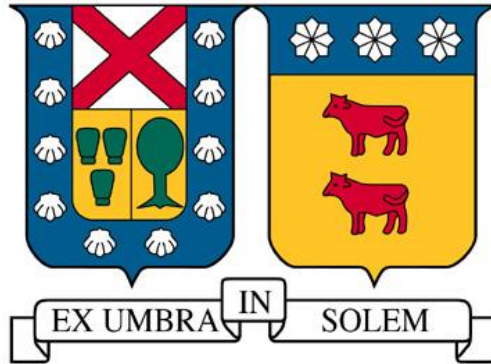


UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
VALPARAISO – CHILE



PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE TALLER DE NORMAS GRÁFICAS PARA
AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE FLOTA
EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE URBANO

DEREK BECERRA GATICA

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGÍSTER EN GESTIÓN DE ACTIVOS Y MANTENIMIENTO

PROFESOR GUÍA: SR. CRISTIAN CARVALLO GONZALEZ

SEPTIEMBRE 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☐ Memoria o trabajo de título; ☒ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Propuesta de implementación de taller de normas gráficas para aumentar la disponibilidad operacional de flota en una empresa de transporte urbano

Nombre del candidato(a): Derek Becerra Gatica

Carrera / Grado: Magíster en Gestión de Activos y Mantenimiento

Campus: ; Departamento: Industrias

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Cristian Carvallo González, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO** contiene información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

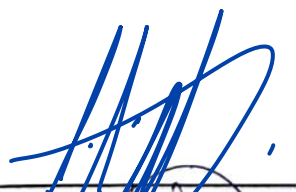
☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 7-9-26; Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 01/09/26; Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Resumen Ejecutivo

El estudio se desarrolló durante el primer semestre del 2024, en una empresa del rubro transporte urbano, cuya operación depende de la disponibilidad de flota, la continuidad del servicio y el cumplimiento normativo. De una flota total de 750 buses, 250 unidades pasan mensualmente por certificación y se estima que un 10%, equivalente a 25 buses, queda temporalmente fuera de operación por incumplimientos de norma gráfica. La regularización se gestiona mediante un esquema externalizado, lo que extiende la detención promedio a 24 horas y afecta la programación operacional, los costos y la capacidad de respuesta.

Para abordar esta problemática, se propuso implementar un Taller de Normas Gráficas en el terminal definido para el piloto, con la meta de internalizar el diseño, producción e instalación de señaléticas. La propuesta considera infraestructura, equipamiento gráfico, capacitación, controles operativos e inventario, buscando disminuir los tiempos de reposición, reducir la dependencia de proveedores externos y fortalecer el control interno del proceso.

La tesina se desarrolló bajo enfoque PDCA, complementado con herramientas de calidad como Pareto, Ishikawa y 5 Por Qué. Su aplicación permitió identificar que el 51% de las observaciones se concentra en falta de stock y retrasos en la reposición, confirmando que la principal brecha está en el modelo de abastecimiento vigente. La propuesta proyectó reducir el tiempo de reposición desde 24 a 4 horas, recuperar 500 horas-bus mensuales y generar un ahorro directo estimado de 11,8% respecto del costo mensual externalizado.

La evaluación económica, bajo el escenario base, consideró una inversión inicial de \$11.779.500 y beneficios proyectados de \$7.780.000 mensuales. Con estos supuestos, se estimó un Payback operacional de 1,51 meses de operación efectiva, equivalente a 2,51 meses calendario desde el inicio de la implementación, y un VAN positivo de \$69.016.947. Con estos resultados, la propuesta respalda avanzar a un piloto en el terminal seleccionado, ya que muestra potencial para reducir tiempos de reposición, recuperar disponibilidad de flota y mejorar el control del proceso.

Palabras clave: gestión de activos; disponibilidad operacional; transporte urbano; mantenimiento de flota; normas gráficas; mejora continua; PDCA; evaluación económica.

Executive Summary

The study was conducted during the first semester of 2024 in a company operating in the urban transport sector, whose operation depends on fleet availability, service continuity, and regulatory compliance. Out of a total fleet of 750 buses, 250 units undergo monthly certification, and it is estimated that 10%, equivalent to 25 buses, are temporarily taken out of operation due to non-compliance with graphic standards. The regularization process is managed through an outsourced scheme, which extends the average downtime to 24 hours and affects operational scheduling, costs, and response capacity.

To address this issue, the implementation of a Graphic Standards Workshop was proposed at the terminal selected for the pilot, with the objective of internalizing the design, production, and installation of signage. The proposal considers infrastructure, graphic equipment, training, operational controls, and inventory management, aiming to reduce replacement times, decrease dependence on external suppliers, and strengthen internal control over the process.

The thesis was developed under a PDCA approach, complemented by quality tools such as Pareto analysis, Ishikawa diagram, and the 5 Whys method. Its application made it possible to identify that 51% of the observations are concentrated in lack of stock and delays in replacement, confirming that the main gap lies in the current supply model. The proposal projected a reduction in replacement time from 24 to 4 hours, the recovery of 500 bus-hours per month, and an estimated direct saving of 11.8% compared to the monthly outsourced cost.

The economic evaluation considered an initial investment of CLP 11,779,500 and projected monthly benefits of CLP 7,780,000. Based on the adjusted cash flow, an operational payback of 1.51 months, a calendar payback of 2.51 months, and a positive NPV of CLP 69,016,947 were estimated. Based on these results, the proposal supports moving forward with a pilot implementation at the selected terminal, as it shows potential to reduce replacement times, recover fleet availability, and improve process control.

Keywords: asset management; operational availability; urban transport; fleet maintenance; graphic standards; continuous improvement; PDCA; economic evaluation.

Índice

Resumen Ejecutivo	2
1 Introducción	6
2 Antecedentes del Proyecto	7
2.1 Justificación.....	7
2.2 Objetivos	8
2.2.1 General	8
2.2.2 Específicos	8
2.3 Alcance	9
2.4 Metodología	9
3 Estado del Arte	11
3.1 Antecedentes Generales	11
3.1.1 Contexto de las Certificaciones	11
3.1.2 Contexto de la industria del transporte urbano	12
3.1.3 Contexto operacional de la empresa analizada	13
3.1.4 Análisis del entorno del proyecto.....	15
3.2 Marco Teórico	17
3.2.1 Mejora continua y ciclo PDCA	18
3.2.2 Herramientas de calidad para diagnóstico y análisis causal.....	18
3.2.3 Gestión de proyectos (Project Management).....	19
3.2.4 Gestión de activos y disponibilidad operativa	20
3.2.5 Evaluación económica de proyectos de mejora	21
3.3 Propuesta Metodológica	22
4 Desarrollo del Proyecto	24
4.1 Planear.....	24
4.1.1 Diagnóstico Actual – Proceso de Reposición de Señaléticas	24
4.1.2 Analizar la Situación Actual	25
4.1.3 Planificación de Soluciones	32
4.2 Fase de Implementación – Hacer	35
4.2.1 Acondicionamiento del espacio físico.....	36
4.2.2 Propuesta de adquisición e instalación de equipamiento gráfico	36
4.2.3 Implementación del sistema de inventario gráfico	37
4.2.4 Capacitación del personal	38
4.2.5 Puesta en marcha operativa del taller	38
4.2.6 Propuesta básica de implementación.....	39
4.3 Fase de Verificación – Check	40

4.3.1	Objetivo de la fase	40
4.3.2	Metodología de verificación	41
4.3.3	Escenarios de control y acciones correctivas	42
4.3.4	Rol estratégico de la fase “Check” dentro del PDCA	42
4.3.5	Conclusión de la fase de verificación	43
4.4	Fase de Mejora – Actuar	44
4.5	Resumen de aplicación del ciclo PDCA	45
5	Gestión del Proyecto. Metodología Project Management	46
5.1	Requisitos para la implementación	47
5.2	Estructura de desglose del trabajo (EDT)	48
5.2.1	Esquema de la EDT	49
	Matriz de roles y responsabilidades	51
5.3	Plan de riesgos del proyecto	52
5.4	Matriz de stakeholders (partes interesadas)	54
5.5	Adquisiciones	55
5.6	Gantt Preliminar	57
6	Evaluación Económica	58
6.1	Supuestos de evaluación	58
6.1.1	Supuestos operacionales	58
6.1.2	Supuestos económicos y fuentes internas de información	59
6.1.3	Detalle del costo mensual del modelo interno	59
6.1.4	Detalle de la inversión inicial	60
6.1.5	Tasa de descuento y criterio de flujo	60
6.2	Análisis de costo-beneficio	61
6.3	Flujo de caja proyectado	62
6.4	Resultados financieros	63
6.4.1	Cálculo del Payback	63
6.4.2	Cálculo del VAN	64
6.4.3	Resultado sin valorizar disponibilidad	65
6.5	Sensibilidad de variables críticas	66
6.6	Conclusión de la evaluación económica	67
7	Conclusiones	69
8	Referencias	71
9	Anexos	73

1 Introducción

La operación del transporte urbano exige continuidad, cumplimiento normativo y capacidad de respuesta. En ese contexto, la disponibilidad de flota no depende solo del estado técnico de los buses, sino también de procesos de soporte que permitan mantener las unidades habilitadas para circular bajo las condiciones exigidas por la autoridad (Federal Transit Administration, 2016; ISO, 2024).

Este estudio se desarrolla en una empresa del rubro transporte urbano que opera una flota de 750 buses. De ellas, 250 unidades pasan mensualmente por procesos de certificación y control, instancias en las que el cumplimiento de norma gráfica puede transformarse en una causal de detención, aun cuando el bus no presente fallas mecánicas.

La reposición de señaléticas se resuelve hoy mediante un esquema externalizado. Esta condición limita la capacidad de respuesta frente a observaciones detectadas en certificación y otras instancias de control, mantiene una dependencia relevante de terceros y afecta directamente la disponibilidad de flota.

A partir de este problema, la tesina evalúa la implementación de un Taller de Normas Gráficas como capacidad interna de soporte. La propuesta considera infraestructura, equipamiento, capacitación y control básico de inventario, con el objetivo de reducir tiempos de reposición, fortalecer el control del proceso y mejorar la capacidad de respuesta de la operación.

Desde la gestión de activos, el estudio aborda una causa no mecánica de indisponibilidad que impide la liberación oportuna de buses a servicio. Para ello, se utiliza el ciclo PDCA como estructura principal, complementado con herramientas de calidad y de Project Management, con el fin de diagnosticar la situación actual, diseñar la propuesta y evaluar su impacto sobre la disponibilidad operacional. Este impacto se mide principalmente mediante el tiempo de reposición de señaléticas, la cantidad de buses afectados y las horas-bus de indisponibilidad, proyectando reducir el tiempo de atención desde 24 a 4 horas por unidad y recuperar aproximadamente 500 horas-bus mensuales.

2 Antecedentes del Proyecto

2.1 Justificación

Esta tesina aborda una brecha operacional cuantificable, con efecto directo sobre la disponibilidad de flota. En la empresa analizada, 250 buses pasan mensualmente por certificación y, bajo un enfoque conservador, se estima que un 10%, equivalente a 25 unidades por mes, queda temporalmente fuera de operación por incumplimientos de norma gráfica. Aunque se trata de un proceso de soporte, su impacto sobre la continuidad operacional es directo.

Bajo el modelo actual, la regularización depende de un proveedor externo, lo que genera una detención promedio de 24 horas por bus afectado. Esto equivale a cerca de 600 horas-bus mensuales de indisponibilidad por una causa no mecánica, pero crítica para la liberación de unidades a servicio. La situación afecta la programación operacional, reduce la capacidad de respuesta y limita el control interno del proceso. En sistemas de transporte público, la disponibilidad de flota es una condición clave para asegurar continuidad del servicio, cumplimiento operacional y calidad hacia los usuarios.

El problema también tiene una dimensión económica relevante. Utilizando como referencia un valor de \$12.500 por hora-bus, antecedente proporcionado por el área de Finanzas, la pérdida de disponibilidad adquiere una magnitud suficiente para justificar su análisis. A esto se suman los costos de la externalización y la falta de control directo sobre stock, tiempos de atención y trazabilidad.

Evaluar un Taller de Normas Gráficas como capacidad interna sirve para analizar una solución con impacto operacional y económico. El modelo propuesto busca reducir el tiempo de reposición en 83,3%, bajando la indisponibilidad mensual desde 600 a 100 horas-bus y recuperando 500 horas-bus al mes. En el escenario base, además, se estima un ahorro directo de \$1.530.000 mensuales, equivalente a 11,8% del costo mensual externalizado. Por eso, la implementación piloto del taller se justifica como una alternativa pertinente para fortalecer el control del proceso, reducir la dependencia de terceros y mejorar la capacidad de respuesta de la empresa.

2.2 Objetivos

2.2.1 General

Diseñar un plan de mejora para la implementación de un Taller de Normas Gráficas en una empresa del rubro transporte urbano, orientado a aumentar la disponibilidad operativa de la flota mediante la reducción de tiempos de reposición, el fortalecimiento del control interno del proceso, la disminución de costos asociados y la menor dependencia de servicios externos.

2.2.2 Específicos

- Diagnosticar el proceso actual de reposición de señaléticas, identificando brechas asociadas a tiempos de respuesta, control de stock, trazabilidad y dependencia de proveedores externos.
- Diseñar y estructurar una propuesta de implementación piloto de un Taller de Normas Gráficas, considerando infraestructura, equipamiento, flujo operativo, roles, responsabilidades, riesgos, interesados, adquisiciones y cronograma preliminar.
- Definir un modelo de control de inventario gráfico, con criterios de codificación, stock mínimo, reposición y trazabilidad para los ítems críticos del proceso.
- Establecer un plan de capacitación para el personal asignado, orientado al uso de equipamiento, aplicación de normas gráficas, control de inventario y estandarización operativa.
- Evaluar técnica, operativa y económicamente la propuesta, estimando su impacto potencial en tiempos de reposición, disponibilidad operativa, costos asociados, Payback y VAN.

2.3 Alcance

La presente tesina se desarrolla sobre una problemática operacional concreta de una empresa del rubro transporte urbano y se orienta al análisis y evaluación de una alternativa de mejora. Su foco está puesto en el proceso de reposición de señaléticas asociadas al cumplimiento de norma gráfica, considerando cómo este proceso afecta la disponibilidad de flota y qué elementos explican sus principales brechas en tiempos de respuesta, control de stock, trazabilidad y dependencia de proveedores externos.

A partir de ese diagnóstico, el estudio aborda el diseño y evaluación de una propuesta de implementación piloto de un Taller de Normas Gráficas como capacidad interna de soporte. La propuesta considera los principales elementos necesarios para su desarrollo, entre ellos infraestructura, equipamiento, control de inventario, capacitación, responsabilidades, riesgos, programación preliminar y evaluación económica, con el propósito de analizar su factibilidad técnica, operativa y financiera.

La investigación se sitúa en Chile, específicamente en la Región Metropolitana, y se enmarca en la realidad operativa de una empresa de transporte urbano y en el entorno de un terminal definido para una eventual aplicación piloto en la zona sur de la Capital. En términos temporales, el análisis se construye a partir de los antecedentes operacionales disponibles al momento del estudio, primer semestre 2024, y de una proyección económica de 12 meses para la alternativa propuesta.

La tesina no considera la implementación real del taller ni la medición de resultados posteriores a su puesta en marcha. Tampoco aborda su expansión efectiva a otros terminales. En ese sentido, su alcance se concentra en el diagnóstico de la situación actual y en la evaluación ex ante de una propuesta de mejora, dejando establecidos criterios que podrían servir de base para una futura etapa de validación e implementación.

2.4 Metodología

El presente estudio corresponde a una investigación aplicada, de alcance descriptivo y propositivo. La componente descriptiva se utiliza para caracterizar el proceso actual de reposición de señaléticas, identificar sus principales brechas y cuantificar su efecto sobre la disponibilidad de flota. A partir de este diagnóstico, el componente propositivo desarrolla

y evalúa una alternativa de mejora basada en la implementación proyectada de un Taller de Normas Gráficas.

El proyecto se organiza en etapas que comprenden el diagnóstico inicial, el análisis causal, el diseño y planificación de la propuesta, la implementación proyectada del taller, la definición de indicadores para su verificación, la evaluación económica y la proyección de ajustes sobre el modelo.

El fundamento y desarrollo de este enfoque metodológico se presentan con mayor detalle en el capítulo de Estado del Arte y en la propuesta metodológica del estudio.

