



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**PROPUESTA DE MEJORA Y OPTIMIZACIÓN EN GESTIÓN DE
INVENTARIO Y MANTENIMIENTO DE EMPRESA QUÍMICA Y
PETROQUÍMICA**

AUTOR
AVECILLA, DIEGO

DIRECTOR
ING. OLMOS, GONZALO

CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

VILLA MERCEDES, SAN LUIS, ARGENTINA

2026

INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Presentación del trabajo final de grado.....	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación	4
1.4.1. Justificación técnica y operativa.....	4
1.4.2. Justificación académica	5
1.5. Alcances y limitaciones	5
1.5.1. Alcances.....	5
1.5.2. Limitaciones	6
1.6. Metodología	7
1.6.1. Relevamiento y diagnóstico	7
1.6.2. Análisis de causas raíz	7
1.6.3. Diseño e implementación de la propuesta	8
1.6.4. Diseño de indicadores de gestión	8
1.6.5. Estructura del trabajo.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Introducción al marco teórico.....	9
2.3. Tipos de mantenimiento	10
2.4. Estrategia de selección de las políticas de mantenimiento	15
2.5. Gestión de mantenimiento	17
2.5.1. Modelos de gestión y organización.....	18
2.5.2. El proceso de planificación y programación.....	18
2.5.3. Gestión de la información y control operativo	18
2.5.4. Gestión de recursos humanos y productividad.....	19
2.6. Gestión de inventarios	22
2.6.1 Metodología de inventarios	23
2.6.2. Clasificación de inventarios.....	24
2.6.3 Localización física y diseño de layout del almacén de mantenimiento	26
2.7. Costos de inventario.....	29

2.7.1. Clasificación de los costos de inventario.....	29
2.8. Gestión del pañol de mantenimiento y abastecimiento estratégico.....	30
2.8.1. Metodología de abastecimiento estratégico en el pañol	31
2.8.2. Gestión estratégica de insumos críticos.....	31
2.8.4. Índices de gestión de almacenes y compras	32
2.9. Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001	33
2.10. Gestión de activos ISO 55001.....	34
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	36
3.1. Reseña de la empresa	36
3.2. Estructura organizacional.....	37
3.3. Productos y procesos principales de la empresa	38
3.4. Sector de Mantenimiento	43
3.5. El sector Pañol.....	44
3.6. Situación problemática	45
3.7. Análisis de causa raíz del descontrol de inventarios.....	46
3.7.1. Identificación del problema central	46
3.7.2. Metodología de análisis	46
3.7.3. Desglose de causas y sub-causas	48
3.7.4. Análisis del impacto en la disponibilidad de activos	48
3.7.5. El inventario como estrangulamiento del flujo de entrega	50
CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE GESTIÓN DE INVENTARIO Y DISEÑO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	51
4.1. Introducción a la propuesta	51
4.2. Sistema de Gestión de Inventarios.....	52
4.2.2. Procesos clave: recepción, almacenamiento, control, ajustes y despacho	53
4.2.3. Propuesta de procedimientos estandarizados para la gestión de materiales de mantenimiento.....	54
4.2.3. Propuesta de Indicadores para la gestión de Inventario	56
4.3. Políticas de inventario para mantenimiento.....	59
4.3.1. Objetivo	59
4.3.2. Clasificación de materiales.....	59
4.3.3. Análisis de Criticidad de equipos.....	59
4.3.4. Vinculación entre equipos críticos y materiales críticos	75
4.3.5. Análisis de modos de falla (AMFE)	78
4.3.6. Análisis de componentes críticos	86
4.3.7. Análisis de materiales asociados a mantenimiento preventivo.....	89

4.3.8. Análisis de inventario: Clasificación ABC y XYZ	96
4.4. Diseño de Lay out y propuesta de implementación de estanterías.....	100
4.4.1. Situación original del área de mantenimiento	100
4.4.2. La propuesta: incorporación de estanterías y rediseño del espacio.....	101
4.4.3. Maniobrabilidad de autoelevadores y justificación de la distribución	104
4.4.4. Capacidad total del sistema propuesto.....	104
4.4.5. Sistema de codificación de posiciones e integración con Finnegan's	105
4.4.6. Proyección de largo plazo Pañol independiente del taller.....	106
4.4.7. Impacto esperado sobre los indicadores de gestión.....	107
4.5. Diseño e implementación del sistema de gestión de mantenimiento en Finnegan's ERP	108
4.5.2. Estructura del módulo de Mantenimiento en Finnegan's	108
4.5.3. Etapa 1 Relevamiento y carga de datos maestros	109
4.5.4. Etapa 2 Diseño de interfaces del sistema	110
4.5.5. Etapa 3 Dinámica operativa del sistema	114
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES, RESULTADOS, Y RECOMENDACIONES	116
5.1 Conclusión General Sobre Trabajo Final	¡Error! Marcador no definido.
5.2. Análisis del sistema de Solicitudes de Trabajo	117
5.2.2. Distribución por naturaleza del problema	119
5.2.3. Distribución por área solicitante	120
5.3. Análisis de Órdenes de Trabajo.....	122
5.3.1. Distribución por tipo y subtipo de OT	123
5.4. Análisis de Equipos Fuera de Servicio (EFS)	126
5.4.1. Contexto y línea de base	126
5.4.2. Evolución post-implementación (S1–S23, año 2026)	127
5.4.3. Enfoque por Criticidad de Equipo	128
5.4.4. Enfoque por tipo de equipo	131
5.5 Análisis de Indicadores de Pañol de Mantenimiento.....	134
5.5.1. Resultados a siete meses de gestión (octubre 2025 – abril 2026).....	134
5.5.2. Diagnóstico del catálogo activo (relevamiento Nov-2025 a Abr-2026)	135
5.5.3. Conclusiones del análisis de indicadores de pañol	136
Referencias Bibliográficas	138
ANEXOS	139
Anexo I. Listado completo de componentes críticos	139
Listado de Rodamientos Críticos.....	139
Listado de Retenes Críticos	142

Listado de Sello Mecánicos Críticos	144
Anexos II. Procedimientos/ Instructivo	145
Procedimiento de Gestión Integral de Pañol	146
Instructivo de Recepción de Materiales DEP04-IT-01 REV.0.....	149
Instructivo de almacenamiento y orden de pañol DEP04-IT-02 REV.0	150
Instructivo de control y Ajuste de Stock DEP04-IT-03 REV.0	151
Instructivo de entrega y devolución de materiales DEP04-IT-03 REV.0	152
Procedimiento de Solicitudes de Trabajos	153
Procedimiento de Ordenes de Trabajos.....	154
Anexo III. ERP Finnegans: descripción de la empresa y la plataforma.....	155
La empresa Finnegans.....	155

