmas productivos mediante la convergencia de tecnologías digitales y físicas con sistemas ERP integrados (Odoo Enterprise), realidad aumentada (RA) y escaneo láser 3D emergen como pilares para la optimización operativa. En Campbox, la adopción de estas herramientas responde a la necesidad de superar desafíos críticos mediante un enfoque basado en datos, automatización y trazabilidad. A continuación, se detalla la implementación técnica de estas tecnologías, alineadas con los principios de Lean Manufacturing y gestión de proyectos moderna.

4.3.7.1 Sistema ERP Odoo Enterprise

Para solucionar el problema crítico del uso indebido de adelantos y proporcionar una plataforma digital unificada, se implementará Odoo Enterprise con los siguientes módulos clave:

Odoo Manufacturing:

- Planificación de producción basada en MRP II
- Seguimiento de órdenes de trabajo.
- Control de inventario en tiempo real.
- Programación de mantenimiento preventivo

Odoo Project:

- Gestión de proyectos con seguimiento financiero separado.
- Control de adelantos por proyecto.
- Alertas de desviación presupuestaria.
- Trazabilidad completa de gastos por proyecto.

Odoo Inventory:

- Gestión de inventario integrada con Kanban.
- Trazabilidad de lotes y números de serie.

- Previsión de necesidades basada en modelo Winter.
- Control FIFO/LIFO según tipo de material.

La integración de estos módulos permitirá la separación de fondos por proyecto, eliminando el problema del uso indebido de adelantos y proporcionando transparencia financiera.

4.3.7.2 Realidad Aumentada para Ensamblaje

La implementación de Realidad Aumentada (RA) (Schwab, 2016) como herramienta de apoyo al proceso de ensamblaje permitirá:

Visualización 3D de componentes complejos:

- Proyección de modelos 3D sobre el chasis físico.
- Validación visual de alineación y posicionamiento.

Guías paso a paso en tiempo real:

- Secuencias de ensamblaje optimizadas.
- Especificaciones técnicas superpuestas.
- Validación de tareas completadas.

Entrenamiento interactivo:

- Simulación de operaciones complejas.
- Retroalimentación inmediata de errores.
- Aceleración de curva de aprendizaje.

Para su implementación se utilizará la plataforma Vuforia Studio integrada con los diseños en Inventor y CAD existentes, será visualizada a través de tabletas industriales en las células de trabajo en taller (Martínez, 2024).

Tabla 38: Ubicación Tablets y función

Módulo	Ubicación	Funciones Integradas
Estructuras	Célula 1	RA para soldadura + gestión Kanban
Forrado	Célula 2	RA para colocación paneles + control calidad
Especialidades	Célula 3	RA para instalaciones + seguimiento órdenes
Acabados	Célula 4	RA para terminaciones + check-lists digitales
Pintura	Célula 5	Control de parámetros + gestión visual
Equipo de diseño	2 und	Traspaso de información, impresión 3D
Equipo operaciones	2 und	Gestión de la información, métricas
Jefe de proyectos	1 und	Gestión de mejoras e ingeniería inversa

Fuente: Campbox SpA. Innovación

4.3.7.3 Escaneo Láser 3D para Control Dimensional

La incorporación de un sistema de escaneo FJD Trion S2 permitirá:

Validación dimensional precisa:

- Comparación de nube de puntos con modelo 3D
- Detección automática de desviaciones.
- Documentación digital completa.

Control de calidad avanzado:

- Tolerancias dimensionales de ± 2 mm.
- Verificación de geometrías complejas.
- Generación automática de informes de conformidad.

Ingeniería inversa para mejora continua:

- Análisis de deformaciones bajo carga.
- Optimización de estructura basada en datos reales.
- Documentación digital de modificaciones.

El proceso de escaneo se integrará en puntos específicos del flujo productivo, particularmente después de la fabricación del chasis y previo a la entrega final.

4.3.8 Estructuración de proyectos de mejora con enfoque en I+D+i

La retroalimentación se basa en un modelo de gestión de Nonaka y Takeuchi (Álvarez, 2001) y establece cuatro procesos de conversión del conocimiento: socialización, externalización, combinación e internalización. Así se crea un círculo virtuoso para que los operarios extrapolen conocimiento explícito en la empresa y generar una innovación continua, esto permite una mejora transversal y el desarrollo de capacidades técnicas y competitivas si aplicamos sistemáticamente los siguientes puntos:

- Conocimiento operativo: Aprendizaje directo de la ejecución de proyectos.
- Conocimiento técnico: Desarrollo de soluciones a problemas específicos.
- Conocimiento estratégico: Aplicación de innovaciones que generan diferenciación en el mercado.
- Sistema Integrado de Gestión del Portafolio de Proyectos

El portafolio de proyectos debe llevarse con un asesor externo bajo la estructura PMI (Project Management Institute) para que este adapte procesos de innovación organizando en tres categorías:

Proyectos de Mejora Operativa: Tiene como objetivo específico de corto y mediano plazo solucionar los problemas del análisis de criticidad actuales y futuros en un plazo estimado de tres a seis meses máximo se podrán estandarizar por ejemplo procesos de soldadura para responder a la norma internacional ISO 3834 de calidad y AWS (American Welding Society) para códigos de soldadura de acero estructural. Generar continuidad en la implementación 5S de áreas críticas, optimizar procesos para mejorar la eficiencia en los proyectos. Integrar el sistema Kanban en células productivas desarrollando estándares visuales de control de calidad.

Proyectos de Innovación Estratégica: Tiene como objetivo de largo plazo desarrollar nuevas capacidades diferenciadoras que impacten positivamente en el negocio con un plazo máximo de un año plantear un sistema de innovación usando metodologías como Design Thinking quedando abierto a alinear los siguientes pasos en la industria 5.0, por ejemplo marcar la línea de innovación en fabricación nacional con las nuevas

tecnologías de realidad aumentada para ensamblaje de carros desarrollando un sistema digital integrado de gestión con Odoos y gemelos digitales con IoT.

Integración de I+D+i en el Modelo de Mejora Continua: Aplicar constantemente el componente de I+D+i en su estructura con la metodología Stage-Gate® (Cooper, 2008), estableciendo cinco fases para el desarrollo de las iniciativas de innovación:

- **Descubrimiento:** Identificar oportunidades basadas en datos del control estadístico y análisis de criticidad.
- **Alcance:** Evaluación preliminar técnica y de negocio de cada oportunidad.
- **Caso de Negocio:** Desarrollo de un plan detallado, análisis costo-beneficio.
- **Desarrollo:** Ejecución del proyecto bajo metodología ágil-híbrida.
- **Validación:** Pruebas piloto en entorno productivo real.
- **Lanzamiento:** Implementación a escala completa y medición de resultados.

Proceso de implementación de soluciones a los diferentes problemas de raíz:

- **Etapa 1: Implementación de soluciones para uso indebido de adelantos (Semanas 1-6) (UIF)**
 - **Semana 1-2:** Implementar estructura financiera en Odoos Enterprise, configurar proyectos con segregación financiera, definición de reglas de control de acceso y de gastos.
 - **Semana 3-4:** Establecer controles operativos, desarrollo de Workflow de aprobación de adelantos, alertas de para desviaciones automáticas.
 - **Semana 5-6:** Capacitación y transición, formación de personal administrativo y operativo, migración de datos de proyectos activos al nuevo sistema.
- **Etapa 2: Implementación de soluciones para ineficiencia en uso de recursos (Semanas 4-10) (IR)**
 - **Semana 4-5:** Implementar 5S en áreas críticas, clasificar y organizar herramientas e insumos, establecer estándares visuales.

- **Semana 6-7:** Redistribuir Layout celular, configurar células de trabajo por familia de productos, señalización y flujos de material.
- **Semana 8-10:** Implementar Kanban, calculo y configuración de tarjetas para materiales críticos, integración con sistema Oddo Inventory.
- **Etapa 3: Implementación de soluciones para retrasos en entregas (Semanas 8-14) (RP)**
 - **Semana 8-9:** Estandarización de procesos críticos, desarrollo de SOPs para procesos críticos, implementación de control visual para seguimiento de avance.
 - **Semana 10-12:** Implementación de control estadístico de procesos, configuración de cartas de control para variables críticas, capacitación en interpretación y respuesta a señales.
 - **Semana 12-14:** Implementación de nuevas tecnologías, configuración de Realidad aumentada para procesos de fabricación y ensamble, integración de escáner laser 3D con nube de puntos de control dimensional y habilitaciones.

4.3.9 Análisis de criticidad y priorización de problemas

Este punto retoma los tres problemas raíz abordados y que se debe implementar el análisis de criticidad de manera recurrente al final de la etapa hacer.

Es fundamental realizar un análisis de riesgos para identificar posibles problemas que puedan surgir durante la ejecución del procedimiento. Las precauciones deben ser comunicadas a todo el personal involucrado. En caso de que se presenten situaciones comunes que afecten el proceso, se deben seguir las acciones correctivas establecidas en este documento para mitigar los efectos y asegurar la continuidad del proceso.

Este procedimiento debe ser revisado y actualizado periódicamente para asegurar su relevancia y efectividad.