Diagrama del Flujo de Metodología

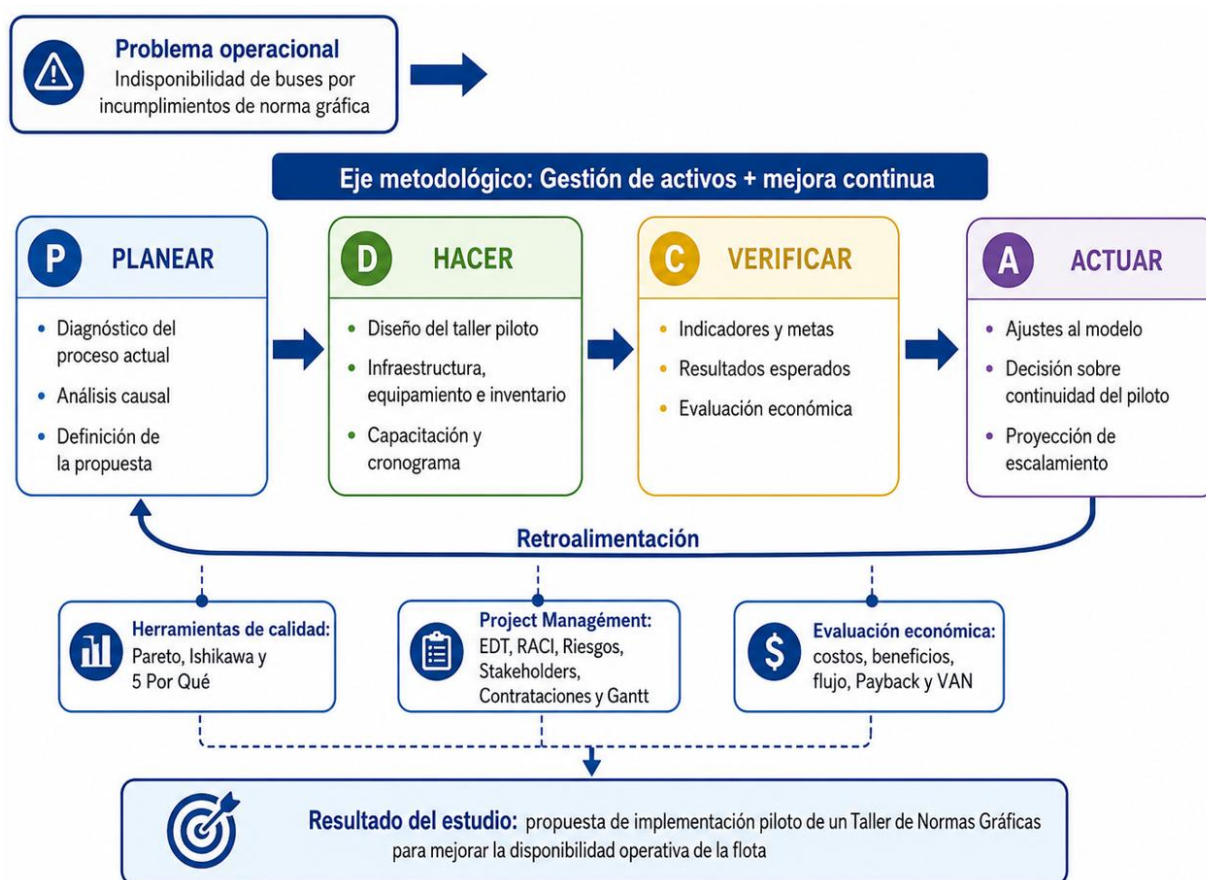


Imagen 1 Enfoque de mejora continua – Ciclo PDCA

Fuente: Elaboración propia en base a la descripción de la Metodología.

El flujo metodológico del estudio se organiza bajo la lógica del ciclo PDCA, entendido como el marco general de mejora continua que estructura el diagnóstico, el diseño de la propuesta, su evaluación y la retroalimentación final. De manera complementaria, la propuesta incorpora herramientas de Project Management para ordenar la implementación, definir responsables y estructurar los principales entregables del proyecto.

3 Estado del Arte

3.1 Antecedentes Generales

El presente estudio se desarrolla en el contexto de una empresa del rubro transporte urbano, cuya operación depende de la continuidad del servicio, la disponibilidad de flota y el cumplimiento normativo. En este marco, los procesos de soporte adquieren especial relevancia, ya que pueden incidir directamente en la habilitación operativa de los buses.

La problemática analizada se vincula con la reposición de señaléticas y su impacto sobre la disponibilidad de flota, en un entorno sectorial que exige capacidad de respuesta, control del proceso y cumplimiento regulatorio. Sobre esta base, el apartado siguiente desarrolla el contexto de la industria, el contexto operacional de la empresa analizada y el análisis del entorno del proyecto.

3.1.1 Contexto de las Certificaciones

En la operación de transporte urbano, la habilitación de los buses para servicio no depende únicamente de su condición mecánica, sino también del cumplimiento de distintas instancias de control exigidas por el sistema. En el caso analizado, cada unidad debe someterse periódicamente a tres revisiones complementarias: una certificación mensual de carácter documental, una certificación trimestral asociada al estado general del bus y una revisión técnica semestral. Estas instancias buscan asegurar que los vehículos cumplan las condiciones necesarias para operar conforme a las exigencias de la autoridad.

Para efectos de esta tesina, la instancia más relevante corresponde a la certificación trimestral de estado general del bus, ya que en ella se verifica, mediante un *checklist* definido por el Ministerio de Transportes, el cumplimiento de distintos parámetros operativos y normativos, entre ellos la norma gráfica. Esta revisión es ejecutada por una empresa

externa contratada por el DTPM¹, por lo que su resultado determina de manera objetiva si la unidad cumple o no con las condiciones exigidas para mantenerse en operación.

Cuando durante esta inspección se detectan discrepancias respecto de los criterios evaluados, el bus no puede ser liberado a servicio hasta que las observaciones sean regularizadas. En materia de norma gráfica, la revisión considera aspectos como la presencia de las señaléticas requeridas, su correcta ubicación, legibilidad, estado y correspondencia con el estándar vigente. Entre los ejemplos se encuentran pictogramas de accesibilidad, señaléticas de prohibición e información dispuestas en el interior y exterior del bus. Una observación en estos elementos puede mantener temporalmente una unidad fuera de servicio, por lo que su cumplimiento tiene un efecto directo sobre la disponibilidad operacional de la flota.

El incumplimiento también puede ser detectado durante controles en ruta, generando observaciones y eventuales multas para la empresa operadora. Por esta razón, mantener la señalética de los buses conforme a la norma gráfica vigente tiene un efecto tanto sobre la disponibilidad de flota como sobre el cumplimiento operacional.

3.1.2 Contexto de la industria del transporte urbano

La industria del transporte urbano opera en un entorno de alta exigencia, donde la continuidad del servicio, la confiabilidad operativa y la disponibilidad de flota son variables críticas para el desempeño de las empresas operadoras. En este escenario, la operación no depende solo del estado mecánico de los buses, sino también de la gestión de procesos de soporte, mantenimiento, control operacional y gestión de activos orientados a sostener el nivel de servicio y resguardar el valor de los activos (*American Public Transportation Association, 2013; Federal Transit Administration, 2016; Federal Transit Administration, 2019*).

La disponibilidad de flota cobra más peso en este caso ya que, cualquier desviación que retrase la liberación de buses a operación afecta la programación del servicio, presiona la capacidad de respaldo y eleva los costos operacionales. En este marco, la confiabilidad del servicio no se relaciona solo con la frecuencia o puntualidad, sino también con la capacidad

¹ DTPM: Directorio de Transporte Público Metropolitano

de asegurar que las unidades requeridas se encuentren efectivamente habilitadas para circular (*Federal Transit Administration, 2016; Jenelius, 2018*).

En este tipo de operaciones, los procesos de control y habilitación cumplen una función relevante, ya que verifican si las unidades cumplen con las condiciones necesarias para mantenerse en servicio. Para efectos de este estudio, el proceso de certificación se entiende como una instancia de revisión operativa y normativa que considera aspectos técnicos, documentales y visuales, con el fin de asegurar que las unidades cumplan las condiciones exigidas por la autoridad y por los estándares internos del sistema.

El cumplimiento de norma gráfica deja de ser un aspecto meramente visual y pasa a formar parte de las condiciones que inciden en la continuidad operacional, en la medida en que una observación no regularizada puede impedir temporalmente la liberación de un bus a servicio. Por ello, fortalecer capacidades internas en procesos de soporte puede constituir una alternativa válida para reducir tiempos de respuesta, mejorar el control del proceso y disminuir la dependencia de terceros (*American Public Transportation Association, 2013; Federal Transit Administration, 2019; Ibarra-Rojas, Delgado, Giesen, & Muñoz, 2015*).

3.1.3 Contexto operacional de la empresa analizada

El presente estudio se desarrolla en una empresa del rubro transporte urbano que cuenta con una flota de 750 buses, de los cuales 250 unidades pasan mensualmente por proceso de certificación. Bajo un enfoque conservador, se estima que aproximadamente un 10% de ellas, equivalente a 25 buses por mes, queda temporalmente fuera de operación por incumplimientos de norma gráfica.

La regularización de estas observaciones depende de un esquema externalizado de reposición de señaléticas, lo que mantiene detenido a cada bus afectado durante un promedio de 24 horas. En términos operacionales, esto representa cerca de 600 horas-bus mensuales de indisponibilidad asociadas a una causa no mecánica, pero igualmente crítica para la liberación de unidades a servicio.

Esta condición reduce la disponibilidad efectiva de flota, incrementa la presión sobre la planificación operacional y mantiene una dependencia relevante de terceros para resolver

un proceso recurrente. La valorización del lucro cesante en \$12.500 por hora-bus permite dimensionar el impacto económico asociado a esta brecha operacional.

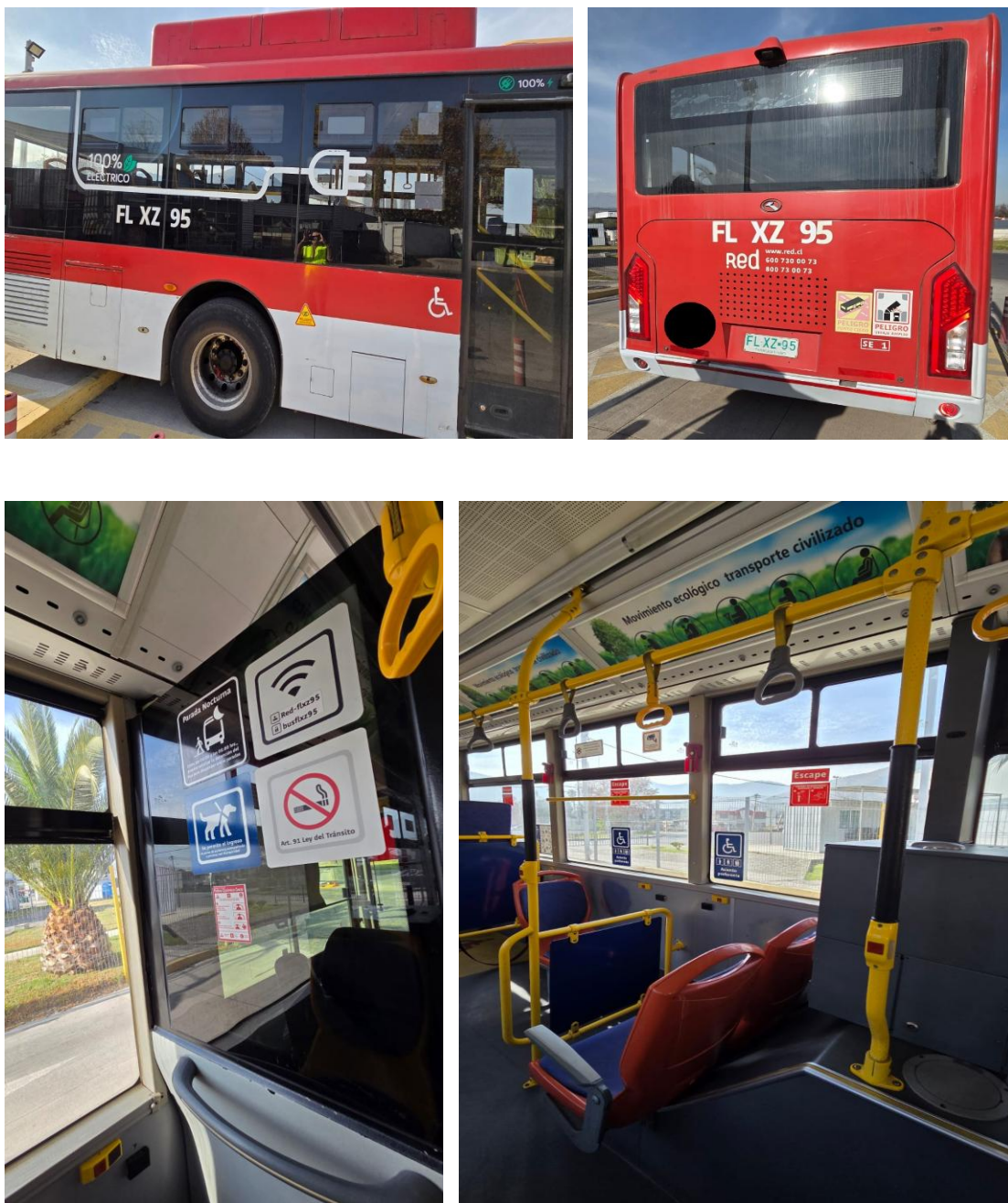


Imagen 2 Fotos de ejemplos de la señalética certificada.

Fuente: Elaboración propia, tomadas en Terminal piloto.

3.1.4 Análisis del entorno del proyecto

La propuesta de implementación de un Taller de Normas Gráficas se desarrolla en un entorno que condiciona su viabilidad operativa y económica. Por ello, resulta necesario identificar los factores internos y externos que pueden influir en su conveniencia, implementación y sostenibilidad.

El entorno del proyecto se revisa a partir de la matriz FODA y de los principales factores externos que pueden influir en la propuesta, con el fin de ordenar los elementos más relevantes desde una perspectiva organizacional y sectorial.

3.1.4.1 Matriz FODA

La matriz FODA ayuda a ordenar los principales factores internos y externos que inciden en la conveniencia de implementar un Taller de Normas Gráficas como capacidad interna de soporte.

Factores Internos

Fortalezas	Debilidades
F1. La empresa opera una flota de 750 buses, lo que entrega escala suficiente para evaluar soluciones internas en procesos de soporte recurrentes.	D1. La empresa no cuenta actualmente con capacidad interna instalada para la producción gráfica, por lo que la implementación requiere desarrollar esta competencia desde su etapa inicial.
F2. La empresa dispone de registros operacionales y antecedentes del área de Mantenimiento que permiten cuantificar la incidencia de las observaciones gráficas y establecer una línea base para el seguimiento de la propuesta.	D2. El proceso involucra áreas que no dependen jerárquicamente entre sí, como Operaciones, Mantenimiento, Abastecimiento y las jefaturas del terminal, lo que exige una coordinación clara de responsabilidades y decisiones.
F3. La organización cuenta con áreas de Abastecimiento, Mantenimiento, Planificación, Compras e Infraestructura que pueden apoyar la implementación del proyecto mediante funciones ya existentes.	D3. Actualmente no existe un control específico de inventario para los ítems gráficos, lo que genera quiebres de stock, duplicidad de pedidos y baja trazabilidad.
F4. La empresa dispone de personal operativo y técnico vinculado al proceso de certificación y habilitación de buses, lo que facilita el levantamiento de información y la coordinación del piloto.	D4. El personal no cuenta actualmente con experiencia específica en producción gráfica y gestión de inventario gráfico, por lo que se requiere una etapa inicial de capacitación y aprendizaje.
F5. La empresa dispone de antecedentes económicos internos provenientes de Finanzas y Control de Gestión que permiten valorizar la indisponibilidad y evaluar económicamente la propuesta.	

Factores Externos

Oportunidades	Amenazas
O1. La disponibilidad de una Norma Gráfica definida y publicada por la DTPM entrega un estándar técnico externo claro para orientar el diseño, producción e instalación de las señaléticas requeridas.	A1. Cambios regulatorios o nuevas exigencias gráficas podrían requerir ajustes en materiales, formatos o procedimientos del taller.
O2. La disponibilidad en el mercado de equipamiento de impresión y corte permite acceder a tecnologías adecuadas para implementar una capacidad interna de producción gráfica.	A2. Aumentos en el costo de insumos gráficos, energía o servicios podrían afectar el costo operativo proyectado.
O3. La existencia de proveedores especializados y servicios de soporte técnico y capacitación puede facilitar la instalación, puesta en marcha y continuidad operativa del taller.	A3. Retrasos en la entrega de equipamiento, materiales o insumos podrían postergar la puesta en marcha del piloto.
O4. La disponibilidad de distintos proveedores de equipamiento, materiales e insumos gráficos permite comparar condiciones de precio, plazo de entrega, disponibilidad y soporte, reduciendo la dependencia de un único oferente.	A4. Una disponibilidad limitada de soporte técnico o repuestos por parte de los proveedores podría aumentar los tiempos de detención ante fallas del equipamiento.

Los factores externos corresponden a condiciones que pueden influir en el proyecto, pero que no dependen directamente de la empresa. En este caso, se consideran principalmente cambios regulatorios, variaciones en costos, disponibilidad de proveedores y soporte técnico, todos elementos que pueden favorecer o dificultar la implementación del taller.

A partir de la matriz FODA, se identifican cuatro líneas de acción vinculadas con los factores analizados. La primera corresponde a una estrategia FO (F1, F2, O1 y O2), orientada a aprovechar la escala operativa y la disponibilidad de información de la empresa, junto con la existencia de estándares normativos definidos y tecnología disponible en el mercado, para desarrollar una capacidad interna de producción gráfica. La segunda corresponde a una estrategia DO (D1, D4, O2 y O3), enfocada en reducir las brechas de capacidad y experiencia interna mediante el acceso a equipamiento disponible en el mercado y al soporte técnico y capacitación de proveedores especializados. La tercera corresponde a una estrategia DA (D2, D3, A2 y A3), orientada a fortalecer la coordinación entre las áreas y el control del inventario para disminuir el efecto de variaciones de costos y posibles retrasos en el abastecimiento. Finalmente, la estrategia FA (F3, F4, F5, A1 y A4) busca utilizar las capacidades internas de coordinación, conocimiento operativo e información económica para responder a cambios regulatorios y a eventuales dificultades de soporte técnico durante la operación del taller.

3.1.4.2 Factores del entorno que inciden en la propuesta

En esta sección se revisan los principales factores externos que pueden influir en la implementación del Taller de Normas Gráficas. Más que desarrollar un análisis PESTEL exhaustivo, el foco está puesto en aquellas condiciones del entorno que tienen mayor incidencia sobre la viabilidad operativa y económica de la propuesta.

En este proyecto, la dimensión más relevante del entorno es la político-normativa. Los buses del sistema RED deben cumplir con la Norma Gráfica definida y publicada por la DTPM, la que establece los criterios visuales y de señalética exigidos para su operación. Este cumplimiento es revisado durante los procesos de certificación y, cuando se detectan observaciones, el bus puede quedar temporalmente fuera de servicio hasta su regularización. Por eso, la propuesta del taller debe asegurar que la reposición de señaléticas se realice de acuerdo con los estándares vigentes establecidos por la autoridad. También existen factores económicos y tecnológicos que influyen de forma directa en la viabilidad del taller. El costo de insumos, equipamiento y servicios asociados puede afectar la conveniencia del modelo, mientras que la disponibilidad de impresión, corte y soporte técnico condiciona su puesta en marcha y continuidad operativa.