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mantenimiento Correctivo	11
Figura 2 Mantenimiento Preventivo a Fecha Constante	12
Figura 3 Mantenimiento Preventivo por Uso	13
Figura 4 Comparativo (Condición /Predictivo)	14
Figura 5 Factores de elección de las políticas de Mantenimiento	17
Figura 6 Ubicación de La planta.....	36
Figura 7 Diagrama de Proceso de Bioetanol	39
Figura 8 Diagrama de Espina de Pescado	47
Figura 9 Grafico de Análisis de Equipos Fuera Servicio / Solo Emergencia Año 2025...	49
Figura 10 Análisis de Lead time ST Fuera de Servicio	50
Figura 11 Diagrama de Flujo de Gestión Integral de Pañol	55
Figura 12 Análisis de Solicitudes por Tipo de Equipos	76
Figura 13 Análisis de Cantidad de Solicitudes por Tipo de Problema	76
Figura 14 Distribución de Solicitudes por Sectores	77
Figura 15 Dimensiones de Pañol (Situación inicial).....	100
Figura 16 Distribución Propuesta de rediseño de Lay Out	102
Figura 17 Formulario de Solicitudes de Trabajo y Mejoras	110
Figura 18 Panel de Gestión de SM/ST	111
Figura 19 Formulario de Orden de Trabajo.....	111
Figura 20 Interfax de Modulo de Gestion de OT	112

Figura 21 Grilla de Ordenes de Trabajo en Modulo de Gestión de OT	113
Figura 22 Grilla de Informe de ST/OT	113
Figura 23 Dinámica operativa del sistema de gestión de Mantenimiento.....	115
Figura 24 Indicador de Cumplimiento	118
Figura 25 Grafico de Distribución de St Por Sectores s	121
Figura 26 Tendencia de Ordenes de Trabajo a lo largo del tiempo.....	123
Figura 27 Distribución por tipo de Subtipo de OT	123
Figura 28 Análisis de Solicitudes EFS/SE Año 2025	127
Figura 29 Análisis de Solicitudes EFS SE	128
Figura 30 Análisis de Cantidad St Efs/Se Según Criticidad Semana 29 / 2025	129
Figura 31 Análisis de Cantidad St EFS / SE Según Criticidad Semana 23 /2026	129
Figura 32 Referencia de Equipos Fuera de Servicio Semana 29 2025.....	132
Figura 33 Referencia de Equipos Fuera de Servicio Semana 23 2026.....	132
Figura 34 Portada de Procedimiento de Pañol	146
Figura 36 Referencia a Hoja 1 Procedimiento de Pañol.....	147
Figura 35 Diagrama de Flujo de Procedimiento de Pañol	147
Figura 37 Referencia a Hoja 2 de Procedimiento de Pañol.....	148
Figura 38 Referencia de hoja 1 de Instructivo DEP04-IT-01 REV.0.....	149
Figura 39 Referencia de hoja 1 de Instructivo DEP04-IT-02 REV.0.....	150
Figura 40 Referencia de hoja 1 de Instructivo DEP04-IT-03 REV.0.....	151
Figura 41 Referencia de hoja 1 de Instructivo DEP04-IT-04 REV.0.....	152
Figura 42 Referencia de hoja 1 de procedimiento MTTO04-PRO-0001 REV.0	153
Figura 43 Referencia de hoja 1 de procedimiento MTTO04-PRO-0002 REV.0	154

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Contenido De Estructura de Trabajo.....	9
Tabla 2 Comparativa entre Mantenimiento Sobre condición / Mantenimiento Predictivo	15
Tabla 3 Resumen de estructura propuesta.....	52
Tabla 4 Descripción de Procedimientos/Instructivos	56
Tabla 5 Indicadores de Pañol.....	58
Tabla 6 Clasificación de Materiales.....	59
Tabla 7 Matriz de Ponderación de valores para el análisis de criticidad	60
Tabla 8 Escala de Criticidad.....	61
Tabla 9 Análisis de Criticidad de Acopio.....	61
Tabla 10 Análisis de Criticidad de Molienda	62
Tabla 11 Análisis de Criticidad de Licuefacción.....	63
Tabla 12 Análisis de Criticidad de Propagación.....	64
Tabla 13 Análisis Críticos Fermentacion.....	65
Tabla 14 Análisis de Criticidad Sector Preheater.....	66
Tabla 15 Análisis de Criticidad de Destilería.....	67

Tabla 16 Análisis de Criticidad de Anhidración.....	68
Tabla 17 Análisis de Criticidad Evaporación.....	69
Tabla 18 Análisis de Criticidad Separación.....	70
Tabla 19 Análisis de Criticidad de Sector CIP Evaporación	71
Tabla 20 Análisis de Criticidad de Vinazas	71
Tabla 21 Análisis de Criticidad de Sector de CIP de Fermentacion	72
Tabla 22 Análisis de Criticidad de Secado.....	74
Tabla 23 Resumen Análisis de Criticidad de Planta	74
Tabla 24 Análisis de Tendencias de Fallas (Tipo de equipos /Sectores/Tipo de Problemas)...	77
Tabla 25 Tipos de Mantenimiento (AMFE)	78
Tabla 26 AMFE (Bombas Centrifugas)	79
Tabla 27 AMFE Reductores de Velocidad	80
Tabla 28 AMFE Agitadores	81
Tabla 29 AMFE Tornillo Sin Fin	82
Tabla 30 AMFE Transportadores de Cadena	83
Tabla 31 AMFE Norias de Cangilones.....	83
Tabla 32 AMFE Intercambiadores de Calor	84
Tabla 33 Descripción de Torres	85
Tabla 34 AMFE Torres de Enfriamiento.....	86
Tabla 35 Relevamiento de Criticidad de Componentes y Cantidad de Componentes instalados	86
Tabla 36 Estrategia de Stock	87
Tabla 37 Lead time y vida útil estimada por familia	88
Tabla 38 Cantidad de Aceite	91
Tabla 39 Relevamiento de Consumo de Aceite por Sector	92
Tabla 40 Relevamiento de Junta de Intercambiadores	93
Tabla 41 Análisis de Reposición de Junta	94
Tabla 42 Relevamiento de Cangilones de Norias.....	95
Tabla 43 Análisis de Reposición de Cangilones	95
Tabla 44 Datos para análisis ABC - XYZ	96
Tabla 45 Análisis ABC.....	97
Tabla 46 Análisis XYZ	97
Tabla 47 Matriz de Análisis ABC-XYZ	98
Tabla 48 Matriz de Categorías de Análisis ABC – XYZ.....	99
Tabla 49 Matriz de problemática / Impacto Operativo	101
Tabla 50 Matriz de Distribución de Sectores Propuesta.....	103
Tabla 51 Matriz de capacidad de sistema propuesto	104
Tabla 52 Matriz de Proyección a Largo plazo de Pañol	106
Tabla 53 Matriz de impacto esperado sobre los indicadores.....	107
Tabla 54 Estructura del Módulo de Mantenimiento Diseñado	108