- **Nuevo análisis de criticidad problema 1: Uso indebido de adelantos (UIF)**

Tabla 39: Nuevo análisis de frecuencias UIF

Criterio de Frecuencia	Calificación	Justificación
Ocurrencia en proyectos	3	Se estima 30% de adelantos utilizados para fines distintos.
Recurrencia temporal	2	No se permite sin autorización por medio de Odoo
Afectación a proyectos	2	No afecta a todos los proyectos, fuentes diferenciadas
Calificación	2	Nivel: Baja

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

Tabla 40: Nuevo análisis de consecuencias UIF

Criterio de Consecuencia	Calificación	Justificación
Impacto financiero	3	No existen sobrecostos ni problemas de liquidez.
Impacto operativo	4	Posibles retrasos en materiales y recursos, con Odoo.
Impacto reputacional	1	No afectan a clientes problemas menores
Calificación promediada	3	Nivel: Menor

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

Con estas implementaciones las métricas de seguimiento mejoran en la implementación de recursos utilizados correctamente de un 32% a un 70%, para que al fin de esta mitigación el porcentaje de proyectos trazados con sus correspondientes adelantos sea superior al 90%. Consideramos como primera etapa este problema porque es el que arrastra a todos los demás.

Tabla 41: Nueva matriz de riesgo UIF

		NUEVA MATRIZ DE RIESGOS UIF				
		CONSECUENCIAS				
		MINIMA	MENOR	MODERADA	MAYOR	MAXIMA
FRECUENCIA		1 a 2	3 a 4	5 a 6	7 a 8	9 a 10
MUY ALTA	5					
ALTA	4					
MEDIA	3					
BAJA	2		6			
MUY BAJA	1					

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

- Nuevo análisis de criticidad problema 2: Ineficiencia en uso de recursos (IR)

Tabla 42: Nuevo análisis de frecuencias IR

Criterio de Frecuencia	Calificación	Justificación
Ocurrencia en procesos	3	Se observa en el 30% de los procesos productivos
Recurrencia temporal	2	No se produce recurrencia por control de Odo
Afectación a productos	2	No afecta en los proyectos
Calificación	2	Nivel: Baja

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

Tabla 43: Nuevo análisis de consecuencias IR

Criterio de Consecuencia	Calificación	Justificación
Impacto financiero	6	Disminución de sobre costos aumenta rentabilidad
Impacto operativo	5	Capacidad utilizada al 75%
Impacto competitivo	4	Reduce competitividad en precios
Calificación promediada	5	Nivel: Moderada

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

Ahora el porcentaje de utilización de capacidad productiva como meta es pasar del 58% al 75%, reduciendo el porcentaje de movimientos y compras innecesarias,

aumentando la rotación del inventario durante el año. Al igual que el problema anterior le dimos segunda prioridad a este problema porque cuando se ordenan las finanzas se ordenan las compras.

Tabla 44: Nueva matriz de riesgo IR

		NUEVA MATRIZ DE RIESGOS IR				
		CONSECUENCIAS				
		MINIMA	MENOR	MODERADA	MAYOR	MAXIMA
FRECUENCIA		1 a 2	3 a 4	5 a 6	7 a 8	9 a 10
MUY ALTA	5					
ALTA	4					
MEDIA	3					
BAJA	2			10		
MUY BAJA	1					

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

- **Nuevo análisis de criticidad problema 3: retrasos en proyectos (RP)**

Tabla 45: Nuevo análisis de frecuencias RP

Criterio de Frecuencia	Calificación	Justificación
Ocurrencia en proyectos	3	El 10% de los proyectos sufren retrasos en su entrega
Recurrencia temporal	3	Se observa consistentemente durante los últimos 12 meses
Magnitud de los retrasos	1	Retrasos promedio de 1 semana por proyecto
Calificación promediada	2	Nivel: Baja

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

Tabla 46: Nuevo análisis de consecuencias RP

Criterio de Consecuencia	Calificación	Justificación
Impacto financiero	4	Sobrecostos por extensión de plazos
Impacto reputacional	2	Insatisfacción del cliente y deterioro de la imagen
Impacto comercial	1	Reducción en la probabilidad de obtener nuevos proyectos
Calificación promediada	2	Nivel: Mínima

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

Habiendo cubierto los problemas anteriores ya podemos abarcar el de fabricación y la mejora para no tener retrasos, dentro de las métricas interesa aumentar la brecha de porcentaje de proyectos entregados a tiempo de un 50% a 75% en 14 semanas, también como consecuencia de lo mismo la reducción de los tiempos de ciclo promedio de fabricación aumentando al menos un 25% en ese periodo.

Tabla 47: Nueva matriz de riesgo RP

		NUEVA MATRIZ DE RIESGOS RP				
		CONSECUENCIAS				
		MINIMA	MENOR	MODERADA	MAYOR	MAXIMA
FRECUENCIA		1 a 2	3 a 4	5 a 6	7 a 8	9 a 10
MUY ALTA	5					
ALTA	4					
MEDIA	3					
BAJA	2	4				
MUY BAJA	1					

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

Realizando la comparación de ambos resultados de criticidad entre el proceso actual vs la propuesta de mejora, se observa una considerable disminución dado lo puntual de los problemas y que al eliminarlos no siguen arrastrando problemas mayores. Como resulta con el uso indebido de adelantos y la ineficiencia del uso de recursos que como vemos en las tablas de consecuencias disminuyen considerablemente los temas secundarios que arrastran estas malas prácticas.

Tabla 48: Comparativa de matrices de riesgo

Problema	Criticidad antes de mejora	Criticidad despues de mejora	Variación
Retrasos en la entrega de proyectos (RP)	32	4	-88%
Uso indebido de adelantos financieros (UIF)	40	6	-85%
Ineficiencia en el uso de recursos (IR)	36	10	-72%

Fuente: Campbox SpA. Área de finanzas

- **Monitoreo de Evolución del Nivel de Riesgo**

Para cada problema se debe establecer un proceso de reevaluación, que permita evaluar constantemente que no existan desviaciones de fondos de proyecto y mal uso de recursos, que mediante las herramientas que se implementan en las otras etapas permitirá que el riesgo se mantenga en el mínimo, a continuación, la tabla de frecuencias y responsables:

Tabla 49: Frecuencia de reevaluación y responsables de criticidad

Problema	Frecuencia de reevaluación	Responsable	Objetivo de reducción (6 meses)
Uso indebido de adelantos	Quincenal	Gerente de Administracion	Criticidad < 8
Ineficiencia en el uso de recursos	Mensual	Jefe de Producción	Criticidad < 15
Retrasos en la entrega de proyectos	Mensual	Jefe de Proyectos	Criticidad < 5

Fuente: Campbox SpA. Área de Administración

4.4 Fase verificar (Check)

La fase de verificar dentro del modelo PDCA constituye una etapa de verificación y monitoreo continuo de las soluciones implementadas. Su objetivo es cuantificar el impacto de las mejoras, asegurar la estabilidad de los procesos y validar los estándares definidos.

4.4.1 Control Estadístico de Procesos (CEP)

El sistema de Control Estadístico de Procesos proporcionará la capacidad de monitorear y controlar la variabilidad en los procesos críticos (Shewhart, 1931). Se implementarán cartas de control específicas para las siguientes variables y atributos clave:

Tabla 50: Implementación de cartas de control por proceso

Proceso	Variable/Atributo	Tipo de carta	Frecuencia muestreo	Tamaño muestra
Soldadura estructural	Dimensiones cordón	\bar{X} -R	Cada 2 horas	n=5
Soldadura estructural	Porosidades	c	Cada unidad	100%
Forrado	Alineación planchas	\bar{X} -R	Cada unidad	n=3
Pintura	Espesor capa	\bar{X} -R	Cada unidad	n=8
Pintura	Defectos superficiales	u	Cada unidad	100%
Acabados	Alineación componentes	\bar{X} -R	Cada unidad	n=5
Acabados	Defectos estéticos	c	Cada unidad	100%

Fuente: Campbox SpA. Calidad

La implementación del Control Estadístico de Procesos (CEP) en Campbox debe seguir un enfoque estructurado y riguroso:

Marco de implementación del CEP:

1. **Selección de variables críticas:** Las variables y atributos seleccionados para monitoreo se determinaron mediante un Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) previo, que identificó las características críticas para la calidad (CTQs) con mayor impacto en la satisfacción del cliente y el rendimiento operacional.
2. **Selección técnica de los tipos de cartas de control:** Cartas \bar{X} -R (medias y rangos) para dimensiones de cordones de soldadura son seleccionadas porque permiten monitorear tanto la tendencia central como la variabilidad en un proceso continuo con subgrupos racionales bien definidos (n=5). Cartas C (cartas control de defectos) para porosidades: Adecuadas para conteo de defectos cuando el área de oportunidad es constante. Cartas U para defectos superficiales óptimas para monitorear defectos por unidad cuando el área de inspección puede variar entre unidades.

3. Protocolo de muestreo estadísticamente válido:

- Tamaño de muestra: Determinado mediante la fórmula $n = (Z^2\sigma^2)/E^2$, donde Z es el nivel de confianza (1.96 para 95%), σ es la desviación estándar histórica, y E es el error máximo permitido.
- Frecuencia de muestreo: Establecida según la teoría del Average Run Length (ARL₀) para optimizar la relación entre sensibilidad a cambios y falsas alarmas.
- Método de selección: Muestreo estratificado para garantizar representatividad del proceso completo.