Las dimensiones social, ecológica y legal tienen un peso más acotado en esta etapa, pero igualmente deben considerarse. La continuidad operacional y el cumplimiento de estándares impactan la calidad del servicio, mientras que la operación del taller exige resguardar condiciones básicas de manejo de insumos y residuos. En lo legal, el proyecto debe mantenerse alineado con exigencias contractuales, normativas y de seguridad asociadas a la operación del terminal y a la habilitación de buses.

3.2 Marco Teórico

El marco teórico reúne los enfoques que sirven para analizar el problema y sostener la propuesta de mejora. En particular, se revisan conceptos de mejora continua, herramientas de calidad, gestión de proyectos, gestión de activos y evaluación económica, porque son los que mejor conversan con el tipo de brecha estudiada y con la implementación proyectada del taller.

El problema analizado no se agota en la reposición de señaléticas. Lo que está en juego es una brecha operacional que termina afectando la disponibilidad de flota. Por eso, el marco

teórico se enfoca en herramientas y enfoques que permitan entender esa relación, ordenar la propuesta de mejora y evaluar su impacto desde lo operativo y lo económico.

3.2.1 Mejora continua y ciclo PDCA

La mejora continua es un enfoque de gestión orientado a identificar brechas de desempeño, intervenir sobre sus causas y promover ajustes progresivos en los procesos organizacionales. Dentro de este marco, el ciclo PDCA —Plan, Do, Check, Act— se ha consolidado como una de las metodologías más utilizadas para estructurar procesos de mejora de manera ordenada y sistemática (Deming, 1986; Naughton et al., 2024). Su origen se asocia a los planteamientos de Deming, quien promovió su uso como herramienta para fortalecer el aprendizaje organizacional y la mejora del desempeño de los procesos.

El PDCA se compone de cuatro etapas interrelacionadas. La fase Planear se orienta a identificar el problema, analizar sus causas y definir acciones de mejora. La fase Hacer corresponde a la ejecución o implementación de las acciones definidas. La fase Verificar busca contrastar los resultados obtenidos con los objetivos planteados, utilizando criterios de seguimiento e indicadores. Finalmente, la fase Actuar permite ajustar, corregir o estandarizar la solución a partir de los resultados observados, dando continuidad al proceso de mejora (Deming, 1986; Naughton et al., 2024).

El ciclo PDCA se utiliza como una forma de ordenar el estudio del problema y la propuesta de mejora. Su aporte radica en que sirve para analizar un proceso operativo concreto, identificar brechas, definir acciones y proyectar su seguimiento posterior. En este caso, la etapa Planear se expresa en el diagnóstico del proceso actual, el análisis causal y la planificación de soluciones; la etapa Hacer, en la implementación proyectada del Taller de Normas Gráficas; la etapa Verificar, en la definición de objetivos, metas e indicadores de control; y la etapa Actuar, en la proyección de ajustes posibles sobre inventario, procedimientos, capacitación y operación del modelo propuesto. Desde esta perspectiva, el PDCA no se entiende como una referencia conceptual aislada, sino como la estructura que organiza el desarrollo metodológico del estudio.

3.2.2 Herramientas de calidad para diagnóstico y análisis causal

Las herramientas de calidad cumplen un rol relevante en el diagnóstico del problema, ya que permiten identificar sus causas, priorizarlas y orientar la propuesta hacia los factores

de mayor incidencia. En este estudio se utilizan el Diagrama de Pareto, el Diagrama de Ishikawa y el método de los 5 Por Qué, por tratarse de herramientas que ayudan a identificar, ordenar y profundizar causas de un problema operativo (Ishikawa, 1986; American Society for Quality, 2026).

El Diagrama de Pareto sirve para distinguir las causas que concentran la mayor proporción de las observaciones, mientras que el Diagrama de Ishikawa facilita su ordenamiento en categorías y entrega una visión más estructurada del problema. A su vez, la técnica de los 5 Por Qué ayuda a profundizar en la causa raíz, evitando limitar el análisis a síntomas visibles.

Estas herramientas fortalecen el diagnóstico y entregan una base más objetiva para la formulación de la propuesta, permitiendo focalizar la mejora en factores que afectan directamente los tiempos de reposición, el control del proceso y la disponibilidad operativa de la flota.

3.2.3 Gestión de proyectos (Project Management)

La implementación de un Taller de Normas Gráficas corresponde a una mejora de proceso que requiere planificación, coordinación y control. La gestión de proyectos complementa el enfoque PDCA al entregar herramientas que permiten ordenar el alcance, las actividades, los responsables, los riesgos y los plazos necesarios para llevar la propuesta a una implementación estructurada.

Su incorporación resulta pertinente porque el proyecto considera habilitación de espacio, adquisición de equipamiento, definición de procedimientos, capacitación de personal y puesta en marcha de un piloto. La gestión de proyectos permite transformar estas acciones en entregables, actividades y responsabilidades concretas, dando mayor trazabilidad a la implementación (Project Management Institute, 2021).

Una de las herramientas utilizadas es la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT), que permite descomponer el alcance del proyecto en paquetes de trabajo más pequeños y manejables. Esta estructura facilita la organización de las actividades, la identificación de entregables y la posterior asignación de responsables y plazos. En esta propuesta, la EDT

se utiliza para ordenar las principales etapas necesarias para habilitar y poner en marcha el Taller de Normas Gráficas.

La definición de roles y responsabilidades también adquiere especial importancia debido a la participación de distintas áreas de la organización. Para este propósito se utiliza una matriz RACI, que permite distinguir quién es responsable de ejecutar una actividad, quién debe aprobarla, quién debe ser consultado y quién debe mantenerse informado. Su aplicación busca dar claridad a la participación de cada actor y facilitar la coordinación durante la implementación del proyecto.

Además, la gestión del proyecto considera la identificación de riesgos, el análisis de interesados, las adquisiciones necesarias y la elaboración de un cronograma preliminar. Estas herramientas permiten complementar la lógica de mejora continua del PDCA con una estructura orientada a organizar y controlar la implementación de la propuesta (Project Management Institute, 2021).

3.2.4 Gestión de activos y disponibilidad operativa

La gestión de activos busca maximizar el valor que una organización obtiene de sus activos, considerando variables como desempeño, riesgo, costo, disponibilidad y alineamiento con los objetivos operacionales. Este enfoque es consistente con la definición de gestión de activos propuesta por ISO 55001, que la entiende como una actividad coordinada de la organización para generar valor a partir de sus activos. En el contexto del transporte urbano, el activo principal corresponde al bus, cuya capacidad de generar valor depende directamente de su disponibilidad para operar y cumplir con los estándares exigidos para la prestación del servicio, especialmente en contextos donde la disponibilidad del activo condiciona la continuidad del servicio (ISO, 2024; Federal Transit Administration, 2016).

La disponibilidad operativa no depende únicamente del estado mecánico de las unidades, sino también de los procesos de soporte que permiten mantenerlas habilitadas bajo las condiciones técnicas, operacionales y normativas requeridas por la autoridad. Por ello, cuando un bus queda temporalmente fuera de servicio por incumplimientos de norma gráfica, se afecta su utilización efectiva, aun cuando el activo se encuentre mecánicamente disponible. En ese sentido, la indisponibilidad puede originarse en fallas físicas, como también en brechas de gestión que impiden su liberación oportuna a operación.

La mejora del activo bus no se entiende como una intervención sobre sus componentes físicos o mecánicos, sino como una mejora en su desempeño operacional. Al reducir los tiempos de detención asociados a observaciones de norma gráfica, la propuesta incrementa la disponibilidad efectiva del activo y mejora su capacidad de aportar valor a la operación. El Taller de Normas Gráficas actúa como un proceso de soporte a la gestión del activo bus, al disminuir tiempos improductivos, fortalecer el cumplimiento normativo, mejorar la trazabilidad del proceso y permitir que unidades técnicamente operativas puedan ser liberadas oportunamente a servicio. Por tanto, la propuesta contribuye a la gestión de activos al intervenir una causa no mecánica de indisponibilidad que afecta directamente la continuidad operacional de la flota.

3.2.5 Evaluación económica de proyectos de mejora

La evaluación económica permite complementar el análisis técnico y operativo de la propuesta, incorporando antecedentes que apoyen la toma de decisiones. Desde la gestión de activos, estas decisiones deben considerar de manera integrada variables como costo, riesgo y desempeño, buscando maximizar el valor que los activos aportan a la organización (More et al., 2024).

En esta tesina se consideran herramientas como el análisis costo-beneficio, el período de recuperación de la inversión y el Valor Actual Neto (VAN), con el propósito de estimar si la implementación del Taller de Normas Gráficas genera beneficios suficientes en relación con la inversión y los costos asociados a su operación.

Esta evaluación resulta especialmente relevante porque la propuesta busca reducir tiempos de reposición y disminuir la indisponibilidad de buses. Por lo tanto, su conveniencia se analiza tanto por el efecto esperado sobre la operación como por el valor económico que puede generar para la empresa.

Cierre del marco teórico

La revisión teórica ayuda a entender que el problema abordado en esta tesina no se limita a una falla puntual de reposición de señaléticas, sino que se inserta en una lógica más amplia de gestión operacional. El enfoque de mejora continua aporta una estructura para analizar y ordenar la intervención; las herramientas de calidad ayudan a identificar causas y priorizar acciones; la gestión de proyectos lleva la propuesta a una lógica de

implementación; y la gestión de activos sirve para comprender que la disponibilidad del bus también depende de procesos de soporte que inciden en su habilitación para servicio (Deming, 1986; Ishikawa, 1986; Project Management Institute, 2021; Federal Transit Administration, 2016).

Estos enfoques muestran que mejorar la disponibilidad operativa no depende solo de intervenir el activo físico, sino también de controlar mejor los procesos que condicionan su liberación a operación. Desde esa perspectiva, la evaluación económica complementa el análisis técnico al permitir valorar si la solución propuesta resulta conveniente y sostenible. El marco teórico entrega una base conceptual coherente para sustentar la propuesta metodológica y el desarrollo del estudio.

3.3 Propuesta Metodológica

La presente tesina está orientada a analizar una problemática operacional concreta y a evaluar una propuesta de mejora técnicamente estructurada. El problema estudiado corresponde a un proceso de soporte recurrente que puede medirse e intervenir, por lo que el ciclo PDCA se adopta como eje metodológico principal del estudio.

Esta elección responde a la necesidad de ordenar el trabajo desde el diagnóstico de la situación actual hasta la definición de acciones de mejora, su implementación proyectada y la evaluación de sus resultados esperados. Había otras formas de abordar el estudio, por ejemplo mediante un análisis exclusivamente descriptivo o desde una formulación tradicional de proyecto. Sin embargo, el PDCA ofrece una secuencia más coherente con la naturaleza del caso, porque puede vincular diagnóstico, diseño, verificación y ajuste dentro de una misma lógica de mejora.

El diagnóstico se apoya en herramientas de calidad como el Diagrama de Pareto, el Diagrama de Ishikawa y el método de los 5 Por Qué. La implementación proyectada del taller se complementa con herramientas de Project Management, entre ellas requisitos de implementación, estructura de desglose del trabajo, matriz de roles y responsabilidades, plan de riesgos, matriz de interesados, adquisiciones y cronograma preliminar.

Esta articulación sirve para avanzar desde el levantamiento y análisis del proceso actual hacia la definición de soluciones, la propuesta de implementación del taller, la verificación de resultados esperados, la proyección de ajustes y la evaluación económica de la

alternativa planteada. La metodología seleccionada aborda el problema desde una perspectiva de mejora continua, sin perder de vista la necesidad de estructurar la propuesta de forma concreta y evaluable.

Esquema de la Propuesta Metodológica



Imagen 3 Esquema de la propuesta metodológica

Fuente: Elaboración propia de la propuesta metodológica de desarrollo del proyecto.

4 Desarrollo del Proyecto

El desarrollo del proyecto se estructura según la lógica del ciclo PDCA presentada en el marco teórico y en la propuesta metodológica. A partir de esta secuencia, el estudio aborda el diagnóstico del proceso actual, la implementación proyectada del taller, la definición de criterios de verificación y la proyección de ajustes sobre el modelo propuesto. Los apartados siguientes desarrollan cada una de estas etapas en función del problema analizado.

4.1 Planear

La fase Planear concentra el diagnóstico del proceso actual de reposición de señaléticas, el análisis de sus principales causas y la definición inicial de la propuesta de mejora. Su propósito es comprender cómo opera hoy el proceso, dónde se generan sus brechas y sobre qué factores conviene intervenir. Los apartados siguientes desarrollan esta etapa a través del levantamiento del proceso actual, el análisis cuantitativo y cualitativo del problema y la planificación de soluciones.

4.1.1 Diagnóstico Actual – Proceso de Reposición de Señaléticas

El actual modelo de reposición de señaléticas en la empresa analizada se basa en un esquema externalizado, en el cual la atención de observaciones identificadas durante inspecciones operativas o procesos de certificación depende de un proveedor externo. Si bien este flujo ayuda a resolver los requerimientos, presenta ineficiencias relevantes en tiempos de respuesta, trazabilidad y disponibilidad de stock, lo cual impacta directamente la continuidad operacional de la flota.

Actualmente, el proceso aborda los siguientes pasos:

1. Inspección diaria de buses en terminales.
2. Identificación de buses con discrepancias gráficas respecto de la normativa vigente.
3. Emisión de orden de compra al proveedor.
4. Espera de fabricación o reposición de señalética.
5. Instalación por parte del proveedor (cuando está disponible).
6. Liberación del bus para operación.

Bajo el modelo actual, el tiempo promedio de reposición de una señalética es de 24 horas por bus, considerando desde la detección de la observación hasta su regularización. Para el modelo propuesto se establece como objetivo reducir este tiempo a 4 horas por unidad. En un escenario de 25 buses afectados al mes, esto permitiría disminuir la indisponibilidad asociada al proceso desde 600 a 100 horas-bus mensuales.

4.1.2 Analizar la Situación Actual

Para identificar cómo se realiza actualmente el proceso, se presenta el diagrama actual en la imagen 3:

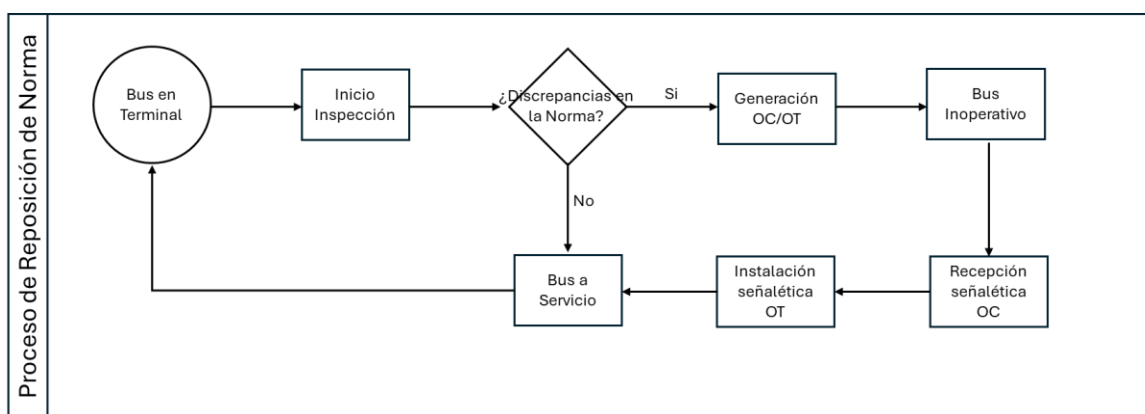


Imagen 4 Proceso de Reposición de Norma Gráfica

Fuente: Elaboración propia en base al flujo de Certificación del Bus.

4.1.2.1 Impacto en la disponibilidad operativa

El proceso de certificación se concentra en una semana de inspección al mes, durante la cual pasa la totalidad de los buses programados. Las mediciones realizadas en la semana de certificación de abril de 2024 registran 252 buses inspeccionados y 26 unidades con observaciones asociadas a norma gráfica, equivalente a una tasa de 10,3%. La información se contrasta con estadísticas del área de Mantenimiento, que en periodos comparables registran tasas de entre 8% y 13%, por lo que la medición se considera representativa del proceso. Para efectos del estudio se emplea un 10%, equivalente a 25 buses mensuales, valor levemente inferior a lo medido. Estas unidades pueden quedar temporalmente retenidas hasta su regularización, afectando la disponibilidad efectiva de flota y generando presión sobre la programación operacional.

Tabla 1 Buses inspeccionados vs observaciones de certificaciones

Día	Buses Inspeccionados	Unidades con observaciones gráficas	% de Afectación
lunes	42	4	9,5%
martes	45	6	13,3%
miércoles	45	5	11,1%
jueves	43	4	9,3%
viernes	40	4	10,0%
sábado	37	3	8,1%

Fuente: Elaboración propia, observaciones de una semana de Certificaciones, datos otorgados por el equipo de Mantenimiento de Flota.

El modelo propuesto se compara con una meta de 4 horas para regularizar observaciones gráficas por bus. Esta meta se construye a partir del tiempo de ciclo estimado del proceso interno. Con el equipamiento definido para el taller, la atención de una observación tipo considera la recepción del requerimiento y el ajuste del archivo de diseño (del orden de 30 minutos), la impresión y corte de las piezas (entre 45 y 60 minutos), el laminado y la preparación para instalación (30 minutos), la instalación en el bus (entre 45 y 60 minutos) y los traslados y coordinación dentro del terminal (30 minutos). El ciclo completo suma entre 3,0 y 3,5 horas, por lo que la meta de 4 horas incorpora una holgura para colas de trabajo o atenciones simultáneas. La estimación es además coherente con la capacidad declarada del equipamiento, de hasta 25 piezas diarias: la producción de cada pieza representa una fracción menor del ciclo, y el tiempo total por bus queda determinado principalmente por la instalación y la coordinación operativa, no por la capacidad de producción.