Tabla 55 Relevamiento de datos (Carga de Maestro)	109
Tabla 56 Prioridad y Criterios de Aplicación para ST/OT	110
Tabla 57 Matriz de Estado de equipo	110
Tabla 58 Evolución Mensual	118
Tabla 59 Distribución por naturaleza de problema (Junio)	119
Tabla 60 Observaciones por naturaleza de Falla	120
Tabla 61 Matriz de Cantidad de Solicitudes por Sector	121
Tabla 62 Matriz de análisis de tipos de OT	124
Tabla 63 Comparativa en OT Proactivas / OT Reactiva	124
Tabla 64 Tabla comparativa Por Criticidad de Tareas.....	130
Tabla 65 Comparativas de Indicadores Situación original / Situación actual	135



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación del trabajo final de grado

El sector de los biocombustibles en Argentina ocupa un lugar estratégico dentro de la matriz energética nacional. El bioetanol de maíz, en particular, es un componente de uso obligatorio en la mezcla con las naftas de consumo masivo, lo que convierte a sus plantas de producción en activos industriales críticos para el abastecimiento energético del país. En este contexto, la continuidad operativa de estas instalaciones no es solo una variable de competitividad empresarial, sino un requisito funcional del sistema energético.

Diaser S.A. es una empresa agroindustrial y energética con más de cinco décadas de trayectoria en la Provincia de San Luis, Argentina. Con alrededor de 230 empleados y un portfolio que integra la producción de bioetanol, biodiesel, biogás, energía solar fotovoltaica, barras de cereales y aceite de maíz, la organización se posiciona como un referente regional en la diversificación productiva sostenible. Su planta de Bioetanol, ubicada en la Zona de Actividades Logísticas de Villa Mercedes, constituye una de sus unidades de mayor complejidad técnica y relevancia operativa.

En instalaciones de proceso continuo como la planta de bioetanol de Villa Mercedes, la gestión del mantenimiento industrial adquiere una dimensión estratégica que va más allá de la reparación de equipos. El mantenimiento industrial se articula sobre tres pilares fundamentales que determinan la eficacia de toda intervención técnica:

- Gestión de trabajos: organización y ejecución de las intervenciones sobre los activos mediante un sistema estructurado de órdenes de trabajo.
- Planificación y programación: determinación anticipada de los recursos necesarios, ventanas operativas y secuencias de ejecución para cada tarea.
- Ejecución y control: realización de las intervenciones con los recursos asignados y registro sistemático de la información generada para la mejora continua.

Sin embargo, la eficacia de estos tres pilares depende de manera crítica de un cuarto factor frecuentemente subestimado: la disponibilidad oportuna de los materiales y repuestos necesarios para ejecutar cada intervención. Cuando la gestión de inventarios del sector pañol falla, la cadena de mantenimiento se interrumpe en su eslabón más



operativo, convirtiendo al almacén de repuestos en un cuello de botella logístico que compromete la continuidad productiva de toda la planta.

El presente Trabajo Final de Grado aborda precisamente esta problemática en la planta de Diaser S.A. en Villa Mercedes. La propuesta se estructura sobre tres ejes de intervención integrados: la implementación de un sistema formalizado de gestión de Solicitudes de Trabajo (ST) y Órdenes de Trabajo (OT) en el sistema ERP Finnegans, la optimización del layout físico y la organización del sector pañol, y el diseño de indicadores de gestión (KPIs) que permitan monitorear la eficiencia del inventario de mantenimiento de manera continua.

La temática abordada integra conocimientos de diversas áreas disciplinares de la Ingeniería Industrial, entre las que se destacan: Gestión de la Calidad, Organización y Administración, Investigación Operativa, Organización Industrial, Optimización y Control, Economía y Logística, constituyendo un trabajo de naturaleza multidisciplinar con aplicación directa en el entorno industrial regional.

1.2 Planteamiento del problema

El relevamiento integral realizado en el sector de mantenimiento y el área de pañol de la planta de Diaser S.A. en Villa Mercedes permite identificar una problemática central de alta incidencia operativa: la existencia de una brecha sistémica entre el stock físico de materiales disponible en el depósito y su representación en el sistema de gestión digital (ERP Finnegans).

Esta inconsistencia no constituye un fenómeno aislado ni meramente administrativo. Sus consecuencias se manifiestan directamente en la capacidad de respuesta del área de mantenimiento ante fallas en los equipos del proceso productivo. Cuando el sistema digital indica disponibilidad de un repuesto que físicamente no existe, o cuando un material presente en el depósito no figura en el sistema, el personal técnico debe recurrir a verificaciones manuales, consultas informales y soluciones improvisadas que consumen tiempo crítico y reducen la eficiencia operativa global.

"La disponibilidad de la planta no es una función exclusiva de la robustez mecánica de los equipos, sino que está determinada por la eficiencia del modelo de abastecimiento. La falta de sincronización entre el catálogo de inventario y las necesidades reales de los activos críticos genera un efecto de acumulación de equipos fallidos, transformando el área de mantenimiento en un cuello de botella logístico que compromete la continuidad operativa."



El análisis de la serie temporal comprendida entre las semanas 17 y 36 del año 2025 evidencia la magnitud del problema: entre las semanas S23 y S29, el sistema experimentó un crecimiento del 92% en los activos fuera de servicio (de 38 a 73 unidades), con picos donde el ingreso de 22 equipos a reparación superó ampliamente las 9 entregas efectivas completadas en la misma semana. Este desequilibrio entre la tasa de ingreso y la tasa de restitución de equipos operativos tiene una causa identificable: el retardo en el suministro de componentes por quiebres de stock no anticipados.