4. Cálculo de límites de control mediante métodos robustos: Los límites de control se establecerán utilizando estimadores robustos para minimizar el impacto de valores atípicos:

- Estimador de tendencia central: Media recortada al 5%.
- Estimador de dispersión: Rango intercuartílico normalizado.

5. Sistema de respuesta a señales de inestabilidad: Se implementará un protocolo de respuesta escalonado:

- Nivel 1: Verificación inmediata del instrumento y re muestreo.
- Nivel 2: Análisis de causas especiales con diagrama de Ishikawa.
- Nivel 3: Acción correctiva y verificación de efectividad.

4.4.2 Análisis de Capacidad de Procesos

Se implementa sistema de evaluación periódica de la capacidad de procesos críticos mediante el cálculo de índices Cp, Cpk y nivel sigma, donde los índices Cp y Cpk son estimadores de la capacidad potencial y real basados en la comparación entre la amplitud de especificación y la dispersión natural del proceso como a continuación se indica:

Tabla 51: Objetivos de capacidad de proceso por variable crítica

Variable de proceso	Situación actual	Objetivo a 6 meses	Objetivo a 12 meses
Dimensión cordones soldadura	Cp=1.02, Cpk=0.68	Cp≥1.33, Cpk≥1.0	Cp≥1.5, Cpk≥1.33
Espesor capa pintura	Cp=0.72, Cpk=0.67	Cp≥1.0, Cpk≥0.8	Cp≥1.33, Cpk≥1.0
Alineación componentes	No medido	Cp≥1.0, Cpk≥0.8	Cp≥1.33, Cpk≥1.0

Fuente: Campbox SpA. Calidad

Para el cálculo de estos índices se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$Cp = (LSE - LIE) / (6\sigma)$$

$$Cpk = \min[(LSE - \mu)/(3\sigma), (\mu - LIE)/(3\sigma)]$$

$$\text{Nivel sigma} = 3Cpk + 1.5 \text{ (aproximación para procesos no centrados)}$$

Donde:

- LSE = Límite Superior de Especificación
- LIE = Límite Inferior de Especificación
- μ = Media del proceso
- σ = Desviación estándar del proceso

El monitoreo del DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades) se realizará mediante:

$$DPMO = (\text{Defectos} \times 1,000,000) / (\text{Unidades} \times \text{Oportunidades})$$

Se establecen los siguientes objetivos de mejora para los DPMO por área.

Tabla 52: Objetivos de reducción de DPMO por área

Área	DPMO actual	Nivel sigma actual	DPMO objetivo	Nivel sigma objetivo
Estructuras	331,579	1.9	<100,000	>2.8
Forrado	484,615	1.6	<150,000	>2.5
Pintura	393,75	1.8	<100,000	>2.8
Acabados	225	2.2	<66,800	>3.0
Global	358,736	1.9	<100,000	>2.8

Fuente: Campbox SpA. Calidad

Consideraciones para muestras pequeñas: En procesos como los de Campbox con muestras relativamente pequeñas ($n=10$), se aplican factores de corrección para evitar subestimaciones de la variabilidad.

$$\sigma_{\text{corregida}} = \sigma_{\text{muestra}} \times (1 + 3/(4(n-1)))$$

4.4.3 Sistema de KPIs Integrados

Se implementará un Balanced Scorecard específico para monitorear el desempeño del modelo de gestión propuesto:

Tabla 53: KPIs estratégicos para seguimiento del modelo de gestión

Perspectiva	KPI	Fórmula	Situación actual	Meta
Financiera	% Adelantos utilizados correctamente	$(\text{Adelantos aplicados al proyecto correspondiente} / \text{Total adelantos}) \times 100$	32%	>95%
Financiera	Margen de contribución	$(\text{Precio venta} - \text{Costo variable}) / \text{Precio venta} \times 100$	18%	>30%
Cliente	Cumplimiento de plazo	$(\text{Proyectos entregados a tiempo} / \text{Total proyectos}) \times 100$	50%	>90%
Cliente	Satisfacción del cliente	Puntuación encuesta (1-5)	3.6/5	>4.5/5
Procesos	First Pass Yield	$(\text{Unidades sin defectos} / \text{Total unidades}) \times 100$	64.3%	>85%
Procesos	Overall Equipment Effectiveness	$\text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad} \times 100$	58%	>85%
Aprendizaje	% Procesos estandarizados	$(\text{Procesos con SOP implementado} / \text{Total procesos}) \times 100$	<10%	>90%
Aprendizaje	Sugerencias implementadas	# de mejoras implementadas / empleado / año	<1	>5

Fuente: Campbox SpA. Calidad

Este sistema de KPIs se visualizará en un Dashboard en tiempo real accesible para toda la organización, promoviendo la transparencia y el enfoque en resultados.

4.4.4 Auditorías de proceso y producto

Las auditorías de proceso y producto son herramientas críticas para validar la efectividad del modelo de gestión implementado en Campbox. Su objetivo es garantizar el cumplimiento de los estándares operativos y la calidad de los productos entregados, identificando desviaciones que podrían afectar el logro de los objetivos estratégicos.

4.4.4.1 Auditorías de Proceso

Su objetivo es verificar que los procesos se ejecuten según los procedimientos estandarizados (SOPs) y detectar oportunidades de mejora.

Áreas clave

- Fabricación de chasis.
- Soldadura estructural.
- Instalaciones eléctricas e hidráulicas.
- Gestión de materiales

Tabla 54: Check List de ejemplo

Criterio	Cumple (✓)	No cumple (X)	Observaciones
Uso de EPP en zona de soldadura	✓		Operarios utilizan máscaras auto-oscuribles
Tiempos de ciclo vs estándar		X	Retraso de 15 min en ensamblaje por falta de componentes

Fuente: Campbox SpA. Calidad

4.4.4.2 Auditorías de Producto

Su objetivo es validar que los carros entregados cumplan con especificaciones técnicas y expectativas del cliente.

Parámetros evaluados:

- Dimensiones críticas (tolerancia ± 2 mm)
- Estanqueidad de sistemas hidráulicos
- Funcionalidad eléctrica
- Acabado estético

Tabla 55: Check List de ejemplo

Característica	Método de verificación	Resultado
Alineación ejes	Escáner láser 3D	Desviación: 1.8 mm (dentro de tolerancia)
Impermeabilización	Prueba de lluvia simulada	Filtración en unión techo-pared

Fuente: Campbox SpA. Calidad

4.4.4.3 Metodología de Implementación

Aca abordamos el cómo se debe instaurar las auditorias (Stamatis, 2003), por medio de un ejemplo concreto tipo:

Tabla 56: Frecuencia y responsables

Tipo de auditoría	Frecuencia	Responsable
Proceso	Semanal	Equipo de Calidad + Líder de proceso
Producto	Por lote de producción	Ingeniero de Calidad + Representante de cliente

Fuente: Campbox SpA. Calidad

Planificación:

- Definir alcance y criterios (basados en SOPs y especificaciones técnicas).
- Seleccionar muestras estadísticamente significativas (ej: 10% del lote).

Ejecución:

- Usar listas de verificación digitales integradas al ERP Odo.
- Registrar evidencias fotográficas y mediciones objetivas.

Análisis:

- Calculo índice de conformidad:

$$IC = \frac{\text{N° de ítems conformes}}{\text{Total de ítems auditados}} \times 100$$

- Clasificar no conformidades por criticidad:

Tabla 57: Clasificación de no conformidades por criticidad

Nivel	Acción
Crítico (IC < 90%)	Detener producción y activar protocolo de contingencia
Mayor (90% ≤ IC < 95%)	Corregir en 24 horas con análisis de causa raíz
Menor (IC ≥ 95%)	Registrar para mejora continua

Fuente: Campbox SpA. Calidad

Reporte:

- Generar informe automatizado con:
- Gráficos de tendencia
- Análisis Pareto de no conformidades
- Acciones correctivas asignadas

Tabla 58: Indica como se conecta con KPIs

KPI	Fórmula	Meta
Eficacia de auditoría	N° hallazgos identificados	≥95%
	N° hallazgos resueltos	
Costo de no calidad	$\sum(\text{Retrabajos} + \text{Penalizaciones})$	Reducción del 30% anual

Fuente: Campbox SpA. Calidad

4.5 Fase Actuar (Act)

4.5.1 Estandarización de Mejoras

Para garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas, se establecerá un sistema de gestión del conocimiento que incluye:

Documentación digital estructurada:

- Base de datos centralizada en Odoo.
- Procedimientos operativos con videos instructivos.
- Biblioteca de lecciones aprendidas.

Mecanismo de actualización controlada:

- Proceso de control de cambios.
- Validación técnica de modificaciones.
- Gestión de versiones documentales.

Tableros de estándares visuales:

- Parámetros de proceso actualizados.

- Ejemplos físicos de calidad aceptable.
- Muestras de referencia para comparación.

La estandarización de mejoras se complementará con un programa de certificación.