Conclusión del diagnóstico operativo

El proceso actual presenta limitaciones para responder dentro de los tiempos requeridos por la operación. La falta de control interno, sumada a la dependencia de terceros, genera mayor indisponibilidad de flota, menor trazabilidad del proceso y exposición a incumplimientos operacionales o normativos.

Este diagnóstico sirve para fundamentar la conveniencia de evaluar un modelo interno de producción gráfica que permita mejorar tiempos de respuesta, reducir costos y fortalecer el cumplimiento normativo.

4.1.2.2 Diagnóstico Cuantitativo – Diagrama de Pareto

El análisis se construyó a partir de los registros de la misma semana de certificación de abril de 2024 presentada en la Tabla 1, y considera las 51 observaciones individuales asociadas a las 26 unidades identificadas, dado que un mismo bus puede presentar más de una señalética con observaciones. Los antecedentes fueron contrastados con registros del área de Mantenimiento, y la información se clasificó en categorías operativas para ordenar las causas que aparecen con mayor frecuencia en el proceso.

Las observaciones se agruparon en las siguientes categorías: falta de stock de señalética, retraso en la reposición de stock, bus no disponible para reposición, incumplimiento del estándar gráfico, falta de técnicos, fallas de calidad, errores en la reposición y falta de materiales. Esta clasificación da una primera lectura del problema desde su recurrencia, aunque no representa por sí sola el impacto total de cada causa sobre el tiempo de detención del bus.

Es importante señalar que este análisis corresponde a un periodo acotado y no distingue variaciones según día de la semana, turno o carga operacional. Este punto es relevante, ya que una observación detectada en un viernes podría tener un efecto distinto a una detectada en un lunes, dependiendo de la disponibilidad de stock, personal o capacidad de respuesta del proveedor. Por lo anterior, el Pareto se entiende como una herramienta de priorización inicial, útil para reconocer tendencias del proceso, más que como una medición de toda la variabilidad operativa.

El gráfico se construye sobre la frecuencia de ocurrencia de las causas y no sobre su severidad o el tiempo de retraso asociado. En otras palabras, no todas las causas necesariamente tienen el mismo peso en la detención del bus: algunas pueden aparecer menos veces, pero generar un impacto mayor en la disponibilidad operativa. Aun así, el análisis resulta útil porque identifica cuáles son las categorías que se repiten con mayor frecuencia y, por tanto, dónde conviene concentrar primero la atención del diagnóstico.

Los resultados muestran que el 51% de las observaciones se concentra en problemas de abastecimiento, específicamente falta de stock y demoras del proveedor externo. Las dos categorías siguientes, indisponibilidad del bus para reposición e incumplimiento del estándar, agregan un 24% adicional.

Estos antecedentes sugieren que una parte importante del problema no se explica por la inspección en sí misma, sino por debilidades del modelo actual de reposición y control del proceso.

A continuación, se presenta el resultado del análisis:

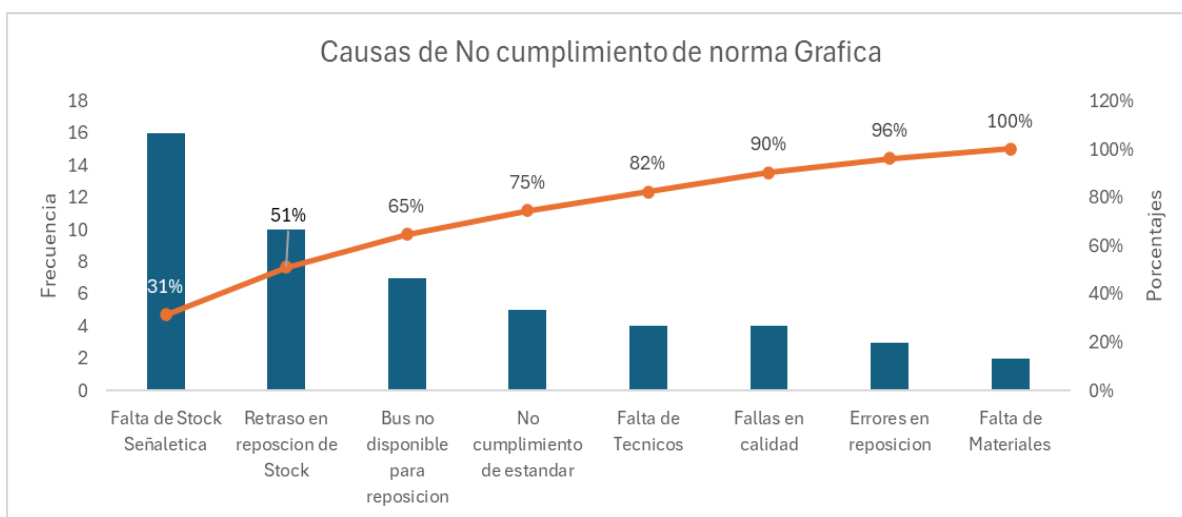


Imagen 5 Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia, registros semanales de inspección del terminal piloto, abril 2024.

Conclusión del análisis Pareto

El Diagrama de Pareto muestra que las causas más frecuentes del incumplimiento normativo en señalética se concentran en problemas de abastecimiento y control del proceso. Aunque el análisis no pondera la gravedad de cada causa en términos de horas efectivas de detención, sí permite priorizar el diagnóstico y concentrar la atención en los factores que se repiten con mayor frecuencia dentro del proceso actual.

4.1.2.3 Diagnóstico Cualitativo – Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto)

Una vez identificada la categoría de mayor incidencia mediante el Diagrama de Pareto, se utiliza el Diagrama de Ishikawa para profundizar en sus causas y ordenar sus principales dimensiones explicativas. En este estudio, su aplicación se concentra en la falta de stock de señaléticas, por tratarse del factor más recurrente dentro del diagnóstico cuantitativo.

A partir de esta premisa, el análisis organiza las causas en categorías que ayudan a comprender mejor la estructura del problema y orientar el diseño de soluciones. Para ello, se consideran dimensiones vinculadas con método, mano de obra, materiales, máquina, medio ambiente y medición, las que en conjunto dan una lectura más completa de la brecha detectada.

La causa central identificada previamente fue la falta de stock disponible de señaléticas, que representa más del 50% de las discrepancias detectadas. Sobre esta base, se analizaron las siguientes dimensiones:

Tabla 2 Causa raíz: Falta de stock de señaléticas

Categoría	Causas específicas	Impacto observado
Método	Procesos de reposición no estandarizados; emisión manual de OC.	Genera demoras e ineficiencia administrativa.
Mano de obra	Bajo conocimiento técnico del estándar gráfico; coordinación deficiente entre áreas.	Aumenta errores y retrasa el cierre de observaciones.
Materiales	Falta de insumos en bodega; alta dependencia de proveedor externo.	Impide respuesta rápida ante observaciones.
Máquina	El proceso depende de equipamiento externo.	Sin control directo sobre producción y calidad.
Medio ambiente	La atención depende de recursos externos al terminal; desplazamiento de material y tiempo de espera.	Incrementa el tiempo total de reposición.
Medición	No existe un KPI específico para tiempo de respuesta de señaléticas.	Dificulta la detección temprana de desviaciones y la priorización del proceso.

Fuente: Elaboración propia, en base al análisis de causas.

Las aristas identificadas se presentan en la imagen 5:

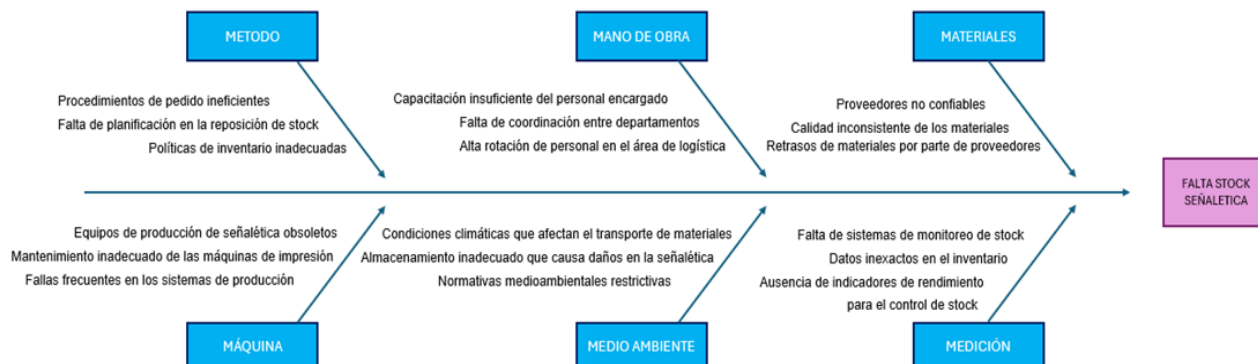


Imagen 6 Diagrama de Ishikawa – Causa raíz: Falta de stock gráfico

Fuente: Elaboración propia, a partir del análisis de Pareto, registros semanales de inspección del terminal piloto y revisión con actores operativos del proceso, abril 2024.

Conclusión del análisis Ishikawa

El análisis cualitativo muestra que la falta de stock de señaléticas no corresponde a una desviación aislada, sino a una brecha estructural del proceso actual. Las causas identificadas se distribuyen en ámbitos de método, coordinación, materiales, equipamiento y control, lo que indica que el problema no puede explicarse solo por abastecimiento, sino por una combinación de debilidades en la gestión del proceso.

4.1.2.4 Análisis de Causa Raíz – Método de los 5 Por qué

Para complementar el diagnóstico anterior, se aplicó el método de los 5 Por Qué con el objetivo de llegar a la causa raíz del principal problema detectado: la falta de stock oportuno de señaléticas, lo que impide cumplir con los tiempos de reposición y genera detenciones operativas evitables.

A diferencia de otros métodos, esta herramienta profundiza secuencialmente en el “por qué” de un problema, de forma lógica y práctica, hasta llegar a un punto de acción. La aplicación del método fue validada a través de reuniones con personal de inspección, jefaturas operativas y encargados de inventario, quienes confirmaron en terreno los retrasos, la falta de trazabilidad y la dependencia del proveedor externo.

Tabla 3 Los buses no pueden operar por falta de señaléticas disponibles.

Por qué	Respuesta
1. ¿Por qué los buses no cuentan con señaléticas disponibles cuando se detectan observaciones?	Porque los pedidos al proveedor se demoran más de 24 horas.
2. ¿Por qué los pedidos demoran más de 24 horas?	Porque se externaliza el servicio y no hay control sobre su disponibilidad ni stock.
3. ¿Por qué no hay control interno sobre el stock y reposición?	Porque no existe un sistema interno de producción e inventario gráfico.
4. ¿Por qué no se ha implementado un sistema interno hasta ahora?	Porque no se ha considerado estratégico gestionar internamente este proceso.
5. ¿Por qué no se ha considerado estratégico?	Porque no existía una evaluación técnica y económica que justificara el cambio al modelo interno.

Fuente: Elaboración propia, a partir de revisión con personal de inspección, jefaturas operativas, área de abastecimiento y responsables del terminal piloto, sobre la base del diagnóstico del proceso actual, abril 2024.

El análisis considera una instancia de revisión con actores operativos y técnicos vinculados al proceso, como personal de inspección, área de planificación, área de abastecimiento y responsables del terminal piloto. Esta revisión contrasta las principales causas identificadas: plazos de respuesta del proveedor externo, falta de stock oportuno y baja trazabilidad del proceso.

Conclusión del análisis

El análisis 5 Por qué ayuda a concluir que la raíz del problema no es solo técnica, sino también de gestión. La falta de stock oportuno no responde únicamente a una falla puntual de abastecimiento, sino a la ausencia de un modelo interno que defina ítems críticos, cantidades mínimas y criterios de reposición. En ese sentido, la brecha no está solo en la falta de material, sino también en la falta de control sobre qué señaléticas e insumos deben mantenerse disponibles para evitar detenciones operativas.

Una forma de abordar esta brecha es mediante una clasificación ABC del inventario gráfico, complementada con la revisión de niveles de rotación, stock mínimo y máximo, y la priorización de aquellas señaléticas e insumos que tienen mayor impacto en la habilitación

del bus. Sobre esa base, la propuesta del taller interno incorpora inventario controlado, reposición definida y mayor capacidad de respuesta desde la operación.

4.1.3 Planificación de Soluciones

El diagnóstico de las secciones anteriores dejó en evidencia las principales brechas del proceso actual: dependencia del proveedor externo, poco control sobre el inventario gráfico, baja trazabilidad y tiempos de respuesta que afectan la disponibilidad de flota. La propuesta de soluciones se orienta directamente a intervenir estas brechas.

La empresa requiere además mejorar la disponibilidad de buses y reducir las observaciones asociadas a incumplimientos detectados tanto en certificación como en controles en ruta. La propuesta aborda este objetivo desde una causa de indisponibilidad que no es mecánica, pero que igualmente puede mantener unidades fuera de servicio y generar efectos sobre el cumplimiento operacional.

Antes de definir la implementación de un taller interno se revisaron dos alternativas de menor alcance. La primera corresponde a renegociar el nivel de servicio con el proveedor externo, opción que podría reducir los tiempos de respuesta, pero mantendría fuera de la empresa el control del inventario y buena parte de la trazabilidad. La segunda considera mantener stock en consignación dentro del terminal, lo que permitiría disminuir algunos quiebres de stock, aunque conservaría la dependencia del proveedor para la disponibilidad de piezas y su instalación.

Criterios de priorización

Las alternativas se compararon de forma cualitativa considerando su impacto esperado sobre la disponibilidad de flota, el nivel de control que entrega sobre el proceso y la factibilidad de implementación. La evaluación se realizó utilizando una escala Alta, Media y Baja, según el grado en que cada alternativa responde a las brechas identificadas en el diagnóstico.

Tabla 4 Comparación cualitativa

Alternativa	Impacto en disponibilidad	Control del proceso	Factibilidad de implementación	Evaluación general
Renegociar nivel de servicio con proveedor	Media	Baja	Alta	Media
Stock en consignación	Media	Media	Alta	Media
Taller interno	Alta	Alta	Media	Alta

Fuente: Elaboración propia en base al diagnóstico del proceso y a los criterios de priorización definidos para el estudio.

De acuerdo con esta comparación, el taller interno obtiene la mejor evaluación, ya que permite abordar de manera conjunta el tiempo de respuesta, el control del inventario y la dependencia del proveedor. Aunque requiere una mayor preparación inicial, es la alternativa que responde de forma más completa a las brechas identificadas. A partir de esta selección, la propuesta se estructura en cuatro ejes de trabajo, cada uno con objetivos, acciones y criterios de seguimiento para la etapa piloto.

4.1.3.1 Implementación del taller gráfico interno

Objetivo asociado: Reducir el tiempo promedio de reposición de señaléticas desde 24 horas a un máximo de 4 horas por bus durante el periodo piloto, con el fin de mejorar la disponibilidad operativa de la flota.

Acciones principales:

- Definir layout funcional y requerimientos técnicos del taller.
- Adquirir equipamiento necesario para impresión, corte e instalación.
- Establecer un flujo interno de trabajo para diseño, producción e instalación.

4.1.3.2 Estandarización de normas gráficas y procedimientos

Objetivo asociado: Disminuir errores de pedido, interpretación o reposición de señaléticas durante los primeros tres meses del piloto, mediante la formalización de estándares y procedimientos de trabajo.

Acciones principales:

- Elaborar un Manual de Normas Gráficas con especificaciones visuales, materiales y formatos.
- Documentar procedimientos de solicitud, producción, instalación y control de calidad.
- Integrar estos criterios al sistema de gestión operativa del proceso.

4.1.3.3 Fortalecimiento del sistema de inventario gráfico

Objetivo asociado: Mantener disponibles los ítems gráficos críticos definidos para el piloto, mediante codificación, stock mínimo y criterios de reposición, durante los primeros tres meses de operación proyectada.

Acciones principales:

- Implementar un sistema digital o planilla estructurada de control de inventario.
- Definir clasificación de ítems críticos, códigos y niveles de stock mínimo.
- Establecer criterios de reposición y seguimiento de consumo.

4.1.3.4 Capacitación y estabilización operativa del modelo

Objetivo asociado: Capacitar al 100% del personal asignado antes de la puesta en marcha del piloto y lograr, durante los primeros dos meses de operación proyectada, un uso consistente de los procedimientos definidos, del equipamiento y del registro de inventario gráfico.

Acciones principales:

- Capacitar al personal en normas gráficas, uso de equipamiento e inventario.
- Asignar roles y responsabilidades para la operación del taller.
- Realizar seguimiento inicial del cumplimiento del proceso y de la correcta ejecución de tareas.

Tabla 5 Planificación de soluciones

Eje estratégico	Objetivo asociado	Indicador / meta de referencia	Plazo de referencia	Acciones principales
Implementación del taller gráfico interno	Reducir el tiempo promedio de reposición de señaléticas y mejorar la disponibilidad operativa de la flota.	Tiempo promedio de reposición por observación gráfica regularizada: máximo 4 horas por bus.	Durante el periodo piloto.	Definir layout y requerimientos técnicos del taller; adquirir e instalar el equipamiento; establecer el flujo interno de solicitud, diseño, producción e instalación.
Fortalecimiento del sistema de inventario gráfico	Asegurar la disponibilidad de los ítems gráficos críticos requeridos para la operación del taller.	Porcentaje de disponibilidad de ítems críticos: 100% durante el piloto.	Durante el periodo piloto.	Clasificar y codificar los ítems críticos; definir niveles iniciales de stock mínimo; implementar el registro de entradas y salidas; establecer criterios de reposición y seguimiento del consumo.
Estandarización de normas gráficas y procedimientos	Disminuir los errores asociados a la solicitud, producción e instalación de señaléticas mediante la estandarización del proceso.	Número de errores detectados por periodo: reducción mínima de 20% respecto del registro inicial levantado durante el piloto.	Primeros 3 meses de operación proyectada.	Elaborar el Manual de Normas Gráficas; documentar los procedimientos de solicitud, producción, instalación y control; registrar y revisar los errores detectados durante la operación.
Capacitación y estabilización operativa del modelo	Lograr una operación estable del taller, con personal capacitado y uso consistente de los procedimientos, equipamiento y registros de inventario.	Porcentaje de cumplimiento de procedimientos, uso correcto del equipamiento y registros completos de inventario: mínimo 90%.	Primeros 2 meses de operación proyectada.	Capacitar al personal antes de la puesta en marcha; asignar roles y responsabilidades; realizar seguimiento inicial al cumplimiento de procedimientos, uso del equipamiento y control de inventario.