La situación descrita responde a causas estructurales que se refuerzan mutuamente. En primer lugar, la planta carecía históricamente de un sistema formalizado de gestión de Órdenes de Trabajo (OT) y Solicitudes de Trabajo (ST) integrado en el ERP, lo que imposibilitaba vincular automáticamente el consumo de materiales con los activos intervenidos. En segundo lugar, las actividades de recepción, almacenamiento y despacho de materiales en el pañol se ejecutaban sin procedimientos estandarizados, dependiendo del criterio individual de los operadores, lo que generaba registros variables e inconsistentes. En tercer lugar, la configuración del sistema digital presentaba una arquitectura de depósitos virtuales y ubicaciones sin lógica funcional, que dificultaba la identificación precisa de la disponibilidad real de los materiales.

A nivel físico, la carencia de un lay out definido y de criterios de clasificación por criticidad generaba demoras significativas en la localización de repuestos durante intervenciones correctivas, donde el tiempo de respuesta resulta determinante para la continuidad productiva. En conjunto, estas condiciones configuraban un sistema de gestión inmaduro que propiciaba un círculo vicioso: el desorden físico generaba desconfianza en los datos digitales, lo que fomentaba prácticas informales que amplificaban las brechas de información.

Ante esta situación, el presente trabajo propone el diseño e implementación de un sistema integral de gestión de inventarios de mantenimiento que corrija las causas raíz identificadas, mejore la confiabilidad de la información disponible y permita reducir los tiempos de indisponibilidad de equipos asociados a la falta oportuna de materiales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema integral de gestión de inventarios para el área de mantenimiento de la planta de bioetanol de Diaser S.A. en Villa Mercedes, orientado a mejorar la disponibilidad oportuna de materiales y repuestos, reducir los tiempos de indisponibilidad de equipos y aumentar la confiabilidad operativa del proceso productivo.

1.3.2. Objetivos específicos



Con el fin de alcanzar el objetivo general planteado, se desarrollan los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar la situación actual de la gestión de inventarios en el sector pañol, identificando las causas raíz de las inconsistencias entre el stock físico y el registro digital mediante la metodología de análisis causa-efecto Diagrama de Ishikawa.
- Diseñar e implementar un sistema formalizado de Solicitudes de Trabajo (ST) y Órdenes de Trabajo (OT) en el ERP Finnegan, que vincule de manera automática el consumo de materiales con los activos intervenidos y garantice la trazabilidad de las intervenciones de mantenimiento.
- Optimizar la organización física del sector pañol mediante el rediseño del lay out, la definición de criterios de clasificación y ubicación de materiales, y la implementación de un sistema de codificación e identificación estandarizada.
- Estandarizar los procedimientos operativos del pañol para la recepción, almacenamiento, control y despacho de materiales, reduciendo la variabilidad asociada a criterios individuales y garantizando la consistencia de los registros.
- Definir stocks mínimos y puntos de reorden para los materiales críticos, en función de la criticidad de los activos asociados y el histórico de consumo registrado en el sistema.
- Diseñar un conjunto de indicadores de gestión (KPIs) que permitan monitorear la eficiencia del inventario de mantenimiento, evaluar el impacto de las mejoras implementadas y sostener un proceso de mejora continua.

1.4. Justificación

La justificación del presente trabajo se articula en tres dimensiones complementarias: técnica, operativa y académica.

1.4.1. Justificación técnica y operativa

En plantas industriales de proceso continuo, como la planta de bioetanol de Villa Mercedes, la interrupción no planificada de equipos críticos tiene consecuencias que trascienden el costo de la reparación. Una parada no programada en una etapa clave del proceso puede comprometer la continuidad de todo el ciclo productivo, con impacto directo sobre el rendimiento de bioetanol, la calidad de los coproductos y el cumplimiento de los compromisos comerciales de la empresa.



Los datos relevados en el período de análisis demuestran que el principal cuello de botella para la resolución de intervenciones correctivas no radicaba en la capacidad técnica del personal de mantenimiento, sino en la demora en el suministro de los componentes necesarios para ejecutar las reparaciones. Esta realidad justifica la implementación de un sistema de gestión de inventarios estructurado, que garantice la disponibilidad oportuna de materiales críticos y reduzca el tiempo de inactividad administrativo y logístico asociado a cada intervención.

La integración del módulo de Órdenes de Trabajo en el ERP Finnegans, el rediseño del lay out del pañol y la definición de stocks mínimos por criticidad constituyen intervenciones técnicas con impacto directo y medible sobre los indicadores de disponibilidad de equipos y eficiencia operativa del área de mantenimiento.

1.4.2. Justificación académica

Desde el punto de vista académico, el presente trabajo representa una oportunidad concreta de aplicar metodologías y herramientas propias de la Ingeniería Industrial en un entorno productivo real y de alta complejidad. La articulación entre la gestión de mantenimiento, la administración de inventarios, la implementación de sistemas ERP y el diseño de indicadores de desempeño constituye un ejercicio integrador que atraviesa múltiples áreas del conocimiento de la carrera.

Asimismo, la problemática abordada la desconexión entre la gestión física y digital de los inventarios de mantenimiento en plantas industriales es representativa de una realidad ampliamente extendida en el sector industrial regional y nacional, lo que otorga al trabajo una relevancia que supera el caso particular de Diaser S.A. y lo posiciona como un aporte de referencia para organizaciones con problemáticas similares.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances

El presente trabajo final de grado tiene como objeto de estudio exclusivo la planta de bioetanol de Diaser S.A. ubicada en la Zona de Actividades Logísticas de Villa Mercedes, Provincia de San Luis. Quedan fuera del alcance los demás establecimientos de la empresa.

Dentro de la planta de Villa Mercedes, el trabajo se focaliza en el área de mantenimiento y su sector pañol, abarcando los siguientes aspectos:



- El diagnóstico de la situación actual de la gestión de inventarios de mantenimiento, incluyendo el relevamiento del stock físico, la evaluación del sistema digital y el análisis de los procesos operativos del pañol.
- El diseño e implementación del sistema de Solicitudes de Trabajo (ST) y Órdenes de Trabajo (OT) en el ERP Finnegans, incluyendo la parametrización del sistema, la definición del flujo de trabajo y los estados de las órdenes.
- La propuesta de optimización del layout físico del pañol y la definición de criterios de organización, codificación y clasificación de materiales por criticidad.
- La estandarización de los procedimientos operativos de recepción, almacenamiento y despacho de materiales.
- La definición de stocks mínimos y puntos de reorden para materiales críticos.
- El diseño de un tablero de indicadores de gestión (KPIs) para el monitoreo continuo de la eficiencia del inventario de mantenimiento.