4.5.2 Gestión del Conocimiento

La gestión del conocimiento en Campbox se estructura bajo el modelo SECI de Nonaka-Takeuchi, (Álvarez, 2001) adaptado al contexto industrial chileno y a los objetivos de exportación de carros que pretende a futuro la empresa. Su implementación considera tres pilares:

1. Sistema de Captura del Conocimiento Tácito

Herramientas:

- Comunidades de Práctica (CoP): Grupos multidisciplinarios que analizan problemas recurrentes (ej: soldaduras defectuosas).
- Bitácoras digitales: Registro en tiempo real de ajustes críticos durante procesos especializados.
- Entrevistas estructuradas: Sesiones mensuales con operarios senior para documentar técnicas no estandarizadas.

Tabla 59: Ejemplo práctico de captura de conocimiento

Técnica	Operario	Proceso	Impacto
Soldadura en ángulo de 75°	Juan Pérez	Fabricación chasis	Reduce porosidades en un 32%

Fuente: Campbox SpA. Innovación

2. Plataforma de Conocimiento Organizacional

- Arquitectura tecnológica: Base de datos centralizada: Integrada con Odoo Enterprise, con: 85% de contenido generado por usuarios (técnicas operativas, soluciones innovadoras) 15% de conocimiento estructurado (manuales técnicos, certificaciones)

- Motor de búsqueda semántica: Asocia términos técnicos en español/inglés para soporte a exportaciones.
- Capacitaciones compradas por la empresa.

Tabla 60: Flujo de Validación

Operario → Propone solución → Valida ingeniero senior → Publica en base → Mide impacto (KPIs)

Fuente: Campbox SpA. Innovación

3. Transferencia a Mercados Objetivo

Para facilitar exportaciones (ej: Australia, Canadá):

- Traducción automática de procedimientos: Español → Inglés/Francés con validación humana.
- Adaptación cultural: Modificación de estándares según normativas destino (ej: AS/NZS 2312 para minería australiana).
- Banco de pruebas virtual: Simulaciones de condiciones extremas (-40°C a +50°C) usando datos de clientes internacionales.

4.5.3 Programa de Certificación Estratégica

Se expone un resumen de certificaciones internacionales y en minería:

Tabla 61: Certificaciones prioritarias

Certificación	Organismo	Alcance	Timeline
ISO 19443:2018	Bureau Veritas	Gestión calidad para suministros nucleares/mineros	12 meses
NCh 2909:2015	INN Chile	Vehículos para faenas mineras	6 meses
ISO 39001:2018	AENOR	Seguridad vial (requisito UE para exportación)	9 meses

Fuente: Campbox SpA. Innovación

1. Ruta Crítica de Implementación

Fase 1: Diagnóstico Integral (Mes 1-3)

- GAP Analysis: Comparación de procesos actuales vs requisitos ISO 19443 y NCh 2909.
- Matriz de madurez:

Tabla 62: Matriz de madurez

Proceso	Nivel actual (1-5)	Brecha
Soldadura	3.2	Falta documentación en
Control calidad	4.1	Requiere integración con

Fuente: Campbox SpA. Innovación

2. Desarrollo de Capacidades (Mes 4-9)

Programa dual de formación:

- Operarios: Certificación NCh 2728 (Soldadura para minería)
- Ingenieros: Diplomado en Gestión de Calidad (U. de Chile)

Laboratorio de pruebas:

- Ensayos destructivos según ASTM E8/E23
- Certificación de materiales bajo norma EN 10204 3.1

3. Certificación Oficial (Mes 10-12)

Auditoría de etapa:

- 5 días de evaluación in situ + 3 días remotos
- Muestra estadística: $n = \sqrt{(\text{lote}) + 2}$ (MIL-STD-1916)

Documentación clave:

- Manual de calidad trilingüe (ES/EN/FR)
- Registros de trazabilidad para 100% de componentes críticos

4.6 Conclusiones del Capítulo

El modelo de gestión propuesto constituye una solución integral y técnicamente fundamentada para los problemas críticos identificados en Campbox. Su diseño se basa en principios probados de ingeniería industrial, adaptados específicamente al contexto y necesidades de la empresa.

Los resultados esperados permitirán a Campbox operar con niveles de eficiencia comparables a los referentes de la industria 4.0, mejorando su posición competitiva y asegurando su sostenibilidad a largo plazo, procurando avanzar en la industria 5.0.

Capítulo 5: Análisis de Costo Beneficio del proyecto

La metodología empleada considera tanto variables cuantitativas como cualitativas, estableciendo un horizonte temporal de evaluación de 12 meses, período que permite una recuperación de la inversión y consolida las mejoras operacionales implementadas.

El análisis se fundamenta en datos recopilados de Campbox y cotizaciones actualizadas del mercado chileno. Se aplican principios de ingeniería económica y gestión financiera para determinar la viabilidad y rentabilidad del análisis propuesto.

5.1 COSTOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA

Este capítulo presenta la evaluación económica del modelo de gestión integral por la metodología costo beneficio, la que se abarcará desde una visión estructurada de la inversión, comprendiendo nuevas tecnologías habilitadoras, asesorías especializadas, capacitación y desarrollo organizacional. A continuación, se detallan todos los componentes de costo necesarios para la implementación en Campbox.

5.1.1 Tecnologías Habilitadoras

El sistema de escaneo láser 3D representa una inversión estratégica para el control dimensional preciso de carrocerías y la verificación automática de tolerancias según especificaciones técnicas. Esta tecnología permite la eliminación de defectos dimensionales que, actualmente, generan reprocesos en el 15% de los proyectos, según datos del diagnóstico operacional.

Su implementación se justifica por la necesidad crítica de control dimensional en estructuras metálicas complejas, donde las tolerancias de $\pm 2\text{mm}$ son fundamentales para el ensamblaje correcto de componentes, cuadraturas de chasis y la funcionalidad final del producto. Este sistema cumple con las necesidades técnicas del entorno industrial que el presente proyecto pretende en su visión de largo aliento en la industria 5.0.

5.1.1.1 Sistema de Escaneo Láser 3D para Control Dimensional Escáner Láser FJD Trion S2

El láser escáner 3D constituye una inversión crítica para el control dimensional preciso de carrocerías y la verificación de tolerancias según especificaciones técnicas del proyecto. Esta tecnología permite reducir defectos dimensionales y mejorar la calidad del producto final.

Tabla 63: Beneficio operacional Escáner

Especificación Técnica	Valor	Beneficio Operacional
Precisión dimensional	±2mm	Control de tolerancias críticas en chasis
Alcance de escaneo	360° x 270°	Captura completa de geometrías complejas
Velocidad de captura	500,000 puntos/seg	Reducción 75% tiempo inspección
Costo Total	\$14.990.000	ROI estimado 18 meses

Fuente: Realtek Chile (junio 2025), Operaciones Campbox.

Justificación de la Inversión:

- Eliminación de reprocesos por defectos dimensionales (actualmente 15% de proyectos).
- Documentación digital completa para trazabilidad.
- Capacidad de ingeniería inversa para optimización continua.
- Certificación de conformidad automática para clientes industriales.

5.1.1.2 Sistema de Realidad Aumentada Industrial

La implementación de Realidad Aumentada (RA) optimiza los procesos de ensamblaje mediante guías visuales precisas, reduciendo errores humanos en un 60% y acelerando la curva de aprendizaje del personal nuevo en un 50%, según estudios de implementación en manufactura similar. Su integración con sistemas ERP como Odoo (módulos de manufactura y calidad), habilita el acceso inmediato a manuales de procedimientos estandarizados (SOPs) y registros de no conformidades, asegurando que los operarios trabajen con información actualizada y trazable.

A continuación, se presentan las fuentes de donde se obtienen los costos asociados a este punto mediante cotizaciones.

Tabla 64: Referencia de cotizaciones:

Concepto	Precio Unitario (CLP)	Referencia
Samsung Galaxy Tab Active4 Pro	\$726.546	SoloTodo.cl, MercadoLibre
Licencia anual Vuforia	\$1.200.000	Cotización directa PTC
Desarrollo de apps RA	\$3.500.000	Proveedores TI nacionales
Capacitación en RA (1 hora)	\$20.000	Estimación mercado
SMART TV LG AI UHD 98" 4K	\$2.400.000	LG

Fuente: Campbox SpA. Innovación

Los siguientes costos de RA están considerados para diez trabajadores de la empresa, los que corresponden a las cinco células de trabajo y el equipo de proyectos.

Tabla 65: Costos sistema de RA

Componente	Especificación Técnica	Cantidad	Costo Unitario (CLP)	Costo Total (CLP)	Justificación Técnica
Tablets Industriales	Samsung Galaxy Tab Active4 Pro, IP68, MIL-STD-810H	10 unid.	726.546	7.265.460	Resistencia industrial + capacidad RA
Software RA Vuforia	Licencia profesional anual	1 licencia	1.200.000	1.200.000	Desarrollo aplicaciones específicas
Desarrollo Apps RA	Aplicaciones personalizadas soldadura/ensamblaje	1 proyecto	3.500.000	3.500.000	Guías visuales procesos críticos
SMART TV LG AI UHD 98" 4K	Smart Tv con conexión WIFI	1 und	2.400.000	2.400.000	Visualización tableros Andom
Capacitación RA	Entrenamiento personal técnico	40 horas	20.000/hora	800.000	Adopción tecnológica efectiva
Subtotal RA				15.165.460	

Fuente: Campbox SpA. Innovación

Beneficios Cuantificables:

- Reducción 40% tiempo de ensamblaje mediante guías visuales.