Fuente: Elaboración propia en base a las brechas identificadas en el diagnóstico y a los objetivos definidos para la propuesta.

4.2 Fase de Implementación – Hacer

La fase “Hacer” corresponde a la implementación proyectada del Taller de Normas Gráficas como piloto en el terminal seleccionado para la implementación inicial. Esta fase materializa las soluciones definidas en la planificación, aborda las causas raíz identificadas y genera las condiciones necesarias para validar el desempeño operativo del modelo propuesto.

La implementación se estructura en cinco bloques de acción: habilitación del espacio físico, adquisición e instalación de equipamiento gráfico, implementación del sistema de

inventario, capacitación del personal y puesta en marcha operativa del taller. Estos componentes son necesarios para asegurar la viabilidad técnica y operativa del proyecto.

4.2.1 Acondicionamiento del espacio físico

Una de las principales limitantes del modelo actual es la dependencia de recursos y procesos externos. En este contexto, disponer de un taller interno en el terminal permitirá reducir tiempos logísticos y responder de forma más rápida a las observaciones normativas detectadas en los buses.

Se propone habilitar un espacio dentro del terminal seleccionado para el piloto, cercano a las áreas de inspección, mantenimiento o patio operativo, con una superficie estimada de 40 m². Esta dimensión resulta suficiente para incorporar una estación de diseño, impresión, corte, laminado y preparación de piezas gráficas. Entre las adecuaciones requeridas se consideran condiciones eléctricas adecuadas, iluminación reforzada, puntos de red y mejoras menores de piso y pintura, con el fin de facilitar el orden, la seguridad y la limpieza del espacio.

Esta etapa deberá ser coordinada por las áreas responsables del proceso, considerando una duración estimada de una semana. Entre las principales restricciones se identifican la disponibilidad de espacio físico y la posible interferencia con otros procesos operativos del terminal.

4.2.2 Propuesta de adquisición e instalación de equipamiento gráfico

La selección del equipamiento proyectado se sustenta en un análisis técnico-operativo del proceso, considerando la demanda estimada del piloto, el tipo de señaléticas requeridas, sus condiciones de uso y la capacidad necesaria para responder oportunamente a las observaciones detectadas. Sobre esta base, se priorizó equipamiento de gama media, adecuado para internalizar la producción de piezas estandarizadas sin sobredimensionar la inversión del proyecto.

Las áreas responsables deberán evaluar la factibilidad de instalación, los requerimientos eléctricos, las condiciones de seguridad y la compatibilidad del equipamiento con el espacio disponible para la operación del taller. Este análisis permitirá validar la viabilidad de la alternativa propuesta en términos físicos y operativos.

La configuración considerada incluye un plotter de impresión ecosolvente de hasta 1,3 metros, una cortadora automática con lector óptico, una laminadora térmica para vinilos de uso exterior y herramientas básicas de instalación. Este equipamiento permitiría una capacidad estimada de hasta 25 piezas diarias, suficiente para atender la demanda proyectada del piloto.

Entre las principales restricciones de esta etapa se consideran los plazos de entrega, la necesidad de capacitación técnica y la disponibilidad de condiciones adecuadas para una instalación y operación seguras. No obstante, bajo los supuestos del estudio, la configuración propuesta resulta técnicamente consistente con los objetivos operativos del proyecto.

4.2.3 Implementación del sistema de inventario gráfico

Uno de los principales hallazgos del diagnóstico fue la ausencia de un control específico de stock para los ítems gráficos, situación que genera quiebres frecuentes, duplicidad de pedidos y baja trazabilidad del proceso. Por ello, la implementación del taller requiere incorporar un sistema básico de gestión de inventario gráfico.

El sistema propuesto contempla una herramienta digital integrada al sistema interno de la empresa o, en su defecto, una planilla estructurada de control. Esta deberá permitir clasificar las señaléticas por tipo, establecer una codificación, registrar entradas y salidas y generar alertas de reposición. Para el inicio del piloto se propone trabajar con 25 ítems críticos, seleccionados a partir de las señaléticas que presentan mayor recurrencia en los registros históricos. Como nivel inicial se considera un stock mínimo de tres unidades por ítem. Ambos parámetros se plantean como valores de partida y deberán ajustarse durante el piloto según el consumo real, la frecuencia de reposición y el tiempo de producción interna.

La responsabilidad de esta gestión deberá asignarse a un responsable del taller gráfico, con apoyo del área de abastecimiento o del responsable de bodega del terminal piloto. Entre las principales restricciones se consideran las limitaciones del sistema actual para integrar un nuevo módulo y la baja experiencia inicial del personal en gestión de inventario gráfico.

4.2.4 Capacitación del personal

La implementación del taller considera la asignación de un operador gráfico para su funcionamiento, quien deberá contar con competencias básicas en producción gráfica, aplicación de normas y manejo de inventario. Para efectos de la evaluación económica, este recurso se encuentra valorizado como parte del costo mensual del modelo interno. La modalidad definitiva, ya sea mediante reasignación interna o contratación, deberá definirse previo a la puesta en marcha del piloto.

Los contenidos de formación deberán incluir el uso seguro y eficiente del equipamiento, la interpretación del Manual de Normas Gráficas, la gestión del inventario gráfico y las buenas prácticas de instalación de señaléticas. Se propone una duración de 10 horas teórico-prácticas, con énfasis en el aprendizaje aplicado al contexto real de operación del terminal.

Como complemento, se considera una estrategia básica de gestión del cambio, basada en una charla inicial de sensibilización, la designación de referentes internos y el seguimiento temprano de la carga de trabajo y retroalimentación del personal. Esto permitirá facilitar la adopción del modelo y corregir desajustes operativos en las primeras etapas de implementación.

4.2.5 Puesta en marcha operativa del taller

La puesta en marcha piloto tiene como propósito validar el funcionamiento del Taller de Normas Gráficas en condiciones reales de operación. Esta etapa permitirá comprobar si la capacidad instalada, los procedimientos definidos y el personal capacitado logran responder de forma efectiva a las observaciones normativas detectadas en los buses.

La activación del piloto se realizará mediante la atención de órdenes internas originadas en inspecciones reales, con monitoreo del tiempo de respuesta, control de calidad visual y verificación del cumplimiento normativo antes de liberar cada unidad a operación. Para ello, se propone utilizar herramientas básicas de control, tales como bitácora operativa, fichas de cierre de órdenes gráficas, checklist de cumplimiento y observaciones levantadas por el área de planificación y las áreas técnicas responsables.

La supervisión de esta etapa deberá ser compartida entre los responsables operativos del terminal (Líder Técnico) y el encargado del taller gráfico. Entre las restricciones más

probables se encuentran la interferencia con otras actividades operativas del terminal y la curva de aprendizaje propia del inicio de operación.

4.2.6 Propuesta básica de implementación

Tabla 6 Cronograma implementación

Semana	Actividad principal	Cuantificación principal
1	Obras civiles y acondicionamiento del espacio	Habilitación de 1 espacio de trabajo de aprox. 40 m² , con condiciones eléctricas, iluminación y red para la operación del taller
2	Instalación y pruebas de equipamiento gráfico	Instalación de 1 set de equipamiento principal y validación de una capacidad estimada de hasta 25 piezas diarias
3	Capacitación técnica e integración de inventario	Ejecución de 10 horas de capacitación teórico-práctica e incorporación de 25 ítems críticos al inventario, con stock mínimo de 3 unidades por ítem
4	Activación piloto y monitoreo operativo	Puesta en marcha de 1 piloto operativo , con atención de órdenes reales y seguimiento inicial de tiempo de respuesta, control visual y cumplimiento normativo

Fuente: Elaboración propia, en base a propuesta de básica de implementación semanal.

Conclusión de la fase “Hacer”

La fase Hacer ordena la implementación del taller en etapas concretas, considerando habilitación del espacio, instalación de equipamiento, definición de inventario, capacitación y puesta en marcha inicial. Con esto se busca intervenir las principales causas que hoy afectan el cumplimiento gráfico y, con ello, reducir una fuente de indisponibilidad que impacta la operación de la flota.

Esta etapa también deja claro que la implementación no depende solo del diseño del modelo, sino de los recursos necesarios para ponerlo en marcha. Esto incluye inversión inicial en espacio, equipamiento, inventario y capacitación, además de los costos operativos del taller y del recurso humano requerido para su funcionamiento. Para el piloto se considera un operador gráfico, cuyo costo se incorpora en la evaluación económica. La modalidad de incorporación de este recurso, ya sea mediante contratación o reasignación interna, deberá ser definida por la empresa antes de la puesta en marcha. El detalle de estos valores se desarrolla en el capítulo de evaluación económica.

4.3 Fase de Verificación – Check

La fase Check corresponde al momento en que se definen los criterios con los cuales se evaluaría el desempeño del modelo propuesto una vez implementado el taller. En esta tesina no se mide todavía un resultado real, ya que no se contempla una puesta en marcha efectiva, pero sí se establecen los parámetros que permitirían verificar si la solución cumple con lo esperado en términos operativos. Su función es contrastar la propuesta con objetivos de control medibles, coherentes con la planificación.

4.3.1 Objetivo de la fase

Los objetivos de verificación se definen a partir de las principales brechas identificadas en el diagnóstico y de los cuatro ejes de solución establecidos durante la planificación. El tiempo de reposición responde a la detención promedio actual de 24 horas por bus; el control de inventario se relaciona con los problemas de stock y reposición detectados; la estandarización busca reducir errores en el proceso; y la estabilización operativa permite verificar que el taller pueda funcionar con personal capacitado y procedimientos definidos.

Sobre esta base, la verificación se concentra en cuatro objetivos. El primero es reducir el tiempo promedio de reposición de señaléticas desde 24 horas a un máximo de 4 horas por bus durante el periodo piloto. El segundo es mantener disponibles los ítems gráficos críticos definidos para la operación del taller, mediante niveles de stock y criterios de reposición. El tercero es disminuir los errores asociados a la solicitud, producción e instalación de señaléticas mediante la estandarización del proceso. El cuarto es lograr una operación estable del modelo, con personal capacitado y uso consistente de los procedimientos, el equipamiento y el registro de inventario.

Estos objetivos se traducen en indicadores de seguimiento. Para el tiempo de respuesta, se propone medir el tiempo promedio de reposición por observación gráfica regularizada, con una meta máxima de 4 horas por bus. Para el inventario, se medirá la disponibilidad de los ítems gráficos críticos durante el piloto. En cuanto a la estandarización, se registrará la cantidad de errores detectados en la solicitud, producción o instalación, estableciendo como meta una reducción mínima de 20% respecto del registro inicial levantado durante el piloto.

Finalmente, para evaluar la estabilización del modelo, se propone medir el cumplimiento de los procedimientos, el uso correcto del equipamiento y la integridad de los registros de

inventario, con una meta mínima de 90% durante los primeros dos meses de operación proyectada.

Estos indicadores permitirán verificar si el modelo responde a las brechas que dieron origen a la propuesta y establecer una base objetiva para evaluar su funcionamiento durante una eventual implementación en terreno.

Tabla 7 Objetivos e indicadores de verificación

Objetivo de verificación	Indicador propuesto	Meta de referencia	Plazo de referencia
Reducir el tiempo promedio de reposición de señaléticas.	Tiempo promedio de reposición por observación gráfica regularizada.	Máximo 4 horas por bus.	Durante el periodo piloto.
Asegurar disponibilidad de los ítems gráficos críticos.	Porcentaje de disponibilidad de ítems críticos definidos para el piloto.	100% de disponibilidad de ítems críticos.	Durante el periodo piloto.
Disminuir errores de pedido, interpretación o reposición.	Número de errores detectados por periodo en solicitud, producción o instalación.	Reducción mínima de 20% en la cantidad de errores de solicitud, producción o instalación respecto del registro inicial levantado durante el piloto.	Primeros 3 meses de operación proyectada.
Lograr una operación estable del modelo propuesto.	Porcentaje de cumplimiento de procedimientos, uso correcto del equipamiento y registros completos de inventario.	Al menos 90% de cumplimiento.	Primeros 2 meses de operación proyectada.

Fuente: Elaboración propia en base a los objetivos planteados en esta fase del proyecto.

4.3.2 Metodología de verificación

La verificación de resultados será realizada a través de un plan de seguimiento estructurado, que contemple la recopilación sistemática de datos, análisis comparativo con la situación base y validación por parte de los actores operativos. Este plan incluye:

- Revisión semanal de órdenes de trabajo atendidas, mediante bitácora digital de producción gráfica.
- Cruce de datos con el sistema de inventario para evaluar cumplimiento de stock y trazabilidad.

- Reuniones quincenales de control operativo con participación de mantenimiento, operaciones y soporte técnico.
- Aplicación de una encuesta de retroalimentación interna a personal de flota, planificación e ingeniería.

Adicionalmente, se elaborará un informe mensual de desempeño con una matriz de cumplimiento de indicadores y recomendaciones asociadas.

4.3.3 Escenarios de control y acciones correctivas

La fase de verificación debe contemplar el control de resultados, como también la anticipación de escenarios críticos y sus respuestas operativas. En ese sentido, se establecen los siguientes escenarios:

Tabla 8 Escenarios de control

Escenario detectado	Respuesta correctiva propuesta
Tiempo de atención promedio supera las 4 horas	Revisión del flujo interno, evaluación de cuello de botella y ajuste de stock mínimo
Quiebre de inventario de ítems de alta rotación	Revisión de niveles de stock mínimo y ajuste de los criterios de reposición según el consumo observado.
Bajo cumplimiento de órdenes por error o falta de control	Retroalimentación inmediata, revisión del procedimiento y capacitación adicional
Alta satisfacción y cumplimiento sostenido	Propuesta de expansión del modelo a otros terminales

Fuente: Elaboración propia en base a los escenarios propuestos de control

4.3.4 Rol estratégico de la fase “Check” dentro del PDCA

Los resultados de la verificación alimentan directamente la fase Actuar: con esos datos se decide si el modelo se mantiene, se ajusta o se rediseña. El análisis de datos obtenidos durante esta etapa permitirá determinar si el modelo es escalable, si requiere ajustes estructurales o si es necesario rediseñar aspectos específicos.

Desde una mirada de gestión de activos, esta fase contribuye a:

- Validar la confiabilidad operativa del nuevo proceso gráfico.
- Confirmar la factibilidad técnica del modelo de producción interna.

- Fortalecer la toma de decisiones sobre inversión, recursos humanos y replicabilidad del sistema.

4.3.5 Conclusión de la fase de verificación

La fase de verificación permitirá evaluar si el taller cumple las metas definidas para el piloto, especialmente en tiempos de respuesta, control del inventario y reducción de detenciones por norma gráfica. Con esos resultados, la empresa podrá decidir si corresponde mantener, ajustar o escalar el modelo propuesto.

4.4 Fase de Mejora – Actuar

La fase Actuar corresponde al momento en que los resultados observados en la verificación se traducen en decisiones de ajuste sobre el modelo propuesto. En esta tesina no se desarrolla una implementación real del taller, por lo que esta etapa se plantea de manera proyectada. Su sentido es definir cómo debería reaccionar la organización frente a desvíos detectados durante la operación del modelo, antes de decidir su continuidad o una eventual expansión.

Un ejemplo permite mostrar cómo se aplicaría esta fase. Si durante los primeros dos meses el tiempo promedio de reposición no baja a la meta de 4 horas por bus y se mantiene, por ejemplo, en 8 horas, ya existiría una señal clara de ajuste. Lo mismo ocurriría si aparecen inconsistencias en los registros de inventario o si ciertos ítems críticos siguen generando quiebres de stock.

Frente a ese escenario, las acciones no debieran quedarse en una observación general, sino traducirse en cambios concretos sobre la operación. Entre ellos podrían considerarse la redefinición de niveles de stock mínimo, la reclasificación de ítems críticos, el refuerzo de la capacitación del personal, la reasignación de responsabilidades operativas o la revisión del flujo interno de solicitud, producción e instalación.

Si al cierre del piloto se alcanza la meta máxima de 4 horas por bus, se mantiene la disponibilidad de los ítems críticos, se logra la reducción de errores definida y se obtiene al menos un 90% de cumplimiento de los procedimientos operativos, la organización podría avanzar hacia una etapa de consolidación del modelo. En caso de detectarse desviaciones respecto de estas metas, deberán revisarse sus causas y definirse los ajustes correspondientes antes de evaluar su aplicación en otros terminales. Como plan de seguimiento, se propone mantener el control de estos mismos indicadores mediante revisiones periódicas y un informe mensual de desempeño, permitiendo verificar la evolución de los resultados, identificar nuevas desviaciones y definir acciones correctivas cuando corresponda. Este seguimiento deberá ser coordinado por los responsables del taller y del terminal, con participación de las áreas involucradas según el tipo de desviación detectada.

4.5 Resumen de aplicación del ciclo PDCA

Para cerrar la aplicación del ciclo PDCA en esta tesina, se presenta una síntesis de las cuatro etapas desarrolladas y de su aporte dentro del estudio. Esta tabla resume el propósito de cada fase, su desarrollo y el resultado principal esperado en relación con la propuesta del Taller de Normas Gráficas.