El trabajo se orienta a la mejora de la gestión del mantenimiento desde la perspectiva del control y disponibilidad de materiales. No aborda la cadena de suministro externa, los procesos de compras o la logística de proveedores, cuya gestión corresponde al área de Compras y Logística de la organización.

1.5.2. Limitaciones

Se reconocen las siguientes limitaciones en el desarrollo del presente trabajo:

- El período de análisis de datos operativos se circunscribe a las semanas 17 a 36 del año 2025, lo que representa una ventana temporal de aproximadamente cinco meses. Una serie histórica más extensa permitiría validar tendencias con mayor solidez estadística.
- La implementación del sistema de OT y ST en Finnegans, el rediseño del lay out y la estandarización de procedimientos se encuentran en su etapa inicial de operación al momento de la redacción del presente trabajo. Los resultados cuantitativos del impacto de las mejoras están sujetos a la consolidación del sistema a lo largo de un período de operación más prolongado.
- La sensibilidad comercial de la información relacionada con costos operativos, precios de insumos y márgenes de producción limita la divulgación de ciertos datos cuantitativos específicos, que en el presente trabajo se presentan en forma de índices, porcentajes o valores relativos.



- El diseño de stocks mínimos y puntos de reorden se realizó sobre la base del historial de consumo disponible en el sistema al momento del relevamiento. La precisión de estos parámetros se incrementará progresivamente a medida que el sistema acumule mayor información de las intervenciones registradas.
- La planta de TCO (producción de aceite de maíz), incorporada en 2025, se encuentra en su etapa inicial de operación y no ha sido incluida en el análisis del sistema de gestión de inventarios, dado que sus necesidades de mantenimiento aún se encuentran en proceso de caracterización.

1.6. Metodología

El presente Trabajo Final de Grado se desarrolló siguiendo una metodología estructurada en etapas secuenciales y complementarias, que combinan el análisis bibliográfico con el trabajo de campo en la planta de Diaser S.A.

1.6.1. Relevamiento y diagnóstico

La primera etapa consistió en un relevamiento integral de la situación actual del área de mantenimiento y el sector pañol. Esta fase incluyó:

- Observación directa de los procesos operativos del pañol: recepción, almacenamiento y despacho de materiales.
- Análisis del sistema de gestión digital (ERP Finnegans): revisión de la arquitectura de depósitos, ubicaciones y codificación de materiales.
- Relevamiento del inventario físico y contraste con los registros del sistema.
- Recopilación y análisis de datos operativos: series temporales de equipos fuera de servicio, órdenes de trabajo generadas y cerradas, y tiempos de indisponibilidad.
- Entrevistas con el personal de mantenimiento, planificación y pañol para identificar problemáticas operativas y prácticas informales consolidadas.

1.6.2. Análisis de causas raíz

Con la información relevada, se aplicó la metodología del Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto) para identificar y clasificar las causas raíz de la inconsistencia sistémica entre el stock físico y el registro digital. Los factores se agruparon en cuatro ejes de análisis: métodos de trabajo, sistema de gestión (ERP), recursos humanos y entorno físico. Este análisis constituyó la base técnica para la formulación de la propuesta de mejora.

1.6.3. Diseño e implementación de la propuesta

La etapa de diseño e implementación se estructuró en cuatro líneas de acción simultáneas y articuladas entre sí:

- Parametrización del módulo de Órdenes de Trabajo en Finnegan: diseño del flujo ST → OT, definición de estados, tipologías y sistema de prioridades.
- Rediseño del lay out del pañol: definición de zonas funcionales, criterios de clasificación por criticidad y frecuencia de uso, e integración con el sistema de ubicaciones de Finnegan.
- Estandarización de procedimientos operativos: redacción de protocolos formales para recepción, almacenamiento y despacho de materiales.
- Definición de parámetros de inventario: establecimiento de stocks mínimos y puntos de reorden para materiales críticos, en función de la criticidad de los activos y el historial de consumo disponible.

1.6.4. Diseño de indicadores de gestión

Se diseñó un conjunto de siete indicadores clave de desempeño (KPIs) para monitorear la eficiencia del inventario de mantenimiento, agrupados en tres ejes: disponibilidad operativa, eficiencia de gestión y confiabilidad del inventario. Cada indicador incluye su fórmula de cálculo, unidad de medida y meta sugerida. Los indicadores se calculan mensualmente a partir de los datos registrados en Finnegan y los informes de control físico del pañol, y se presentan en un tablero de control consolidado con gráficos de tendencia.

1.6.5. Estructura del trabajo

El presente trabajo se organiza en los siguientes capítulos:

Capítulo	Contenido
Capítulo I	Introducción: presentación, planteamiento del problema, objetivos, justificación, alcances y metodología.
Capítulo II	Marco Teórico: fundamentos de mantenimiento industrial, gestión de inventarios, sistemas ERP y normas internacionales de referencia.
Capítulo III	Descripción de la Empresa y Situación Problemática: reseña de Diase S.A., descripción de procesos productivos, diagnóstico del sector pañol y análisis de causa raíz.
Capítulo IV	Propuesta de Mejora: implementación del sistema ST/OT en Finnegan, rediseño del layout del pañol, estandarización de procedimientos, stocks mínimos y diseño de KPIs.



Capítulo V	Resultados, Recomendaciones y Conclusiones: análisis del impacto de las mejoras implementadas, recomendaciones para la consolidación del sistema y conclusiones generales del trabajo.
------------	--

Tabla 1 Contenido De Estructura de Trabajo

La metodología adoptada busca garantizar que las soluciones propuestas respondan a causas raíz concretas identificadas en el relevamiento, sean implementables dentro del marco tecnológico y organizacional actual de la empresa, y generen información cuantificable que permita evaluar su impacto en la disponibilidad operativa de la planta.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción al marco teórico

El presente capítulo tiene como objetivo desarrollar los fundamentos teóricos que sustentan la propuesta de mejora en la gestión de inventarios y mantenimiento implementada en la organización. Para ello, se abordan conceptos clave vinculados al mantenimiento industrial, la gestión de inventarios, los sistemas de gestión informatizados y los modelos de gestión basados en normas internacionales.