- Disminución 60% errores de soldadura por asistencia AR.
- Aceleración 50% curva aprendizaje personal nuevo.

5.1.1.3 Sistema ERP Odoo Enterprise

El sistema ERP constituye el núcleo tecnológico para resolver el problema crítico del uso indebido de adelantos mediante segregación financiera automática por proyecto, gestión integral de inventarios y manufactura con trazabilidad completa de recursos por proyecto.

Tabla 66: Costos Odoo y funciones

Módulo Odoo Enterprise	Usuarios	Costo Mensual (USD)	Costo Anual (CLP)	Funcionalidad Clave
Manufacturing	5 usuarios	100	1.140.000	Planificación producción MRP II
Project Management	8 usuarios	160	1.824.000	Control financiero por proyecto
Inventory	6 usuarios	120	1.368.000	Gestión Kanban e inventarios
Quality	3 usuarios	60	684.000	Control estadístico procesos
Total Anual ERP			5.016.000	

Fuente: Campbox SpA. Innovación

CALCULO BASE: Costo Anual = (100 USD × 12) × 950 CLP/USD = 1.140.000

Beneficios Específicos del ERP:

- Segregación financiera elimina uso indebido de adelantos.
- Trazabilidad completa de gastos por proyecto.
- Alertas automáticas de desviaciones presupuestarias.
- Integración Kanban digital para optimización inventarios.

5.1.2 Programa de Capacitación y Desarrollo Organizacional

El programa de capacitación se diseña específicamente para resolver los tres problemas raíces mediante el desarrollo de competencias técnicas especializadas y la implementación efectiva de las metodologías Lean-TPS que garanticen la sostenibilidad de las mejoras a futuro. (Virreira Avila, 2024)

5.1.2.1 Capacitación Lean Manufacturing y TPS

La formación especializada de los trabajadores de Campbox desarrolla y asienta las bases de las competencias futuras necesarias para una implementación exitosa de las herramientas de mejora continua, atacando directamente los problemas de ineficiencia y retrasos mediante la eliminación sistemática de desperdicios y la optimización de flujos de valor.

Tabla 67: Estructura del Programa Lean y TPS

Módulo de Formación	Proveedor	Participantes	Costo Total (CLP)	Referencia de Mercado	Objetivo Específico
Facilitador Lean Manufacturing	Lean Institute Chile	10 trabajadores	7.990.000	\$799.000 por persona	Eliminación desperdicios sistemáticos
TPS (Toyota Production System)	Proveedor especializado	10 trabajadores	5.000.000	Estimación mercado TPS	Implementación sistema Pull
Total Capacitación			12.990.000		

Fuente: Campbox SpA. Operaciones

Referencias de Costos:

- Lean Institute Chile: Programa Facilitador Lean certificado por Lean Global Network, con descuento aplicado de \$979.000 a \$799.000 por persona.
- Capacitación TPS (Terminal Pacifico Sur): Basada en programas especializados al mercado chileno para Sistema de Producción Toyota.

5.1.3 Asesoría en Gestión de Proyectos (PMP)

La consultoría especializada en Project Management Professional (PMP) es fundamental para la implementación metodológica correcta del modelo de gestión, garantizando la aplicación de mejores prácticas internacionales y la transferencia efectiva de conocimientos para resolver los problemas de planificación y control que generan los retrasos sistemáticos. Esta formación especializada desarrolla las competencias necesarias para la implementación exitosa de herramientas de mejora continua y gestión visual en el taller.

Tabla 68: Estructura de Costos de Consultoría PMP

Concepto	Horas/Mes	Tarifa/Hora (CLP)	Meses	Costo Trimestral (CLP)	Costo Anual (CLP)
Consultor Senior PMP	16	120.000	3	5.760.000	23.040.000
Implementación PMBOK	Incluido	Incluido	12	0	0
Capacitación interna	8	15.000	12	360.000	1.440.000
Desarrollo PMO	12	25.000	12	900.000	3.600.000
Total Asesoría PMP				7.020.000	28.080.000

Fuente: Campbox SpA. Administración

Metodología de Cálculo de Tarifas:

Las tarifas se basan en estudios salariales del mercado chileno para consultores PMP certificados, considerando un diferencial del 27% superior respecto a profesionales no certificados.

$$\text{Tarifa Base} = \text{Salario Anual PMP} \div 2.080 \text{ horas} \times \text{Factor Consultoría}$$

$$\text{Tarifa Base} = 43.901.906 \div 2.080 \times 1.35 = 120.000 \text{ CLP/hora}$$

Alcance de la Consultoría:

- Implementación metodologías PMBOK 7ma edición.
- Desarrollo de oficina de gestión de proyectos (PMO).
- Establecimiento de procesos de control de cronogramas.
- Gestión integral de riesgos por proyecto.

5.1.4 Certificaciones Estratégicas

Las certificaciones técnicas posicionan a Campbox para acceder a mercados especializados, particularmente el sector minero e industrial, que representa el 33% de los ingresos actuales, resolviendo el problema de competitividad mediante diferenciación técnica certificada.

Tabla 69: Costos certificaciones

Certificación	Alcance	Personal	Costo (CLP)	Beneficio Comercial
ISO 19443 (Nuclear/Minería)	Auditoría inicial empresa	Toda la organización	1.800.000	Acceso mercado minero
NCh 2728 (Soldadura)	3 soldadores certificados	3 soldadores	900.000	Calidad estructural garantizada
AWS D1.1 (Estructural)	Procesos críticos soldadura	2 soldadores senior	1.200.000	Certificación internacional
Total Certificaciones			3.900.000	

Fuente: Campbox SpA. Operaciones

Referencias de costos: INN Chile 2025, AWS Chile 2025.

5.1.5 Resumen de Costos Totales de Implementación

El siguiente resumen de costos consolidados representa la inversión que debe realizar Campbox para este proyecto de mejora. En este resumen se indican los porcentajes que representa cada ítem en el proyecto y el problema raíz que resuelve.

Tabla 70: Costos totales de implementación

Categoría de Inversión	Detalle Principal	Costo (CLP)	% del Total	Problema Raíz que Resuelve
Escáner 3D FJD Trion S2	Control dimensional preciso	14.990.000	18,71%	Ineficiencia en recursos
Sistema Realidad Aumentada	10 tablets + desarrollo	15.165.460	18,92%	Retrasos en entregas
ERP Odoon Enterprise	Gestión integral proyectos	5.016.000	6,26%	Uso indebido de adelantos
Asesoría PMP	Consultoría gestión proyectos	28.080.000	35,04%	Retrasos en entregas
Capacitación Lean-TPS	Formación personal	12.990.000	16,21%	Ineficiencia en recursos
Certificaciones	ISO + NCh + AWS	3.900.000	4,87%	Competitividad
TOTAL INVERSIÓN		80.141.460	100%	

Fuente: Campbox SpA. Administración

5.2 BENEFICIOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA

La cuantificación de beneficios se fundamenta en la eliminación sistemática de ineficiencias operacionales identificadas en el diagnóstico actual, aplicando metodologías de valorización económica y considerando, únicamente, beneficios con respaldo estadístico y documental de Campbox.

5.2.1 Beneficios Operacionales Directos por Problema Raíz

Los beneficios operacionales directos resultan de la eliminación específica de cada problema raíz identificado en el capítulo 3.3 del presente proyecto.

5.2.1.1 Reducción de Retrasos en Entregas de Proyectos(RP)

Esta sección analiza el impacto económico (Duarte, 2007) de la reducción sistemática de retrasos, considerando la corrección metodológica fundamental: en solo el 25% de los proyectos anuales se encuentran sujetos a penalizaciones contractuales por corresponder a clientes de licitaciones públicas que traspasan los mismos riesgos de la licitación, mientras que el 75% restante genera costos de oportunidad y deterioro de imagen comercial.

Campbox presenta retrasos sistemáticos en el 47% de sus proyectos, con un plazo promedio real de 132 días versus los 90 días comprometidos contractualmente. Esta situación genera diversos tipos de costos cuantificables por \$72.300.992. de pérdidas anuales, y otros no cuantificables que impactan la rentabilidad integral.

Tabla 71: Segmentación de Proyectos por Modalidad Contractual

Modalidad Contractual	Cantidad Anual	% del Total	Penalización	Justificación
Licitaciones Públicas	24 proyectos	25%	Sí (0.5% diario)	Contratos con organismos públicos
Contratos Privados	72 proyectos	75%	No directa	Acuerdos comerciales directos
Total Proyectos	96 proyectos	100%		Proyección demanda 2025

Fuente: Campbox SpA. Administración

- **Componente 1: Cálculo de Penalizaciones Evitadas**

Origen de datos:

- 96 proyectos anuales (8 por mes), de los cuales 25% (24 proyectos) corresponden a licitaciones públicas con cláusula de penalización contractual (fuente: diagnóstico Campbox y contratos).
- Penalización: 0,5% diario sobre el valor del proyecto.
- Valor promedio proyecto: \$12.000.000.
- Reducción de retraso: 25 días por proyecto (de 42 a 17 días).