Tabla 9 Estandarización de las etapas del ciclo PDCA aplicadas al estudio

Etapa PDCA	Propósito en la tesina	Desarrollo en el estudio	Resultado principal esperado
Planear	Diagnosticar la brecha y definir la propuesta de mejora	Levantamiento del proceso actual, análisis de disponibilidad, Pareto, Ishikawa, 5 Por Qué y planificación de soluciones	Identificación de la causa principal del problema y definición del Taller de Normas Gráficas como alternativa de mejora
Hacer	Estructurar la implementación proyectada del taller	Definición de espacio, equipamiento, inventario, capacitación y cronograma preliminar de implementación	Propuesta de piloto con condiciones mínimas para su puesta en marcha
Verificar	Definir cómo se evaluará el desempeño del modelo	Objetivos de control, metas, indicadores y escenarios de seguimiento para tiempo de reposición, inventario y estabilidad operativa	Criterios para medir si el piloto cumple lo esperado y si corresponde ajustarlo o consolidarlo
Actuar	Proyectar decisiones de ajuste sobre el modelo	Revisión de posibles desvíos en stock, tiempos de respuesta, capacitación, roles y flujo operativo	Base para corregir brechas, decidir continuidad del piloto y proyectar una siguiente etapa

Fuente: Elaboración propia en base al desarrollo metodológico del estudio.

La síntesis muestra que el ciclo PDCA no se utilizó solo como referencia conceptual, sino como una estructura concreta para ordenar el diagnóstico, la propuesta de implementación, los criterios de verificación y la proyección de ajustes sobre el modelo.

5 Gestión del Proyecto. Metodología Project Management

Una vez definida la propuesta de mejora bajo el enfoque PDCA, su implementación se complementaría con herramientas de Project Management, con el fin de estructurar el alcance, ordenar las actividades, definir responsables, gestionar riesgos y establecer un cronograma de ejecución consistente con los objetivos del proyecto. En particular, esta etapa considera la definición de requisitos para la implementación, la elaboración de una estructura de desglose del trabajo (EDT), la matriz de roles y responsabilidades, el plan de riesgos, la matriz de interesados, las adquisiciones requeridas y un cronograma preliminar.

La implementación del Taller de Normas Gráficas es una mejora operativa, y una iniciativa de desarrollo de capacidad interna, destinada a fortalecer la disponibilidad operacional de la flota, reducir la dependencia de proveedores externos y mejorar la capacidad de respuesta ante observaciones normativas.

La metodología Project Management cumple un rol complementario al PDCA. Mientras el ciclo de mejora continua entrega una lógica para diagnosticar, implementar, verificar y ajustar la propuesta, la gestión de proyectos aporta herramientas para ordenar su ejecución, integrar actividades y dar seguimiento a responsables, riesgos y plazos. Esta relación no es ajena a la literatura, ya que en gestión de proyectos se reconoce la importancia del control, la integración de procesos y la mejora continua como parte del desarrollo y seguimiento de un proyecto (Project Management Institute, 2021). La propuesta puede abordarse como una solución técnica y como una iniciativa de implementación formal, estructurada y trazable.

El objetivo de gestión del proyecto es proponer la habilitación del Taller de Normas Gráficas en el terminal seleccionado para la implementación inicial, incluyendo la adecuación del espacio físico, la adquisición e instalación de equipamiento, la capacitación del personal y la activación proyectada de una operación piloto. En consecuencia, el alcance se concentra en diseñar las condiciones necesarias para habilitar una capacidad interna básica para la producción, reposición e instalación de señaléticas, bajo condiciones controladas y con posibilidad de evaluación posterior.

Para su conducción, se propone la designación de un responsable del proyecto, encargado de coordinar a las áreas participantes, monitorear el avance proyectado, gestionar

desviaciones y asegurar el cumplimiento de los entregables definidos. Este rol deberá articular a las áreas técnicas, operativas y de apoyo involucradas en la implementación. Entre las principales restricciones se encuentran la disponibilidad presupuestaria, el plazo acotado de ejecución, la disponibilidad de espacio físico y la necesidad de implementar el taller sin afectar la continuidad operacional. Asimismo, se asume que la organización contará con apoyo transversal para la ejecución del proyecto y que la demanda identificada en el diagnóstico justifica la creación de esta capacidad interna.

El éxito esperado del proyecto se relaciona con la habilitación del taller, la instalación y operación inicial del equipamiento, la capacitación del personal y la activación piloto propuesta. Estos elementos conectan la gestión de actividades con los requisitos, la EDT, la matriz de responsabilidades, los riesgos y el cronograma.

5.1 Requisitos para la implementación

Antes de poner en marcha el taller, la empresa debe asegurar un conjunto de condiciones mínimas: espacio disponible en el terminal, equipamiento e insumos, suministro eléctrico adecuado, personal capacitable y procedimientos definidos. Sin estas condiciones, la fase piloto no puede sostenerse en el tiempo.

El espacio físico debe ubicarse dentro del terminal y permitir la instalación del equipamiento, el almacenamiento de insumos y las actividades de diseño, impresión, corte e instalación. Este espacio debe ofrecer una disposición funcional de las estaciones de trabajo, circulación segura del personal y resguardo básico de materiales e insumos.

El equipamiento e insumos para la operación inicial incluyen equipos de impresión y corte, herramientas de instalación, mobiliario básico y materiales gráficos. La disponibilidad oportuna de estos recursos es crítica, ya que condiciona tanto la habilitación del taller como el inicio de la fase piloto.

El suministro eléctrico y las condiciones de seguridad deben ser compatibles con la operación del taller, incluyendo instalaciones adecuadas, iluminación suficiente y condiciones básicas de orden y seguridad para el personal participante.

Desde el punto de vista organizacional, el proyecto debe contar con personal asignado y capacitable, tanto para la operación del equipamiento como para la instalación de

señaléticas y el control de inventario gráfico. La formación inicial del equipo resulta indispensable para asegurar una operación estandarizada y sostener la calidad del proceso.

Los procedimientos de operación deben cubrir la solicitud, producción, instalación y control de las señaléticas, incorporando criterios de cumplimiento normativo, tiempo de respuesta, control de calidad y trazabilidad.

Se requiere coordinación entre las áreas participantes, particularmente las áreas operativas, el área de abastecimiento, las áreas técnicas responsables y el personal operativo del terminal piloto, con el fin de articular la implementación proyectada del taller sin interferir con la continuidad operacional.

5.2 Estructura de desglose del trabajo (EDT)

El proyecto se descompone en seis paquetes de trabajo, desde la planificación inicial hasta la puesta en marcha piloto. Esta descomposición (conocida como Estructura de Desglose del Trabajo o EDT) ordena la ejecución, asigna responsabilidades, identifica dependencias y da trazabilidad a los entregables.

La EDT se construye a partir del alcance definido para la implementación piloto en el terminal seleccionado. Su estructura responde a una lógica práctica de ejecución, concentrándose en las actividades necesarias para habilitar el taller, disponer del equipamiento requerido, preparar las condiciones operativas y proyectar la activación del modelo en una primera etapa controlada.

La EDT propuesta se organiza en seis paquetes de trabajo principales. El primero corresponde al inicio y planificación del proyecto, incluyendo la validación del alcance, la definición de requerimientos y la coordinación inicial entre áreas. El segundo considera la habilitación del espacio físico, abarcando la adecuación del área, la revisión de condiciones eléctricas y de seguridad, y la preparación del lugar para la instalación.

El tercer paquete contempla la adquisición e instalación del equipamiento, incluyendo la compra, recepción, montaje y pruebas iniciales de funcionamiento. El cuarto corresponde a la preparación operativa del taller, incorporando la definición de procedimientos, la organización del inventario inicial y la estructuración del flujo de trabajo interno.

El quinto paquete se refiere a la capacitación y asignación de personal, considerando la formación inicial en uso de equipamiento, aplicación de normas gráficas, instalación de señaléticas y control básico de inventario. Finalmente, el sexto paquete corresponde a la puesta en marcha piloto proyectada, etapa en la que se contempla activar el funcionamiento inicial del taller y realizar un seguimiento preliminar de su desempeño esperado.

La EDT permite vincular el alcance del proyecto con sus principales entregables: espacio habilitado, equipamiento operativo, personal capacitado, procedimientos básicos definidos y operación piloto proyectada. Esta relación facilita el control del proyecto y estructura con mayor claridad las secciones siguientes, especialmente aquellas referidas a responsabilidades, riesgos, cronograma y seguimiento.

Los paquetes de trabajo definidos en la EDT ordenan la implementación del taller y sirven como base para asignar responsables, coordinar actividades y dar seguimiento al proyecto. A partir de esta estructura, en la sección siguiente se presenta la matriz RACI.

5.2.1 Esquema de la EDT

A continuación, se presenta el esquema jerárquico de la EDT.

1.0 Inicio y planificación del proyecto

- 1.1 Definición del alcance
- 1.2 Validación de requerimientos
- 1.3 Coordinación inicial entre áreas

2.0 Habilitación del espacio físico

- 2.1 Definición del espacio
- 2.2 Adecuaciones básicas del área
- 2.3 Revisión de condiciones eléctricas y de seguridad

3.0 Adquisición e instalación de equipamiento

- 3.1 Definición técnica del equipamiento
- 3.2 Gestión de compra
- 3.3 Recepción de equipos e insumos iniciales
- 3.4 Instalación y pruebas iniciales de funcionamiento

4.0 Preparación operativa del taller

4.1 Definición de procedimientos básicos

4.2 Organización del inventario inicial

4.3 Estructuración del flujo de trabajo interno

5.0 Capacitación y asignación de personal

5.1 Capacitación en uso de equipamiento

5.2 Capacitación en aplicación de normas gráficas

5.3 Capacitación en instalación de señaléticas

5.4 Capacitación en control básico de inventario

5.5 Asignación de responsables operativos

6.0 Puesta en marcha piloto proyectada

6.1 Activación inicial del taller

6.2 Ejecución del piloto

6.3 Seguimiento preliminar del desempeño esperado

Tabla 10 Estructura de desglose del trabajo (EDT)

Código EDT	Paquete de trabajo	Actividades principales	Entregable asociado
1.0	Inicio y planificación del proyecto	Definición del alcance, validación de requerimientos y coordinación inicial entre áreas participantes	Plan inicial del proyecto aprobado
2.0	Habilitación del espacio físico	Adecuación del área destinada al taller, revisión de condiciones eléctricas y verificación de condiciones de seguridad	Espacio físico habilitado para la implementación
3.0	Adquisición e instalación de equipamiento	Gestión de compra, recepción, instalación y pruebas iniciales de funcionamiento de equipos e insumos	Equipamiento instalado y operativo
4.0	Preparación operativa del taller	Definición de procedimientos básicos, organización del inventario inicial y estructuración del flujo de trabajo interno	Base operativa del taller definida
5.0	Capacitación y asignación de personal	Formación inicial en uso de equipamiento, aplicación de normas gráficas y asignación de funciones operativas	Personal capacitado y funciones asignadas
6.0	Puesta en marcha piloto	Activación del taller, ejecución de primeras atenciones y seguimiento preliminar del desempeño	Taller en operación piloto

Fuente: Elaboración propia en base a la estructura de desglose del trabajo propuesto.

Matriz de roles y responsabilidades

El proyecto cruza áreas que no dependen jerárquicamente entre sí: operaciones, mantenimiento, abastecimiento y las jefaturas del terminal. Por eso hace falta definir con claridad quién ejecuta cada actividad, quién la aprueba y quién debe estar informado. Esa es la función de la matriz de roles y responsabilidades.

Para esto se utiliza el criterio RACI (Responsable, Aprobador, Consultado, Informado), que reduce ambigüedades y evita la superposición de funciones durante la implementación.

En el presente proyecto, el rol de Director del Proyecto sería asumido por un responsable perteneciente a la estructura existente de la empresa, encargado de coordinar y controlar la implementación, mientras que las demás áreas participarían de acuerdo con la naturaleza de cada entregable. De esta forma, la matriz busca asegurar coherencia entre los paquetes de trabajo definidos en la EDT y las capacidades requeridas para ejecutar cada etapa.

La asignación de roles considera especialmente las actividades asociadas a la planificación inicial, habilitación del espacio físico, adquisición de equipamiento, capacitación del personal, preparación operativa del taller y puesta en marcha piloto. Estas actividades son hitos críticos del proyecto y requieren una definición explícita de responsabilidades para facilitar el seguimiento y la rendición de cuentas.

La matriz de roles y responsabilidades es una base para la implementación controlada de la propuesta, ya que vincula las principales actividades con los actores que deben liderarlas, validarlas o acompañarlas. Su uso permitiría reforzar la coordinación entre áreas y apoyar las etapas posteriores de seguimiento, control y gestión de riesgos.

Los responsables considerados en la matriz corresponden principalmente a funciones y cargos que forman parte de la estructura organizacional existente de las áreas de Abastecimiento y Mantenimiento de la empresa. En este grupo se incluyen la coordinación del proyecto, planificación, compras, infraestructura y apoyo a la capacitación, por lo que su participación se considera parte de sus funciones habituales y no representa un costo incremental para el proyecto. La excepción corresponde al operador gráfico requerido para el funcionamiento del taller, cuyo costo sí se encuentra considerado dentro de los costos

mensuales del modelo interno y cuya modalidad de incorporación deberá definirse antes de la puesta en marcha del piloto.

Tabla 11 Matriz de roles y responsabilidades

Actividad / Entregable	Director del Proyecto	Ing. Planificador	Personal de Construcción	Responsable de Capacitación	Operador Gráfico	Encargado de Compras
Planificación y preparación del proyecto	A	R	I	I	I	C
Habilitación del espacio físico del taller	A	C	R	I	I	I
Adquisición de equipos e insumos	A	C	I	I	I	R
Instalación y pruebas de equipamiento	A	R	C	I	C	I
Elaboración de procedimientos básicos de operación	A	R	I	C	C	I
Organización inicial del inventario gráfico	C	R	I	I	C	A
Capacitación del personal asignado	A	C	I	R	C	I
Puesta en marcha piloto del taller	A	R	I	C	R	I
Seguimiento inicial y ajustes de implementación	A	R	I	C	C	I

Nota:

R: Responsable de ejecutar

A: Aprueba o valida

C: Consultado

I: Informado

Fuente: Elaboración propia, construcción de matriz RACI en base a roles y responsabilidades observadas en la estructura del proyecto.

5.3 Plan de riesgos del proyecto

Ningún proyecto de habilitación está libre de desviaciones, y este no es la excepción: un atraso en la entrega del equipamiento, un problema en la adecuación del espacio, una brecha en la capacitación o un atraso de proveedores pueden afectar el plazo, el costo o la calidad del resultado. El plan de riesgos busca identificar temprano esos eventos, evaluar su criticidad y definir respuestas para reducir su probabilidad o mitigar su impacto.

Dado el carácter aplicado del proyecto, los riesgos identificados se concentran principalmente en materias de abastecimiento, habilitación del espacio físico, disponibilidad

de personal competente, calidad del producto gráfico y seguridad durante la implementación. Estos riesgos son coherentes con la naturaleza de la propuesta, que combina infraestructura, equipamiento, capacidades operativas y puesta en marcha de un proceso interno nuevo.

Se utiliza una evaluación cualitativa porque el proyecto aún no ha sido implementado y no existe información histórica suficiente para asignar probabilidades o impactos económicos confiables a cada riesgo. A partir de ello, se definen estrategias de respuesta orientadas a evitar, mitigar, transferir o aceptar cada riesgo, según su criticidad y el grado de control de la organización sobre su ocurrencia.

La gestión de riesgos debe entenderse como un componente transversal de la propuesta de implementación. En consecuencia, su monitoreo deberá mantenerse durante toda la implementación, mediante revisiones periódicas que permitan actualizar la evaluación inicial y adoptar medidas correctivas ante eventos no previstos.

El análisis de riesgos muestra que uno de los puntos más críticos para el piloto es la demora en la entrega e instalación del equipamiento gráfico, ya que eso puede mover el cronograma completo de implementación. Por lo mismo, la respuesta propuesta considera seguimiento de proveedor, coordinación anticipada de la habilitación del espacio y revisión temprana de condiciones técnicas, para reducir el impacto de ese riesgo sobre la puesta en marcha del taller.

Tabla 12 Plan de riesgos del proyecto

Riesgo identificado	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo	Estrategia de respuesta	Acción de tratamiento	Responsable
Atraso en la entrega de equipos e insumos	Media	Alta	Alto	Mitigar	Gestionar cotizaciones y proveedores alternativos con anticipación	Encargado de Compras
Problemas técnicos en la habilitación del espacio físico	Media	Alta	Alto	Mitigar	Validar previamente las condiciones del espacio y coordinar adecuaciones antes de la instalación	Director del Proyecto
Falta de personal con competencias adecuadas para operar el taller	Media	Media	Medio	Mitigar	Capacitar al personal asignado y reforzar acompañamiento en la etapa inicial	Responsable de Capacitación
Errores de diseño o fabricación que afecten el cumplimiento normativo	Alta	Alta	Alto	Evitar	Validar estándares gráficos, definir procedimientos y ejecutar controles previos de calidad	Ing. Planificador
Sobrecostos en la implementación	Baja	Media	Medio	Mitigar	Controlar presupuesto, comparar cotizaciones y monitorear desviaciones de gasto	Director del Proyecto
Accidentes o incidentes durante la habilitación e instalación	Media	Alta	Alto	Mitigar	Aplicar medidas de seguridad, uso de EPP y supervisión de tareas críticas	Director del Proyecto
Baja adopción del nuevo proceso por parte de las áreas usuarias	Baja	Media	Medio	Mitigar	Coordinar comunicación temprana, involucrar usuarios clave y acompañar la puesta en marcha	Director del Proyecto
Quiebre de stock inicial de materiales gráficos	Media	Media	Medio	Mitigar	Definir stock mínimo inicial y seguimiento temprano del consumo	Operador Gráfico

Fuente: Elaboración propia, en base a riesgos observados en la propuesta del proyecto.