En el contexto industrial actual, caracterizado por una alta competitividad y exigencias crecientes en términos de eficiencia, calidad y disponibilidad operativa, la correcta gestión de los activos y de los recursos asociados al mantenimiento adquiere un rol estratégico dentro de las organizaciones. En este sentido, tanto la gestión del mantenimiento como la administración de inventarios dejan de ser funciones aisladas para integrarse dentro de un sistema que busca maximizar la confiabilidad de los equipos y optimizar los costos operativos.

Asimismo, la incorporación de herramientas tecnológicas, como los sistemas de gestión tipo ERP o GMAO, permite mejorar la trazabilidad de la información, facilitar la toma de decisiones y fortalecer la planificación de las actividades de mantenimiento. Esta integración entre procesos, tecnología y gestión resulta fundamental para superar problemáticas asociadas a la falta de control, desorganización de materiales y deficiencias en la ejecución de tareas.

Por otro lado, se toman como referencia los lineamientos establecidos en normas internacionales como ISO 9001 e ISO 55001, las cuales proporcionan criterios y buenas prácticas orientadas a la estandarización de procesos, la mejora continua y la gestión eficiente de los activos físicos. Estas normas promueven un enfoque basado en procesos, en el análisis de riesgos y en la generación de valor a lo largo del ciclo de vida de los activos, sirviendo como marco conceptual para el desarrollo de la propuesta.



En este contexto, los conceptos desarrollados en el presente capítulo permiten no solo comprender la problemática identificada en la organización, sino también fundamentar técnicamente las soluciones propuestas, orientadas a mejorar la disponibilidad de materiales, la confiabilidad de los equipos y la eficiencia operativa del sistema de mantenimiento.

2.2. Mantenimiento industrial

“El mantenimiento industrial se define como el conjunto de técnicas destinadas a conservar los equipos e instalaciones en condiciones operativas durante el mayor tiempo posible, asegurando niveles adecuados de disponibilidad y confiabilidad ”¹ García Garrido, S. (2003).

A lo largo del tiempo, la función mantenimiento ha evolucionado desde un enfoque correctivo hacia modelos más avanzados orientados a la prevención de fallas y a la mejora de la confiabilidad de los activos. Esta evolución responde a la necesidad de reducir paradas no programadas y optimizar los costos operativos.

En este contexto, el mantenimiento se posiciona como un área estratégica dentro de las organizaciones industriales, debido a su impacto directo en la continuidad productiva, la seguridad y la calidad del proceso.

2.3. Tipos de mantenimiento

El mantenimiento puede clasificarse en distintos tipos según el enfoque de intervención aplicado sobre los equipos.

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se define como el conjunto de actividades destinadas a restablecer el funcionamiento de un equipo una vez que se ha producido una falla, mediante la intervención directa sobre el activo con el objetivo de devolverlo a condiciones operativas seguras y eficientes. Este tipo de mantenimiento se caracteriza por su naturaleza reactiva, ya que actúa una vez que el evento de falla ha ocurrido.

¹ García Garrido, S. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid, España.

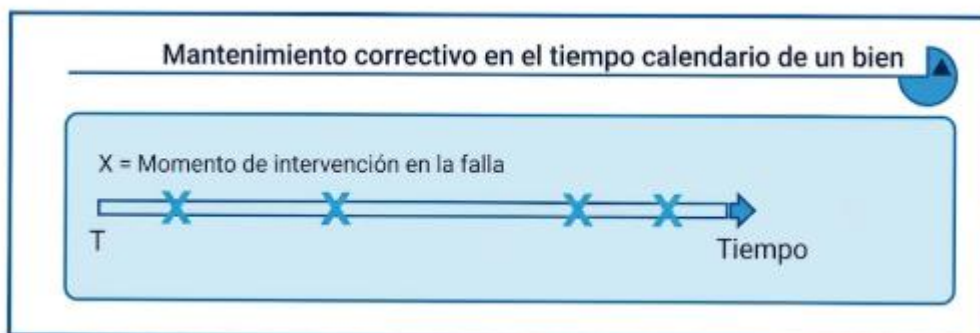


Figura 1 Mantenimiento Correctivo

Fuente Tenaris University (2008)

Según Tenaris University (2008), “el mantenimiento correctivo no debe interpretarse únicamente como una acción de reparación inmediata, sino como parte de un proceso más amplio de gestión del mantenimiento. En este sentido, la intervención correctiva incluye no solo la restitución funcional del equipo, sino también el análisis de las causas que originaron la falla, promoviendo la implementación de acciones correctivas y preventivas orientadas a evitar su recurrencia. Este enfoque permite transformar una situación de falla en una oportunidad de mejora continua dentro del sistema productivo”².

Desde una perspectiva operativa, el mantenimiento correctivo puede clasificarse en dos grandes categorías. Por un lado, el correctivo no planificado, que responde a fallas imprevistas y generalmente conlleva paradas no programadas de los equipos, afectando directamente la continuidad de la producción. Por otro lado, el correctivo planificado, que se presenta cuando la falla o condición anómala ha sido detectada con anticipación y permite organizar la intervención en función de la disponibilidad operativa, reduciendo su impacto sobre el proceso productivo.

En términos de gestión, el mantenimiento correctivo representa uno de los mayores desafíos para las organizaciones industriales, ya que suele implicar altos costos asociados a tiempos de inactividad, pérdidas de producción, utilización urgente de recursos y potenciales riesgos para la seguridad y el medio ambiente. Por lo tanto, si bien el mantenimiento correctivo es inevitable en cualquier sistema productivo, su adecuada gestión, combinada con estrategias preventivas y predictivas, permite minimizar su frecuencia y mitigar sus consecuencias.