Cálculo:

Penalización evitada anual

$$= \text{N}^\circ \text{ proyectos penalizables} \times \text{Valor proyecto} \times \text{Tasa penalización diaria} \\ \times \text{Días de reducción}$$

$$= 24 \times 12.000.000 \times 0,005 \times 25 = \$36.000.000$$

- **Componente 2: Mejora en Satisfacción del Cliente**

Origen de datos:

- Aplicable a los 96 proyectos anuales.
- Se estima una mejora del 2% en ventas atribuible a mejor satisfacción (benchmark sectorial y análisis de impacto en la cartera de clientes, Tabla 10).

Cálculo:

Beneficio satisfacción = Total proyectos × Valor promedio × Porcentaje mejora

$$= 96 \times 12.000.000 \times 0,02 = \$23.040.000$$

Tabla 72: Beneficios por reducción de retrasos

Tipo de Beneficio	Cálculo Metodológico	Beneficio Anual (CLP)	Justificación
Penalizaciones evitadas	$24 \times \$12M \times 0.5\% \times 25 \text{ días}$	36.000.000	Solo licitaciones públicas
Mejora satisfacción cliente	$96 \times \$12M \times 2\%$	23.040.000	Retención y nuevas vtas.
Total Beneficio Retrasos		59.040.000	

Fuente: Campbox SpA. Administración

5.2.1.2 Eliminación del Uso Indebido de Adelantos Financieros(UIF)

Este problema representa la criticidad más alta según la matriz de riesgo del proyecto de título. La implementación del ERP Odo Enterprise con segregación financiera automática por proyecto resuelve este problema mediante trazabilidad completa y control de acceso.

El desvío del 68% de los adelantos genera un déficit estructural en el financiamiento de cada proyecto, elevando la relación costo/venta al 82% cuando el umbral crítico se encuentra en el 70%. Esta práctica genera compras de urgencia que son 40% más costosas, representando un costo en pérdidas anuales de \$65.520.000.-

- **Componente 1: Cálculo para Eliminación de Compras de Urgencia**

Origen de datos:

- 96 proyectos anuales, cada uno con \$500.000 en compras de urgencia.
- Reducción del sobre costo de 40% a 15% gracias a la planificación.

Cálculo:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro compras urgencia} &= 96 \times 500.000 \times (0,4 - 0,15) \\ &= 96 \times 500.000 \times 0,25 = \$12.000.000 \end{aligned}$$

- **Componente 2: Cálculo de Control de Segregación de Fondos**

Origen de datos:

- Adelantos anuales totales: \$288.000.000 (96 proyectos × \$12.000.000 × 25% de adelanto promedio).
- Eficiencia estimada por control automático ERP: 5% (benchmark de eficiencia en segregación financiera, Tabla 12).

Cálculo:

$$\text{Ahorro segregación fondos} = 288.000.000 \times 0,05 = \$14.400.000$$

- **Componente 3: Calculo optimización de Flujo de Caja**

Origen de datos:

- Liberación de recursos por evitar financiamiento cruzado: \$12.000.000 × 2 proyectos (flujo de caja liberado por ciclo de proyecto, Tabla 12).

Cálculo:

$$\text{Ahorro flujo de caja} = 12.000.000 \times 2 = \$24.000.000$$

Tabla 73: Cálculo de Beneficios por Uso Indebido Adelantos Financieros

Concepto de Ahorro	Cálculo Metodológico	Beneficio Anual (CLP)	Justificación Técnica
Eliminación compras urgencia	96 proyectos × \$500.000 × (40% - 15%)	12.000.000	Reducción sobre costo 40% a 15%
Control segregación fondos	\$288M adelantos × 5% eficiencia	14.400.000	Control automático ERP
Optimización flujo caja	\$12M × 2 proyectos simultáneos	24.000.000	Eliminación financiamiento cruzado
Total Eliminación UIF		50.400.000	

Fuente: Campbox SpA. Administración

5.2.1.3 Optimización de Eficiencia en Uso de Recursos (IR)

Optimizar el uso de recursos resuelve el problema raíz de baja productividad y altos costos operacionales. El modelo de gestión propuesto aborda este problema a través de la mejora de la capacidad productiva, la optimización de inventarios, la reducción de reprocesos y la mejora en la productividad de mano de obra.

La capacidad instalada actual del 58% versus el potencial del 75%, junto con tiempos de fabricación de chasis de 42 horas versus el estándar sectorial de 32 horas, representa una oportunidad de mejora cuantificable mediante la implementación de técnicas Lean-TPS. Este problema genera pérdidas anuales de \$121.191.232.-

- **Componente 1: Calculo Incremento de Capacidad Productiva**

Origen de datos:

- Capacidad utilizada actual: 58%.
- Capacidad meta: 75%.
- Producción anual: 96 proyectos.
- Margen operativo: 18% (Tablas 13).

Cálculo:

$$\text{Producción adicional} = 96 \times (0,75 - 0,58) = 16,32 \text{ proyectos}$$

$$\text{Beneficio bruto} = 16,32 \times 12.000.000 = 195.840.000$$

$$\text{Beneficio neto} = 195.840.000 \times 0,18 = \$35.251.200$$

- **Componente 2: Calculo Optimización de Inventarios**

Origen de datos:

- Inventario actual: \$120.000.000.
- Rotación actual: 1,2 veces/año; meta: 3 veces/año.

- Ahorro en almacenamiento: 3% del capital liberado.
- Eliminación de stock improductivo: \$20.000.000 (Tablas 8 y 13).

Cálculo:

$$\text{Inventario necesario actual} = 120.000.000/1,2 = 100.000.000$$

$$\text{Inventario necesario optimizado} = 120.000.000/3 = 40.000.000$$

$$\text{Capital liberado} = 100.000.000 - 40.000.000 = 60.000.000$$

$$\text{Ahorro almacenamiento} = 60.000.000 \times 0,03 = 1.800.000$$

$$\text{Ahorro stock improductivo} = 20.000.000$$

$$\text{Total optimización inventarios} = 1.800.000 + 20.000.000 = \$21.800.000$$

- **Componente 3: Calculo Reducción de Reprocesos**

Origen de datos:

- Reprocesos actuales: 15% de los proyectos; meta: 5%.
- Proyectos anuales: 96.
- Costo promedio reproceso: \$400.000 (Tablas 13).

Cálculo:

$$\text{Proyectos con reprocesos actual} = 96 \times 0,15 = 14,4 \approx 14$$

$$\text{Proyectos con reprocesos meta} = 96 \times 0,05 = 4,8 \approx 5$$

$$\text{Reducción de reprocesos} = 14 - 5 = 9$$

$$\text{Ahorro reprocesos} = 9 \times 400.000 = \$3.600.000$$

- **Componente 4: Calculo Mejora en Productividad de Mano de Obra**

Origen de datos:

- Tiempo fabricación chasis: de 42 a 32 horas.
- Proyectos anuales: 96.
- Costo hora-hombre: \$3.468 (Tablas 13).

Cálculo:

$$\text{Ahorro horas por chasis} = 42 - 32 = 10$$

$$\text{Ahorro total horas} = 10 \times 96 = 960$$

$$\text{Ahorro mano de obra} = 960 \times 3.468 = \$3.329.280$$

Tabla 74: Cálculo de Beneficios por Optimización de Recursos

Área de Mejora	Cálculo Metodológico	Beneficio Anual (CLP)	Justificación Técnica
Incremento capacidad	$(75\%-58\%) \times 96 \times \$12\text{M} \times 18\%$	\$35.251.200	Mayor utilización de activos
Optimización inventarios	Capital liberado + reducción costos	\$21.800.000	Menor stock y mejor rotación
Reducción reprocesos	9 proyectos \times \$400.000	\$3.600.000	Menos errores y retrabajos
Mejora productividad h-	960 horas \times \$3.468	\$3.329.280	Menos horas hombre por unidad
Total optimización recursos		\$63.980.480	