Nota: La evaluación del nivel de riesgo se realiza de manera cualitativa, considerando la combinación entre probabilidad de ocurrencia e impacto sobre el proyecto.

5.4 Matriz de stakeholders (partes interesadas)

No todas las áreas involucradas tienen el mismo peso dentro del piloto. Operaciones y la jefatura del terminal son actores clave, porque la puesta en marcha afecta directamente la disponibilidad de buses y la coordinación diaria del terminal. Mantenimiento también tiene un rol importante, ya que participa en la detección de observaciones, en la priorización de unidades y en el seguimiento del efecto del modelo sobre la detención de buses. Abastecimiento, por su parte, es necesario para asegurar la compra de equipamiento, insumos y servicios requeridos para habilitar el taller.

La relación con estas áreas requiere un tratamiento distinto según su nivel de influencia y participación. Con Operaciones y la jefatura del terminal se necesita coordinación frecuente durante el piloto, porque cualquier desajuste puede impactar la operación. Con Mantenimiento, el foco está en alinear criterios de atención, trazabilidad y tiempos de reposición. En Abastecimiento, la prioridad es asegurar oportunidad en las compras y en la reposición de insumos. Esta definición ordena mejor la participación de cada actor y reduce descoordinaciones durante la implementación.

Tabla 13 Matriz de interesados

Interesado	Rol en el proyecto	Influencia	Interés	Estrategia de gestión
Gerente General	Patrocinador institucional y validador del proyecto	Alto	Medio	Mantener satisfecho
Director del Proyecto	Responsable de coordinar y controlar la implementación	Alto	Alto	Gestionar de cerca
Área de Ingeniería / Planificación	Soporte técnico para diseño, procedimientos y validación operativa	Alto	Alto	Gestionar de cerca
Encargado de Compras	Responsable de la adquisición de equipos e insumos	Medio	Alto	Informar y coordinar permanentemente
Área de Infraestructura / Construcción	Responsable de la habilitación del espacio físico	Medio	Alto	Gestionar de cerca
Responsable de Capacitación	Encargado de formar al personal asignado	Medio	Medio	Informar y coordinar
Operador Gráfico	Usuario clave en la operación inicial del taller	Bajo	Alto	Informar e involucrar
Jefe de Terminal Juanita	Facilitador operativo para la implementación y uso piloto	Alto	Alto	Gestionar de cerca
Encargado de Bodega	Apoyo en control de insumos y stock gráfico	Medio	Medio	Informar y coordinar
Áreas usuarias de operación / flota	Clientes internos del servicio del taller	Medio	Alto	Mantener informados e involucrados

Fuente: Elaboración propia en base a la observación de interesados en la propuesta de proyecto.

5.5 Adquisiciones

Habilitar el taller implica comprar: adecuar el espacio, adquirir el equipamiento gráfico y asegurar los insumos iniciales de operación. Estas adquisiciones no son un trámite administrativo aislado, sino una condición práctica para que el piloto arranque dentro del plazo de cuatro semanas definido en el cronograma.

Las compras se concentran principalmente en tres frentes: habilitación básica del espacio físico, adquisición del equipamiento gráfico y compra de insumos iniciales para la operación. El criterio general es priorizar aquello que tenga relación directa con la puesta en marcha del taller, evitando incorporar recursos que no sean necesarios para su funcionamiento inicial.

En este proyecto, la adquisición más relevante corresponde al equipamiento principal del taller, ya que concentra la mayor parte de la inversión inicial y condiciona el inicio de la operación. Por esta razón, la compra de la impresora y de los equipos asociados requiere comparar proveedores, revisar los plazos de entrega y validar las condiciones técnicas antes de realizar la adquisición.

También es importante mirar los plazos de entrega como una variable crítica. Un atraso en la recepción de equipos, materiales o servicios puede mover el cronograma completo de implementación. Por eso, la decisión de compra no debiera basarse solo en costo, sino también en la confiabilidad del proveedor, las condiciones de entrega y el soporte disponible para la puesta en marcha del piloto.

Tabla 14 Adquisiciones y servicios requeridos

Ítem / servicio	Tipo	Objetivo	Criterio principal de selección	Responsable
Adecuación del espacio físico del taller	Servicio	Habilitar el área destinada a la instalación y operación del taller	Cumplimiento técnico, plazo de ejecución y costo	Director del Proyecto
Adquisición de equipamiento gráfico principal	Compra	Disponer de capacidad de impresión, corte y operación gráfica	Especificación técnica, plazo de entrega, costo y soporte	Encargado de Compras
Compra de mobiliario y herramientas básicas	Compra	Habilitar condiciones mínimas de trabajo y operación	Funcionalidad, costo y disponibilidad	Encargado de Compras
Compra de insumos gráficos iniciales	Compra	Asegurar abastecimiento para la fase piloto	Compatibilidad técnica, costo y tiempo de reposición	Encargado de Compras
Servicio de capacitación técnica especializada (si aplica)	Servicio	Fortalecer competencias iniciales de operación del taller	Experiencia técnica, aplicabilidad y costo	Responsable de Capacitación

Fuente: Elaboración propia, en base a la proyección de adquisiciones para la propuesta.

5.6 Gantt Preliminar

El Gantt preliminar ordena las principales actividades requeridas para habilitar el Taller de Normas Gráficas dentro de un periodo inicial de cuatro semanas. Este plazo corresponde a la etapa de implementación previa al inicio de la operación proyectada del taller y es consistente con el supuesto utilizado posteriormente en la evaluación económica.

Algunas actividades se desarrollan de manera paralela para concentrar la habilitación dentro del periodo definido. Mientras se gestionan las adquisiciones, pueden avanzar el acondicionamiento del espacio, la preparación de procedimientos y la definición del inventario inicial. Durante las últimas semanas se concentran la instalación del equipamiento, la capacitación y las validaciones necesarias para iniciar el piloto.

El cierre de estas cuatro semanas marca el término de la implementación inicial y el comienzo de la operación piloto. A partir de ese momento se aplican los indicadores y mecanismos de seguimiento definidos en la fase Check, por lo que el periodo posterior de evaluación del desempeño no forma parte del plazo de habilitación presentado en este Gantt.

Tabla 15 Gantt preliminar

Nº	Actividad	S1	S2	S3	S4
1	Inicio y planificación del proyecto	X			
2	Definición de requerimientos y layout del taller	X			
3	Adquisición de equipamiento, insumos y mobiliario	X	X	X	
4	Acondicionamiento del espacio físico	X	X		
5	Elaboración de procedimientos operativos		X	X	
6	Recepción, instalación y pruebas del equipamiento			X	
7	Configuración inicial del inventario gráfico			X	
8	Capacitación del personal asignado			X	X
9	Validación de condiciones para la puesta en marcha				X
10	Activación del piloto y seguimiento inicial				X

Fuente: Elaboración propia en base al cronograma preliminar de implementación.

6 Evaluación Económica

La evaluación económica busca determinar si la implementación proyectada del Taller de Normas Gráficas resulta conveniente frente al modelo externalizado actual. Para ello, se comparan la inversión inicial requerida, los costos mensuales de operación y los beneficios esperados asociados a la reducción de tiempos de reposición y a la recuperación de disponibilidad operativa.

El análisis se desarrolla sobre un horizonte de 12 meses y considera como principales resultados el beneficio económico mensual, el flujo de caja incremental, el período de recuperación de la inversión y el Valor Actual Neto. Con ello, se busca complementar la evaluación técnica y operativa de la propuesta con una mirada financiera que ayude a dimensionar su conveniencia.

6.1 Supuestos de evaluación

La evaluación se construye sobre supuestos operacionales y financieros que ayudan a comparar el modelo actual con la implementación proyectada del taller. Estos antecedentes consideran el volumen de buses afectados por observaciones gráficas, los tiempos de reposición, los costos de operación del modelo interno, la inversión inicial requerida y los parámetros económicos utilizados en el análisis.

Los valores empleados provienen de registros operacionales del caso, antecedentes internos del proyecto y referencias entregadas por áreas de la empresa. Sobre esa base, los supuestos se presentan a continuación según su función dentro de la evaluación.

6.1.1 Supuestos operacionales

La evaluación considera una flota de 750 buses, de los cuales 250 unidades pasan mensualmente por certificación. Bajo un criterio conservador, se estima que un 10% presenta observaciones asociadas a norma gráfica, equivalente a 25 buses por mes.

En el modelo actual, el tiempo promedio de regularización se estima en 24 horas por bus. Para el modelo propuesto, se define una meta de 4 horas por unidad, considerando atención interna, equipamiento disponible y control básico de inventario. Esta diferencia proyecta una recuperación de 20 horas por bus afectado, equivalente a 500 horas-bus mensuales.

6.1.2 Supuestos económicos y fuentes internas de información

La tasa anual de descuento utilizada en la evaluación corresponde a un 10,43% anual, antecedente entregado por el área de Finanzas y que, por lo tanto, no fue calculado como parte de esta tesina. Para su aplicación al flujo de caja mensual, esta tasa se expresa en su equivalente de 0,83% mensual.

El valor económico de \$12.500 por hora-bus, utilizado como referencia de lucro cesante por indisponibilidad operacional, fue proporcionado por el área de Control de Gestión en conjunto con el área de Finanzas. Este valor refleja el efecto que un bus detenido genera sobre los ingresos de la operación, principalmente por servicios no ejecutados y descuentos asociados a incumplimientos del programa de operación. En este estudio, ambos antecedentes se incorporan como supuestos base de la evaluación económica.

6.1.3 Detalle del costo mensual del modelo interno

El costo mensual del modelo interno corresponde al gasto proyectado de operación del Taller de Normas Gráficas y es la base de comparación frente al costo mensual del servicio externalizado. Para efectos de esta evaluación, se consideran los valores consolidados en la versión más reciente de la planilla de trabajo del proyecto, dado que versiones preliminares contenían ajustes posteriores en la estimación de costos operativos.

A partir de estos antecedentes, el costo mensual del modelo interno asciende a \$11.470.000, según el siguiente detalle:

Tabla 16 Detalle Costo Mensual

Concepto	Costo mensual estimado (\$)	Fuente
Operador	\$1.050.000	Antecedentes internos del proyecto
Mantenición de equipo	\$20.000	Antecedentes internos del proyecto
Tintas	\$2.080.000	Antecedentes internos del proyecto
Adhesivos	\$8.220.000	Antecedentes internos del proyecto
Insumos de producción	\$100.000	Antecedentes internos del proyecto
Total costo mensual modelo interno	\$11.470.000	Elaboración propia en base a antecedentes internos del proyecto

Fuente: Elaboración propia, detalle del costo mensual proyectado.

6.1.4 Detalle de la inversión inicial

La inversión inicial del proyecto considera los recursos necesarios para habilitar el Taller de Normas Gráficas antes de su entrada en operación. Para fortalecer la trazabilidad de la evaluación, esta inversión se presenta desagregada en sus principales componentes, indicando la fuente de información utilizada en cada caso.

De acuerdo con los antecedentes consolidados del proyecto, la inversión inicial estimada asciende a \$11.779.500, según el siguiente detalle:

Tabla 17 Detalle Inversión Inicial

Concepto	Inversión estimada (\$)	Fuente de información
Impresora Epson SureColor S40600	\$9.579.500	Referencia de proveedor / cotización del proyecto
Mueblería de oficina	\$500.000	Estimación interna del proyecto
Notebook	\$700.000	Referencia interna de compra
Cortadora	\$1.000.000	Referencia de proveedor / cotización del proyecto
Software y tecnología	N/A	No considerado como inversión en esta versión
Capacitación	N/A	No valorizada como inversión independiente en esta versión
Total inversión inicial	\$11.779.500	

Fuente: Elaboración propia, detalle de la inversión inicial proyectada.

6.1.5 Tasa de descuento y criterio de flujo

La evaluación se desarrolla sobre un flujo de caja incremental, considerando la inversión inicial requerida y los beneficios netos mensuales asociados al cambio desde el modelo externalizado al modelo interno.

La tasa de descuento aplicada de 0,83% mensual, corresponde al criterio financiero definido por la empresa y, como se indicó, proviene del área de Finanzas. La depreciación de los activos no se incorpora al flujo proyectado, ya que no representa una salida efectiva de caja dentro del horizonte evaluado.

6.2 Análisis de costo-beneficio

El análisis de costo-beneficio compara el modelo externalizado actual con el modelo interno propuesto. Los beneficios considerados no corresponden a ingresos adicionales directos, sino a efectos económicos atribuibles al cambio de modelo.

El primer beneficio corresponde al ahorro directo por internalización del proceso gráfico. Para esta evaluación, se considera un costo mensual estimado del modelo externalizado de \$13.000.000 y un costo mensual proyectado del modelo interno de \$11.470.000. La diferencia entre ambos valores genera un ahorro mensual directo de \$1.530.000.

El segundo beneficio corresponde a la recuperación de disponibilidad operativa. En el modelo actual, 25 buses afectados mensualmente por observaciones gráficas permanecen detenidos durante 24 horas, equivalente a 600 horas-bus. En el modelo propuesto, el tiempo de regularización se proyecta en 4 horas por bus, equivalente a 100 horas-bus. La diferencia representa una recuperación estimada de 500 horas-bus mensuales.

Al valorizar dichas horas a \$12.500 por hora-bus, se obtiene un beneficio mensual por recuperación de disponibilidad de \$6.250.000, según se resume en la Tabla 18.

Tabla 18 Beneficio mensual por recuperación de disponibilidad

Concepto	Cálculo	Resultado
Buses afectados al mes	250 x 10%	25 buses
Horas de detención modelo actual	25 x 24 h	600 h-bus
Horas de detención modelo propuesto	25 x 4 h	100 h-bus
Horas-bus recuperadas	600 - 100	500 h-bus
Valor económico hora-bus	—	\$12.500
Beneficio mensual por disponibilidad	500 x \$12.500	\$6.250.000

Fuente: Elaboración propia del beneficio mensual por recurrar disponibilidad de flota.

Ambos beneficios tienen naturaleza distinta y conviene dejarlo explícito. El ahorro por internalización es un menor desembolso efectivo: la empresa deja de pagar una diferencia

mensual al proveedor externo. El beneficio por disponibilidad, en cambio, corresponde a la valorización económica de horas-bus recuperadas, cuyo efecto en caja depende de la relación entre disponibilidad e ingresos del contrato de operación. Por esta razón, los resultados financieros se presentan en dos lecturas complementarias.

La suma del ahorro directo por internalización y del beneficio por recuperación de disponibilidad calcular el beneficio económico mensual total de \$7.780.000, según se presenta en la Tabla 18.

Tabla 19 Beneficio económico mensual total

Componente	Valor mensual
Ahorro directo por internalización	\$1.530.000
Beneficio por recuperación de disponibilidad	\$6.250.000
Beneficio económico mensual total	\$7.780.000

Fuente: Elaboración propia, del beneficio económico calculado mensualmente.

6.3 Flujo de caja proyectado

La evaluación se presenta mediante un flujo de caja incremental organizado en formato mensual, con el fin de distinguir la inversión inicial, la etapa de implementación y el inicio de los beneficios asociados a la operación interna proyectada.

Para efectos del análisis, el mes 0 corresponde a la inversión inicial requerida para habilitar el taller. El mes 1 representa la etapa de implementación, en la que aún no se generan beneficios económicos ni costos de operación: los desembolsos de esta etapa están contenidos en la inversión inicial del mes 0, y la incorporación del operador y el consumo de insumos se inician junto con la operación interna en el mes 2.

Tabla 20 Flujo de Caja Proyectado

Ítem	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Inversión inicial	\$-11.779.500	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Ahorro directo por internalización	\$ -	\$ -	\$ 1.530.000	\$1.530.000	\$ 1.530.000	\$ 1.530.000	\$ 1.530.000	\$ 1.530.000	\$ 1.530.000	\$ 1.530.000	\$ 1.530.000	\$ 1.530.000	\$ 1.530.000
Beneficio por recuperación de disponibilidad	\$ -	\$ -	\$ 6.250.000	\$6.250.000	\$ 6.250.000	\$ 6.250.000	\$ 6.250.000	\$ 6.250.000	\$ 6.250.000	\$ 6.250.000	\$ 6.250.000	\$ 6.250.000	\$ 6.250.000
Flujo neto del periodo	\$-11.779.500	\$ -	\$ 7.780.000	\$7.780.000	\$ 7.780.000	\$ 7.780.000	\$ 7.780.000	\$ 7.780.000	\$ 7.780.000	\$ 7.780.000	\$ 7.780.000	\$ 7.780.000	\$ 7.780.000
Flujo acumulado	\$-11.779.500	\$-11.779.500	\$-3.999.500	\$3.780.500	\$11.560.500	\$19.340.500	\$27.120.500	\$34.900.500	\$42.680.500	\$50.460.500	\$58.240.500	\$66.020.500	\$73.800.500

Fuente: Elaboración propia, flujo de caja proyectado desde el mes cero de inversión inicial.

El flujo acumulado muestra que la inversión inicial se recuperaría durante el mes 3 del horizonte evaluado. Esta presentación ayuda a distinguir con mayor claridad la salida inicial de recursos y la generación posterior de beneficios económicos.

6.4 Resultados financieros

6.4.1 Cálculo del Payback

El período de recuperación de la inversión se determina a partir del flujo de caja incremental proyectado. Para este análisis, se considera una inversión inicial de \$11.779.500 en el mes 0 y un beneficio económico mensual de \$7.780.000 desde el mes 2, una vez finalizada la etapa de implementación.

$$Payback = \frac{Inversión\ inicial}{Beneficio\ mensual}$$

$$Payback = \frac{11.779.500}{7.780.000} = 1,51\ meses$$

El Payback operacional se obtiene al comparar la inversión inicial con el beneficio económico mensual proyectado, alcanzando un período de recuperación de 1,51 meses de operación efectiva. Al incorporar el mes 1 como etapa de implementación sin beneficios, la recuperación ocurre durante el mes 3 del horizonte evaluado, equivalente a un Payback calendario de 2,51 meses.