Mantenimiento preventivo cíclico

El mantenimiento preventivo cíclico se define como una política de gestión basada en la sustitución o intervención programada de componentes que aún no han fallado, con

² Tenaris University. (2008). El Mantenimiento en Tenaris. Introducción a la Gestión del Mantenimiento. Volumen Primero. Tenaris University. Buenos Aires, Argentina. © 2008 TENARIS.

el propósito fundamental de evitar una rotura accidental. Bajo este enfoque, la organización opta deliberadamente por sacrificar una fracción de la vida útil del componente en favor de la fiabilidad y disponibilidad del sistema global. Según Tenaris University (2008), “esta estrategia es adecuada principalmente para maquinarias críticas, donde la ocurrencia de fallas imprevistas tendría un impacto significativo sobre la seguridad de las personas, el medio ambiente o la continuidad del servicio a la producción.”³

Desde una perspectiva operativa, la prevención cíclica puede instrumentarse bajo dos modalidades principales:

- Mantenimiento a fecha constante: consiste en definir un intervalo cronológico fijo y permanente entre un reemplazo preventivo y el siguiente. En esta modalidad, el calendario se mantiene independiente de cualquier falla accidental que pudiera ocurrir dentro de dicho intervalo.

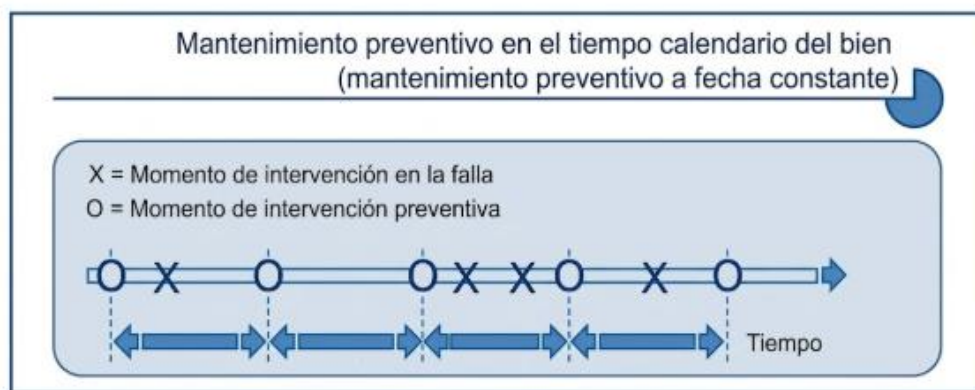


Figura 2 Mantenimiento Preventivo a Fecha Constante

Fuente Tenaris University

- Mantenimiento a edad (o uso) constante: la sustitución se realiza cuando el activo alcanza una edad determinada medida en horas de uso, ciclos o kilómetros desde la última intervención. Ante la aparición de una falla dentro del periodo programado, el momento de la avería se convierte en el nuevo punto de partida para la próxima intervención preventiva.

³ Ibid., p.116

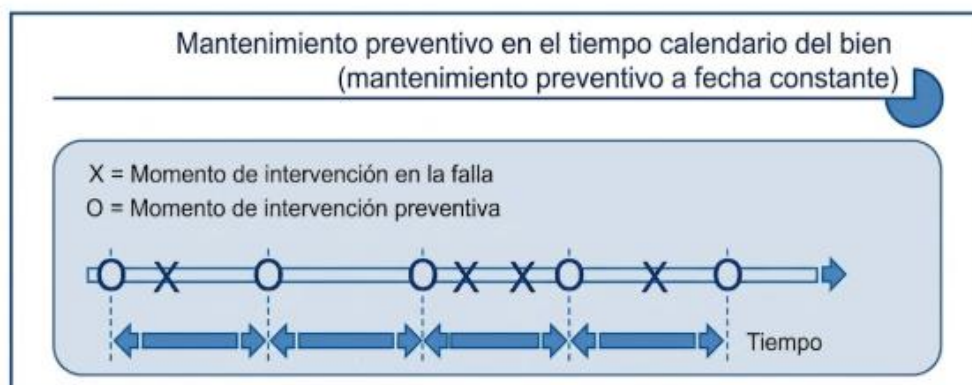


Figura 3 Mantenimiento Preventivo por Uso

Fuente Tenaris University (2008)

Para que la política de mantenimiento preventivo sea operativa y eficiente, se requieren requisitos organizativos específicos: definir los intervalos de intervención mediante el conocimiento estadístico del comportamiento de las fallas y su ley de fiabilidad, apoyarse en una gestión de repuestos coordinada y contar con personal técnico con competencias especializadas.

La adopción del mantenimiento preventivo conlleva un balance entre ventajas y limitaciones. Si bien permite optimizar el uso del personal y reducir los tiempos de parada respecto al mantenimiento correctivo, también presenta riesgos intrínsecos, como la posibilidad de generar mantenimientos innecesarios o introducir fallas prematuras por intervenciones fuera de las reglas del arte.

Mantenimiento sobre condición y predictivo

“El mantenimiento basado en la condición y el mantenimiento predictivo representan el salto desde la planificación estadística hacia la intervención basada en la realidad técnica del activo. Ambos comparten la fase de recolección de datos, pero difieren fundamentalmente en el proceso de toma de decisiones: no en el cómo se mide, sino en cuándo y por qué se decide intervenir ” ⁴ (Tenaris University, 2008).

Mantenimiento sobre condición

⁴ Tenaris University. (2008). El Mantenimiento en Tenaris. Introducción a la Gestión del Mantenimiento. Volumen Primero. Tenaris University. Buenos Aires, Argentina. © 2008 TENARIS.

El mantenimiento sobre condición se define como una política reactiva ante un síntoma detectado. Su funcionamiento depende de la existencia de una correlación directa entre un parámetro medible vibración, temperatura, espesor y el estado de salud del equipo. La decisión de reparar o sustituir se gatilla en el momento en que el parámetro medido cruza un umbral crítico predefinido. Este modelo confía en que el intervalo entre la detección del síntoma (punto P) y la falla funcional (punto F) es suficientemente amplio para actuar, pero no intenta calcular cuánto tiempo falta: reacciona ante la proximidad del peligro.

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo representa un nivel superior de madurez en la gestión. Su esencia es la previsión: mientras que el mantenimiento sobre condición observa el estado actual, el predictivo utiliza la evolución histórica de los datos para modelar el comportamiento futuro del activo. El análisis de tendencia no espera a que el parámetro toque la línea de alarma, sino que utiliza herramientas estadísticas para analizar la curva de deterioro y determinar la velocidad con la que el activo se aproxima a la falla. Esta política permite estimar con precisión las horas o ciclos de operación remanentes del componente, transformando la gestión del mantenimiento de una actividad de respuesta a una de logística anticipada.