Fuente: Campbox SpA. Administración

5.2.2 Consolidación de Beneficios Cuantitativos Anuales

Tabla 75: Total beneficios cuantitativos

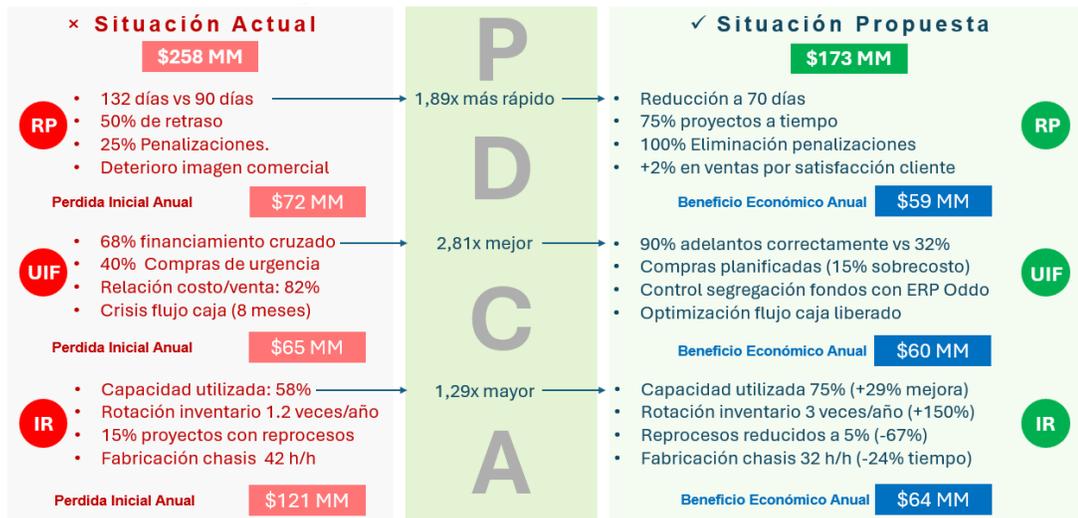
Categoría de Beneficio	Beneficio Anual (CLP)	% del Total	Metodología Aplicada
Reducción retrasos	\$59.040.000	34,1%	Penalizaciones + satisfacción cliente
Eliminación UIF	\$50.400.000	29,1%	ERP, segregación y control financiero
Optimización eficiencia recursos	\$63.980.480	36,8%	Capacidad, inventario, reprocesos
TOTAL BENEFICIOS	\$173.420.480	100%	

Fuente: Campbox SpA. Administración

5.3 COMPARACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS

El análisis costo-beneficio (Rus, 2008) compara el total de beneficios anuales contra la inversión total en la propuesta de mejora.

Ilustración 15: Comparativa situación actual vs propuesta



Fuente: Campbox SpA. Administración

- **Cálculo del Beneficio Neto y Relación Costo-Beneficio**

$$\text{Beneficio Neto Anual} = \text{Beneficios Anuales} - \text{Inversión Total}$$

$$= 173.420.480 - 80.141.460 = 93.279.020$$

Tabla 76: Beneficios netos del proyecto de mejora

ITEM	CANT. ANUAL
Beneficio	\$173.420.480
Costo Propuesta	-\$80.141.460
Beneficio neto Total	\$93.279.020

$$\text{Índice Costo-Beneficio (B/C)} = \frac{173.420.480}{80.141.460} = 2,16$$

Como el valor de índice "Costo-Beneficio" es mayor a uno, indica que el proyecto es rentable, esto quiere decir que, por cada peso invertido, obtuve 2,16 pesos al invertir en este proyecto.

5.4 BENEFICIOS CUALITATIVOS

Los beneficios cualitativos representan el valor estratégico intangible que complementa los resultados económicos cuantificables del proyecto. Estos beneficios fortalecen la posición competitiva de Campbox a largo plazo y generan capacidades organizacionales sostenibles que trascienden las mejoras operacionales inmediatas.

5.4.1 Mejora en Productividad Operacional

Descripción del Beneficio: La implementación del modelo de gestión propuesto genera incrementos significativos en productividad mediante la eliminación sistemática de desperdicios y la optimización de flujos de trabajo. La productividad se ve mejorada tanto en recursos humanos como materiales a través de múltiples dimensiones operacionales.

Vinculación con la Propuesta:

- **Layout Celular:** La reorganización del taller en células especializadas reduce un 65% las distancias recorridas por los operarios, eliminando movimientos innecesarios que actualmente consumen tiempo productivo.
- **Sistema 5S:** La organización sistemática del espacio de trabajo permite localización inmediata de herramientas y materiales, reduciendo los tiempos de búsqueda de 15 minutos a 2 minutos por tarea.
- **Tecnologías Habilitadoras:** La realidad aumentada acelera procesos de ensamblaje complejos, mientras que el escáner láser 3D elimina reprocesos por errores dimensionales.

Ejemplo Práctico: Un soldador que anteriormente requería 42 horas para fabricar un chasis XTrail, con la estandarización de procesos y guías de realidad aumentada, podrá completar la misma tarea en 32 horas, representando una mejora del 24% en productividad individual que se multiplica a nivel organizacional.

5.4.2 Mejora Integral en Calidad

Descripción del Beneficio: La calidad se fortalece mediante la reducción sistemática de variabilidad en procesos críticos y la implementación de controles preventivos que eliminan defectos antes de que impacten al cliente final.

Vinculación con la Propuesta:

- **Control Estadístico de Procesos (CEP):** Las cartas de control \bar{X} -R para soldaduras y cartas C para porosidades mantienen procesos dentro de límites estadísticos establecidos.
- **Procedimientos Operativos Estándar (SOPs):** La documentación detallada en Bizagi elimina la variabilidad introducida por interpretaciones personales de procesos.
- **Escáner Láser 3D:** La verificación dimensional automática con tolerancias de ± 2 mm garantiza conformidad geométrica en el 100% de las estructuras fabricadas.

Ejemplo Práctico: La implementación de SOPs para soldadura estructural reducirá los defectos de porosidad del 8% actual al 3% objetivo, lo que significa que, de cada 100 cordones de soldadura realizados, 95 cumplirán especificaciones en lugar de los 92 actuales, mejorando directamente la percepción de calidad del cliente.

5.4.3 Optimización de Comunicación Organizacional

Descripción del Beneficio: La digitalización de los flujos de información elimina la comunicación informal y establece canales estructurados que aceleran la toma de decisiones y mejoran la coordinación entre áreas.

Vinculación con la Propuesta:

- **ERP Odoo Enterprise:** Centraliza información de proyectos, inventarios y finanzas en tiempo real, eliminando consultas telefónicas y búsquedas manuales de información.
- **Tableros Andon:** Proporcionan visibilidad inmediata del estado operacional de cada célula, permitiendo intervenciones preventivas.

- **Gestión Visual:** Señalización cromática y niveles de inventario visible que facilitan comunicación no verbal efectiva.

Ejemplo Práctico: Cuando surge una desviación en el proceso de pintura, el tablero Andon automáticamente alerta al supervisor mediante señales luminosas, quien puede responder en 15 minutos en lugar de las 2 horas actuales que es lo que actualmente toma detectar problemas, ya que es de manera reactiva.

5.4.4 Reducción de Dependencia de Personal Clave

Descripción del Beneficio: La democratización del conocimiento, mediante estandarización de los procesos técnicos, reduce riesgos operacionales asociados a la ausencia o rotación de trabajadores especializados.

Vinculación con la Propuesta:

- **SOPs Digitales:** Todo el conocimiento del diseñador industrial para la operación de CNC queda documentado, permitiendo que otros operarios ejecuten estas tareas.
- **Capacitación Cross-Training:** El programa Lean-TPS desarrolla polivalencia de trabajo en el personal, reduciendo cuellos de botella por tener solo un especialista.
- **Realidad Aumentada:** Las guías visuales permiten que operadores juniors ejecuten tareas complejas con precisión equivalente a personal especializado.

Ejemplo Práctico: Actualmente, cuando el diseñador industrial se ausenta, la cortadora CNC permanece inoperativa. Con la implementación de SOPs y la capacitación cruzada, al menos tres operarios podrán manejar el equipo, garantizando continuidad operacional independientemente de la ausencia del profesional.

5.4.5 Mejora del Clima Laboral y Satisfacción

Descripción del Beneficio: La planificación estructurada y la reducción de urgencias generan un ambiente laboral más predecible y menos estresante, mejorando la satisfacción del personal y la mantención de sus empleados.

Vinculación con la Propuesta:

- **Sistema Pull con Kanban:** Elimina la producción por urgencias, estableciendo flujos de trabajo planificados y predecibles.
- **Previsión de Demanda:** La planificación semestral evita compras diarias de urgencia que generan estrés al jefe de taller y desorganización de tiempos de trabajo.
- **Metodología PDCA:** Las reuniones semanales de planificación dan claridad sobre objetivos y prioridades a todo el equipo.

Ejemplo Práctico: El jefe de taller, que actualmente dedica un tercio de su tiempo a compras menores de urgencia, podrá enfocarse completamente en supervisión técnica y desarrollo del equipo, mejorando su satisfacción laboral y efectividad organizacional.

5.4.6 Fortalecimiento de Competitividad Estratégica

Descripción del Beneficio: Las certificaciones técnicas y tecnologías habilitadoras posicionan a Campbox para competir en mercados especializados de mayor valor agregado, expandiendo oportunidades comerciales.

Vinculación con la Propuesta:

- **Certificaciones ISO 19443 y AWS D1.1:** Habilitan participación en proyectos mineros e industriales que requieren estándares internacionales.
- **Tecnologías Industria 4.0:** Diferenciación tecnológica mediante realidad aumentada y escáner 3D posiciona a Campbox como líder innovador.
- **Control de Calidad Avanzado:** Capacidad de certificar conformidad dimensional automáticamente genera confianza en clientes institucionales.

Ejemplo Práctico: Con la certificación ISO 19443, Campbox podrá participar en licitaciones mineras que actualmente están fuera de su alcance, accediendo a un mercado que representa potencialmente el 50% de crecimiento en ingresos anuales.