Tabla 21 Cálculo Payback

Concepto	Valor
Inversión inicial	\$11.779.500
Beneficio económico mensual	\$7.780.000
Payback operacional	1,51 meses
Mes de recuperación según flujo acumulado	Mes 3
Payback calendario	2,51 meses

Fuente: Elaboración propia en base al flujo de caja incremental proyectado.

6.4.2 Cálculo del VAN

El Valor Actual Neto se utiliza para estimar el valor económico de la propuesta en el horizonte evaluado, considerando la inversión inicial y los beneficios netos mensuales proyectados. Para este análisis, se toma como base el flujo de caja incremental presentado en la sección anterior, con una inversión inicial de \$11.779.500 en el mes 0 y beneficios mensuales de \$7.780.000 desde el mes 2 hasta el mes 12.

La tasa de descuento utilizada en la evaluación corresponde a un antecedente referencial proporcionado por el área de Finanzas. Para efectos del flujo de caja proyectado, se trabaja con una tasa de descuento mensual de 0,83%, equivalente a una tasa anual compuesta cercana al 10,4%. Bajo estos supuestos, el proyecto obtiene un **VAN positivo de \$69.016.947 anual**.

Este resultado indica que, al considerar el valor del dinero en el tiempo, la propuesta genera beneficios económicos superiores a la inversión requerida. En consecuencia, la implementación del Taller de Normas Gráficas resulta financieramente conveniente dentro del horizonte de evaluación considerado.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Tabla 22 Cálculo del VAN del Proyecto

Concepto	Valor
Inversión inicial en mes 0	\$11.779.500
Beneficio mensual desde mes 2 a mes 12	\$7.780.000
Horizonte de evaluación	12 meses
Tasa de descuento	Tasa referencial proporcionada por el área de Finanzas
VAN estimado	\$69.016.947

Fuente: Elaboración propia en base al flujo de caja incremental proyectado y criterios financieros internos.

6.4.3 Resultado sin valorizar disponibilidad

El beneficio por recuperación de disponibilidad representa el 80% del beneficio mensual total estimado. Para evaluar cuánto depende el resultado de ese componente, se calculó un escenario adicional que considera únicamente el ahorro directo de caja por internalización (\$1.530.000 mensuales), asignando valor cero a las horas-bus recuperadas. Bajo esta lectura estricta, el proyecto mantiene un VAN positivo de \$4.109.776 en el horizonte de 12 meses, con un Payback operacional de 7,70 meses y un Payback calendario de 8,70 meses. Es decir, la inversión se recupera dentro del primer año incluso si la disponibilidad recuperada no se traduce en ingresos adicionales.

Esta doble lectura acota el riesgo de la evaluación: el caso base muestra el potencial completo de la propuesta, mientras que el escenario de solo ahorro confirma que la conveniencia financiera del taller no descansa exclusivamente en la valorización de la disponibilidad.

Tabla 23 Lectura complementaria del resultado

Concepto	Solo ahorro de caja	Caso base (con disponibilidad)
Beneficio mensual considerado	\$1.530.000	\$7.780.000
VAN (12 meses, 0,83% mensual)	\$4.109.776	\$69.016.947
Payback operacional	7,70 meses	1,51 meses
Payback calendario	8,70 meses	2,51 meses

Fuente: Elaboración propia, visión complementaria del resultado sin valorizar la disponibilidad.

6.5 Sensibilidad de variables críticas

Como complemento a la evaluación económica, se incorpora un análisis de sensibilidad sobre variables que pueden modificar la conveniencia del proyecto. El objetivo es observar cómo cambia el resultado económico ante variaciones razonables en los supuestos base, especialmente en factores que pueden verse afectados por la operación real del modelo, como la inversión inicial y la cantidad de buses que mensualmente presentan observaciones asociadas a norma gráfica.

Para este análisis se comparan tres escenarios. El escenario base corresponde a la evaluación desarrollada en esta tesina. El escenario pesimista considera un aumento de 20% en la inversión inicial y una disminución de los buses afectados a 15 unidades por mes. El escenario favorable mantiene la inversión base y considera una mayor cantidad de buses afectados, con el consiguiente aumento en los beneficios asociados a la recuperación de disponibilidad.

En los tres escenarios, el ahorro directo por internalización se mantiene constante como simplificación del análisis. Dado que la mayor parte de los costos comparados es variable, un menor volumen de buses reduciría los costos de ambos modelos de forma proporcional, por lo que este supuesto no altera la conclusión de los escenarios.

Tabla 24 Sensibilidad de variables críticas

Variable	Escenario pesimista	Escenario base	Escenario favorable
Inversión inicial	\$14.135.400	\$11.779.500	\$11.779.500
Variación inversión inicial	20%	Base	0%
Buses afectados por mes	15	25	28
Horas recuperadas por bus	20	20	20
Horas-bus recuperadas al mes	300	500	560
Valor económico por hora-bus	\$12.500	\$12.500	\$12.500
Beneficio por recuperación de disponibilidad	\$3.750.000	\$6.250.000	\$7.000.000
Ahorro directo por internalización	\$1.530.000	\$1.530.000	\$1.530.000
Beneficio mensual total estimado	\$5.280.000	\$7.780.000	\$8.530.000
Payback operacional estimado	2,68 meses	1,51 meses	1,38 meses
VAN estimado	\$40.698.178	\$69.016.947	\$76.805.807

Fuente: Elaboración propia en base a escenarios de sensibilidad contruidos sobre la evaluación económica del proyecto.

Los resultados muestran que el proyecto se sostiene incluso en condiciones desfavorables. El escenario pesimista considera 15 buses afectados por mes, equivalente a una tasa de observación de 6%, inferior incluso al mínimo del rango histórico registrado por el área de Mantenimiento; aun en ese caso, y con una inversión 20% mayor, el proyecto recupera la inversión en 2,68 meses de operación. Esto sugiere que la conveniencia económica no depende exclusivamente del escenario base, aunque el resultado sí es sensible a una eventual disminución del volumen de buses afectados y a aumentos en la inversión requerida para habilitar el taller.

6.6 Conclusión de la evaluación económica

La evaluación económica ayuda a concluir que la implementación proyectada del Taller de Normas Gráficas presenta una conveniencia financiera favorable bajo los supuestos definidos en esta tesina. El escenario base considera una inversión inicial de \$11.779.500 y un beneficio económico mensual de \$7.780.000, lo que ayuda a alcanzar un Payback operacional de 1,51 meses, un Payback calendario de 2,51 meses y un **VAN positivo de \$69.016.947 anual**.

En la lectura complementaria que excluye la valorización de disponibilidad, el proyecto conserva un VAN positivo de \$4.109.776 y una recuperación de la inversión dentro del primer año, lo que indica que la conveniencia del taller no depende únicamente del valor asignado a las horas-bus recuperadas.

Estos resultados muestran que la propuesta no solo permite recuperar la inversión en un plazo acotado, sino también generar valor económico dentro del horizonte de evaluación considerado. El análisis de sensibilidad complementa esta lectura y muestra que, aun bajo un escenario pesimista, el proyecto mantiene una recuperación razonable, aunque más dependiente del volumen de buses afectados y de la inversión requerida para habilitar el taller.

En términos generales, el principal riesgo económico del proyecto no parece estar en la estructura base de costos, sino en la magnitud real de los beneficios que el modelo interno logre sostener en el tiempo. Esto dependerá, principalmente, de la cantidad de buses que continúen presentando observaciones gráficas, de la estabilidad de los ahorros proyectados y de la capacidad del taller para mantener tiempos de respuesta bajos y control del proceso.

Bajo estas condiciones, la propuesta puede considerarse económicamente conveniente para la empresa, ya que combina una recuperación rápida de la inversión con un impacto positivo esperado sobre la disponibilidad operacional de la flota.

7 Conclusiones

Esta tesina confirma que el incumplimiento de norma gráfica no es un problema menor dentro de la operación. Aunque no corresponde a una falla mecánica, sí afecta directamente la disponibilidad de flota, porque puede impedir que un bus sea liberado a servicio. En una operación de 750 buses, donde 250 unidades pasan mensualmente por certificación, una afectación estimada de 10% equivale a 25 buses por mes con observaciones gráficas. Eso muestra que se trata de una brecha recurrente y con impacto operacional real.

El diagnóstico mostró que el problema no está solo en la observación detectada, sino en la forma en que hoy se responde a ella. El modelo externalizado genera dependencia del proveedor, menor control sobre stock, baja trazabilidad y tiempos de respuesta que no conversan con la necesidad de liberar buses rápidamente a operación. El Pareto mostró que más de la mitad de las observaciones se concentran en falta de stock y retrasos en la reposición, mientras que el análisis causal confirmó que la brecha principal está en la falta de un modelo interno con control de inventario, reposición definida y capacidad de respuesta oportuna.

La propuesta del Taller de Normas Gráficas aparece como una respuesta coherente a ese problema. Bajo el escenario evaluado, el tiempo de regularización bajaría de 24 horas a 4 horas por unidad. Eso equivale a una reducción de 83,3% y sirve para pasar de 600 horas-bus mensuales de indisponibilidad a 100 horas-bus, recuperando 500 horas-bus por mes. Estas métricas son las que mejor reflejan el efecto esperado de la propuesta sobre la disponibilidad operacional de la flota.

La metodología utilizada también resultó adecuada para el tipo de problema estudiado. El ciclo PDCA permitió ordenar el trabajo desde el diagnóstico hasta la evaluación de la propuesta. Las herramientas de calidad ayudaron a identificar y profundizar las causas del problema, mientras que las herramientas de Project Management permitieron estructurar la implementación como un proyecto concreto y piloteable.

La evaluación económica refuerza la conveniencia del piloto. El escenario base considera una inversión inicial de \$11.779.500 y beneficios mensuales estimados en \$7.780.000. Con esos valores, el proyecto alcanza un Payback operacional de 1,51 meses, un Payback calendario de 2,51 meses y un VAN positivo de \$69.016.947 anual. El análisis de

sensibilidad muestra que, incluso bajo un escenario pesimista, la propuesta sigue siendo razonable, aunque más sensible a una baja en la cantidad de buses afectados y a un aumento de la inversión inicial.

En síntesis, la implementación piloto del Taller de Normas Gráficas aparece como una opción conveniente para la empresa. Su principal valor está en intervenir una causa recurrente de indisponibilidad que hoy no es mecánica, pero sí crítica para la continuidad del servicio. Un siguiente paso lógico sería validar esta propuesta en terreno mediante un piloto controlado, con seguimiento de métricas como buses observados, tiempo de regularización, horas-bus recuperadas y disponibilidad efectiva.

8 Referencias

American Public Transportation Association. (2013). Defining a transit asset management framework to achieve a state of good repair. APTA. <https://www.apta.com/wp-content/uploads/2026/02/APTA-SGR-TAM-RP-002-13.pdf>

Deming, W. E. (1986). Out of the crisis. MIT Press (2018).
<https://doi.org/10.7551/mitpress/11457.001.0001>

Naughton, E., Moran, R., Kharub, M., Sa, J. C., & McDermott, O. (2024). *A structured model for continuous improvement methodology deployment and sustainment: A case study*. Heliyon, 10(21), e40034. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40034>

Federal Transit Administration. (2016). Transit asset management guide. U.S. Department of Transportation. <https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/docs/research-innovation/57411/transitassetmanagementguideftareportno0098.pdf>

Federal Transit Administration. (2019). Performance management. U.S. Department of Transportation. <https://www.transit.dot.gov/PerformanceManagement>

More, S., Tuladhar, R., Grainger, D., & Milne, W. (2024). Maintenance decision-making and its relevance in engineering asset management. Maintenance, Reliability and Condition Monitoring, 4(1), 1–17. <https://doi.org/10.21595/marc.2024.23687>

Ibarra-Rojas, O. J., Delgado, F., Giesen, R., & Muñoz, J. C. (2015). Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. Transportation Research Part B: Methodological, 77, 38–75. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2015.03.002>

International Organization for Standardization. (2024). ISO 55001:2024 Asset management — Vocabulary, overview and principles. ISO.
<https://www.iso.org/standard/83053.html>

Ishikawa, K. (1986). Guide to quality control (2nd rev. ed.). Asian Productivity Organization.

American Society for Quality. (2026). What is a Fishbone Diagram? Ishikawa Cause & Effect Diagram. (2026) <https://asq.org/quality-resources/fishbone>

Jenelius, E. (2018). Public transport experienced service reliability: Integrating travel time and travel conditions. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 117, 275–291. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.08.026>

Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide) (7th ed.). PMI. <https://www.pmi.org/standards/pmbok>

9 Anexos

Documento: REX 5225-2022 Aprueba Instructivo Supervisión Mantenimiento

6.6 Pauta de Revisión de Buses en Terminales RED

				REVISIÓN ESTADO GENERAL DEL BUS		DTP		FECHA 14.01.2019 CÓDIGO FOR-GOP-M005 VERSIÓN 5 PÁGINA 1 de 1	
PAUTA CERTIFICACIÓN - ESTADO GENERAL DEL BUS									
Antecedentes del Activo N° VIN: _____ MARCA CARROCERÍA: _____ MODELO CARROCERÍA: _____ TIPOLOGÍA BUS: _____				Antecedentes Certificador Empresa: _____ RUT: _____ N° FOLIO: _____ Fecha Inicio: ____/____/____ Fecha Término: ____/____/____		RESULTADO CERTIFICACIÓN APROBADO NO APROBADO N° ÍTEM EVAL. 44			
CARROCERÍA INTERIOR:				Criterios considerados en la inspección		APROBADO		NO APROBADO	
1	HABITÁCULO CONDUCTOR	NC	B: Bueno	M: Malo	N/A: No Aplica				
1.1	Asiento	CA							
1.2	Tablero de instrumentos	CA							
1.3	Cabina segregada	CB							
1.4	Limpia parabrisas	CM							
1.5	Freno de estacionamiento	CA							
1.6	Sistema de Seguridad de Peatones	CA							
1.7	Cinturón de seguridad	CA							
2	ASIDEROS Y PASAMANOS	NC	B: Bueno	M: Malo	N/A: No Aplica				
2.1	Asideros	CB							
2.2	Pasamanos	CM							
3	ASIENTOS DE PASAJEROS	NC	B: Bueno	M: Malo	N/A: No Aplica				
3.1	Fijación a piso	CA							
3.2	Estado general Estructura	CM							
3.3	Zona acolchada	CB							
3.4	Apoyo brazos	CM							
4	PUERTAS DE SERVICIO	NC	B: Bueno	M: Malo	N/A: No Aplica				
4.1	Sistema de seguridad de puertas (Door Brake)	CA							
4.2	Apertura y cierre completo	CA							
4.3	Gomas de unión de puertas	CM							
4.4	Sellos inferior y superior	CM							
4.5	Aparato sonoro y luminoso de apertura	CB							
5	INSPECCIÓN GENERAL INTERIOR	NC	B: Bueno	M: Malo	N/A: No Aplica				
5.1	Timbres (todos)	CB							
5.2	Puertos USB	CB							
5.3	Estado Cielo (Toda su extensión)	CA							
5.4	Estado Piso (Toda su extensión)	CA							
5.5	Paredes, peldaños y accesos	CA							
5.6	Iluminación interior	CM							
5.7	Verificar Funcionamiento de A/C	CM							
5.8	Verificar Funcionamiento WIFI	CB							
5.9	Zona personas movilidad reducida	CA							
5.10	Micas protección iluminación	CM							
5.11	Camaras de Video	CM							
5.12	Gabinets de puertas y eq. Electrónico	CM							
6	VÍDRIOS Y VENTANALES	NC	B: Bueno	M: Malo	N/A: No Aplica				
6.1	Vidrios laterales y luneta trasera	CA							
6.2	Vidrios Parabrisas	CA							
6.3	Ventanales de Corredora	CA							
CARROCERÍA EXTERIOR:									
7	INSPECCIÓN GENERAL EXTERIOR	NC	B: Bueno	M: Malo	N/A: No Aplica				
7.1	Derrame de fluidos (Diesel, etc.)	CA							
7.2	Profundidad de neumáticos	CA							
7.3	Humo negro por salida de escape	CA							
7.4	Habitáculo Motor	CA							
7.5	Elementos y/o latas cortantes	CA							
7.6	Compuertas registro exterior	CA							
7.7	Ruteros electrónicos	CM							
7.8	Parachoque delantero y trasero	CA							
7.9	Luces exteriores	CA							
7.10	Espejos retrovisores exteriores	CM							
7.11	Estado General Carrocería exterior	CA							
CONSIDERACIONES:									
RESULTADO "APROBADO": Si se verifica que el estado interior y exterior del bus inspeccionado:						RESULTADO "NO APROBADO": Si durante la revisión se detectare:			
a) No Presenta fallas ni defectos en atributos de Criticidad Alta b) Presenta hasta dos (2) defectos en atributos de Criticidad Media, y estos han sido reparados en el plazo pertinente. c) En caso de presentar hasta cuatro (4) defectos en atributos de Criticidad Baja, y estos han sido reparados en el plazo pertinente. d) En caso de presentar hasta cinco (5) defectos de distinta Criticidad, y estos han sido reparados en el plazo pertinente.						a) Uno (1) o más defectos en atributos de Criticidad Alta b) Hasta dos (2) defectos en atributos de Criticidad Media y estos no han sido reparados en el plazo pertinente. c) Tres (3) o más defectos en atributos de Criticidad Baja d) Hasta cuatro (4) defectos de Criticidad Baja y estos no han sido reparados en el plazo pertinente. e) En caso de presentar hasta cinco (5) defectos de distinta Criticidad y éstos no han sido reparados en el plazo pertinente.			
Nomenclatura: NC: Nivel Criticidad; CB: Criticidad Baja; CM: Criticidad Media; CA: Criticidad Alta						Imbre y firma Certificador			

Pauta de Certificación Estado General del Bus - Directorio de Transporte Público Metropolitano