5.4.7 Sostenibilidad y Mejora Continua

Descripción del Beneficio: La institucionalización de la mejora continua mediante metodología PDCA asegura que las mejoras implementadas se mantengan y evolucionen sistemáticamente en el tiempo.

Vinculación con la Propuesta:

- **Gestión del Conocimiento:** Todas las metodologías de mejora apuntan a capturar y transferir conocimiento tácito, creando ‘una organización que aprende’.
- **Ciclo PDCA:** La revisión periódica de procesos garantiza adaptación continua a nuevos desafíos y oportunidades.
- **Sistema de KPIs:** El monitoreo continuo de indicadores claves de desempeño permite ajustes proactivos antes de que surjan problemas.

Ejemplo Práctico: Las reuniones mensuales de análisis de indicadores permitirán identificar tendencias negativas en productividad o calidad antes de que se conviertan en problemas críticos, manteniendo mejoras sostenibles durante años posteriores a la implementación inicial.

5.4.8 Atractivo para Talento Especializado

Descripción: El ambiente tecnológicamente avanzado y metodológicamente estructurado facilita atracción de profesionales y retención de personal calificado.

Ejemplo: Ingenieros recién egresados se sentirán más atraídos a trabajar en una empresa que utiliza realidad aumentada y metodologías Lean más que en talleres tradicionales, mejorando su calidad profesional y de conocimiento laboral.

Los beneficios cualitativos presentados constituyen el fundamento para la transformación sostenible de Campbox, desde un taller tradicional hacia una empresa manufacturera moderna, preparada para competir en mercados nacionales e internacionales exigentes. Estos beneficios, aunque no cuantificables directamente, representan el valor estratégico más significativo de la propuesta de mejora, asegurando que las mejoras operacionales se traduzcan en ventajas competitivas duraderas.

Capítulo 6: Conclusiones

El proyecto desarrollado busca validar una gestión de operaciones moderna que abarca los principios teóricos y herramientas tecnológicas emergentes, estructurada con los principios organizacionales acorde al contexto que fue implementado, la resolución de los problemas con cada implementación no apunta a la solución individualizada de cada problema raíz, es utilizada para arrastrar problemas mas profundos y que se pretende dar un nuevo contexto al interior de la empresa, apunta a un funcionamiento con una arquitectura sistémica que integre cada solución propuesta con una visión mayor en resolución y en el tiempo de manera coherente.

El objetivo general de optimizar operaciones, implementando un modelo de gestión de procesos integral bajo el ciclo PDCA. Esto se evidenció con una reducción del lead time del 47% (de 132 a 70 días) y un aumento de entregas puntuales del 50% al 75%. Se estandarizaron 8 procesos críticos mediante SOPs en Bizagi, y la viabilidad económica fue validada con un índice costo-beneficio de 2.16 y una recuperación dentro del año, generando beneficios anuales netos de \$93.279.020 CLP.

Los objetivos específicos también se cumplieron totalmente, con el diagnóstico identificaron problemas críticos (UIF 25, RP 20, IR 16) y pérdidas anuales de \$259.012.224 CLP. El diseño de optimización integró Industria 4.0 y Lean Manufacturing, mejorando la capacidad utilizada de 58% a 75% (+29%), la rotación de inventario de 1.2 a 3 veces/año (+150%) y reduciendo defectos de 8% a 3% (-63%).

Los resultados demuestran que la industria manufacturera chilena posee potencial para alcanzar niveles de eficiencia con altos estándares del rubro, cuando se implementan modelos de ingeniería que apuntan a crear ecosistemas dentro de una organización dinámica y con nuevas tecnologías como instrumento de cambio, pueden mejorar la productividad con resultados asociados a una mejor competitividad a nivel nacional y preparadas para enfrentar mercados globales, siempre con una visión a futuro como lo es la industria 5.0.

La transformación de Campbox que se propone desde un funcionamiento básico sin herramientas de ingeniería a un prospecto de manufactura moderna pretende contribuir a ser un paradigma replicable a otras industrias del ecosistema chileno, demostrando que con innovación organizacional y herramientas sostenibles en el tiempo se puede dar un paso más allá en la mejora continua para los intereses propios de la empresa mejorando la rentabilidad.

Bibliografía

Aldavert, J. (2018). *5S para la mejora continua: La base del Lean*. ALDA TALENT, S.L.

Álvarez, J. L. (2001). *Gestión del conocimiento y aprendizaje organizativo* . . México: Pearson Educación.

Barry, J. B. (2011). *Personal Kanban: Mapeando el Trabajo, Navegando la Vida*. Seattle: Modus Cooperandi Press.

Bizagi. (2009). *Manual de Bizagi*. Marlow: Bizagi.

BOM_CAMPBOX. (2024). *BOM*. SANTIAGO: CAMPBOX SPA.

Cooper, R. G. (2008). *Gestión de la innovación: El sistema Stage-Gate para el desarrollo de nuevos productos*. DEUSTO.

COTEC . (2021). *Manual de Gestión Lean para PYMEs manufactureras*. Madrid: Fundación COTEC.

De la Fuente García, D. y. (2005). *Distribución en Planta*. Oviedo: Universidad de Oviedo.

Dorbessan, J. (2006). *Las 5S, herramientas de cambio*. Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional.

Duarte, T. J. (2007). *Análisis económico de proyectos de inversión*. . Scientia Et Technica.

García, M. A. (2019). *Implementación de la norma ISO 31000 en organizaciones industriales: Marco conceptual y aplicaciones prácticas*. . Revista de Gestión de Riesgos.

Gonzales Fernández, F. (2005). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. Madrid: FC Editorial.

González, A. &. (2024). *Procedimiento operativo estándar (SOP): Guía de implementación en organizaciones industriales*. . Lumiform Gestión de Calidad.

Hanke, J. y. (2010). *Pronósticos en los Negocios*. 9ª edición. México: Pearson Educación.

INSTITUTE, K. (2025). *KAIZEN*. Obtenido de www.kaizen.com: <https://kaizen.com/es/insights-es/guia-lean-manufacturing-vsm/>

Kaplan, R. S. (1992). *El Cuadro de Mando Integral: Indicadores que impulsan el rendimiento*. . Harvard Business Review.

Laurett, R. &. (2019). *Ciclo Shewhart de mejora continua: Aplicación en sistemas de gestión de calidad*. . Revista de Gestión de la Calidad.

Martínez, R. &. (2024). *Realidad aumentada en la industria 4.0: Aplicaciones en manufactura y mantenimiento*. . Revista Onirix de Tecnologías Emergentes.

- MEMBRADO MARTINEZ, J. (2013). *Metodologías Avanzadas para la planificación y mejora*. Madrid: Días de Santos.
- Mi directorio PYME. (2024). *Una mirada externa estrategica y financiera a CAMPBOX*. Santiago.
- Odoo. (12 de Mayo de 2025). <https://www.odoo.com/>. Obtenido de Odoo Manufactura: https://www.odoo.com/es/app/manufacturing?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=CL-EN-Manufacutring-MRP_Manufacturing-Competitor-Broad&gad_source=1&gbraid=0AAAAAD_peRuO2fwyZbwveTNprT-6_Ilzo&gclid=CjwKCAjwq7fABhB2EiwAwk-YbG4n1xIG1s2B2jABqowcECUzp0W
- Ohno, T. (1988). *Sistema de Producción Toyota: Más allá de la producción a gran escala*. . Productivity Press.
- OPERACIONES_CAMPBOX. (2025). *Levantamiento de Operaciones y Métricas*. Santiago: CAMPBOX SPA.
- Render, B. S. (2006). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. 9ª edición. México: Pearson Educación.
- Rother, M. &. (2003). *Aprender a ver: Mapeo de flujo de valor para agregar valor y eliminar desperdicio*. . Lean Enterprise Institute.
- Rowman, D. (2009). *Fundamentos de construcción de soluciones BizAgi: Manual de BizAgi Process Modeler*. . Universidad de Chile.
- Rus, G. (2008). *Análisis Coste-Beneficio: Evaluación económica de políticas y proyectos de inversión*. Tercera edición. . Ariel.
- Sánchez Carballido, J. (2005). *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Sapag Chain, N. &. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Quinta edición. . McGraw-Hill.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. . Editorial Debate.
- SCO. (2018). *METODOLOGÍA ANÁLISIS DE CRITICIDAD*. México.
- Shewhart, W. A. (1931). *Control económico de la calidad del producto manufacturado*. . Editorial Limusa.
- Stamatis, D. H. (2003). *Análisis de modo y efecto de fallas: FMEA de la teoría a la ejecución (2ª ed.)*. . Editorial Limusa.
- Tecnológico Nacional de México. (2022). *Ingeniería Mecánica, Mantenimiento*. México.
- Villaseñor Contreras, A. y. (2011). *Sistema Kanban: Guía Práctica de Técnicas y Herramientas de Clase Mundial*. México: Limusa.

Virreira Avila, M. (2024). *Evaluación financiera de proyectos de inversión: Métodos y aplicaciones*.
. Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra.

Zapata, A. &. (2004). *Aplicación del diagrama causa-efecto en el análisis de problemas organizacionales*. . Revista Universidad EAFIT.