Comparativo de criterios técnicos

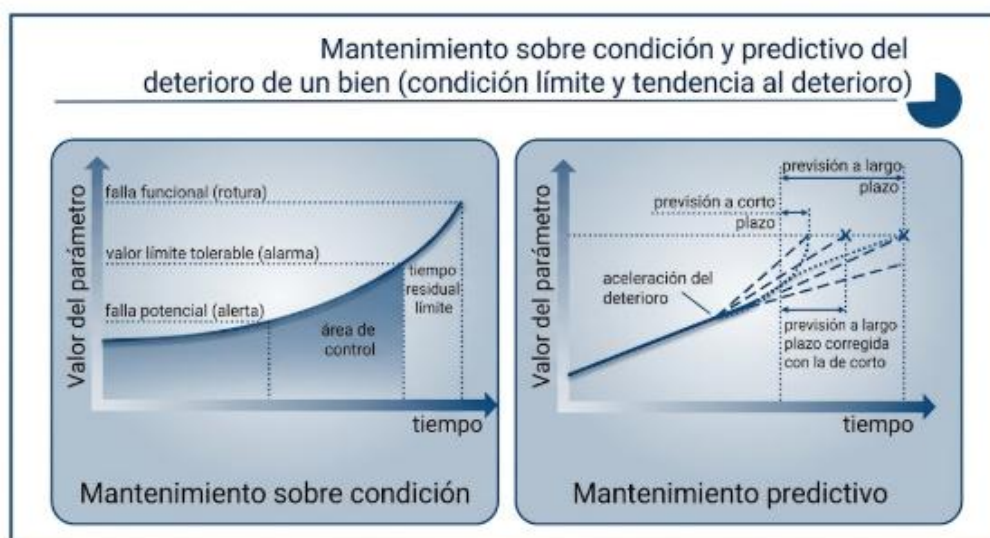


Figura 4 Comparativo (Condición /Predictivo)

Fuente Tenaris University (2008)



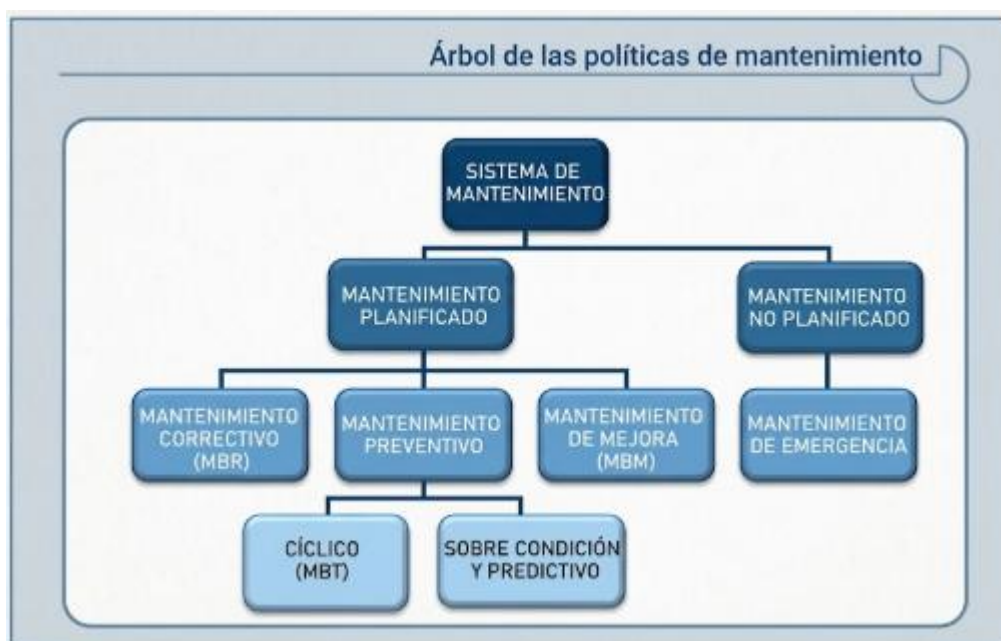
Característica	Mantenimiento sobre condición	Mantenimiento predictivo
Criterio de acción	Se interviene al alcanzar un nivel de alarma	Se interviene según la proyección de la tendencia
Objetivo principal	Evitar la rotura mediante el monitoreo	Determinar el momento óptimo de intervención
Herramientas	Inspecciones sensoriales e instrumentales	Modelos matemáticos, estadística y software de tendencia
Ventaja de gestión	Simplicidad en la definición de límites	Máxima anticipación y optimización de costos

Tabla 2 Comparativa entre Mantenimiento Sobre condición / Mantenimiento Predictivo Fuente Propia

2.4. Estrategia de selección de las políticas de mantenimiento

“La definición de una estrategia de mantenimiento constituye uno de los pilares fundamentales de la gestión de activos, ya que determina la asignación de recursos y la filosofía operativa de la planta. Esta selección debe entenderse como un proceso deliberado de optimización técnica y económica: el objetivo es resolver el conflicto entre la necesidad de máxima disponibilidad de los equipos y la restricción de los costos operativos, identificando la política que mejor se adapte a la naturaleza técnica de cada componente”⁵ (TenarisUniversity, 2008).

⁵ Tenaris University. (2008). *El Mantenimiento en Tenaris. Introducción a la Gestión del Mantenimiento. Volumen Primero*. Tenaris University. Buenos Aires, Argentina. © 2008 TENARIS.



Jerarquía de decisión y viabilidad técnica

Para estructurar la elección de políticas, se adopta un flujo de decisión lógica que condiciona la estrategia a la capacidad de detección de la falla. Este proceso se articula a través de tres niveles de interrogación técnica:

- Existencia de síntomas premonitores: si el activo manifiesta señales detectables antes de la falla funcional y su monitoreo es económicamente viable, la política debe ser el mantenimiento sobre condición o predictivo.
- Previsibilidad cronológica de la falla: en ausencia de síntomas detectables, si el componente presenta una degradación vinculada al uso o al tiempo que permite estimar una duración segura, se aplica el mantenimiento preventivo cíclico.
- Aceptación de la falla o cumplimiento normativo: cuando el activo no emite señales previas ni posee una vida útil previsible, la estrategia se reduce al mantenimiento correctivo o al seguimiento de las recomendaciones del fabricante.

Criterios de criticidad: impacto y frecuencia

La política óptima está sujeta al grado de criticidad del bien. Se expone un modelo de evaluación basado en dos ejes transversales: el impacto / severidad de las consecuencias de una falla en términos de seguridad, integridad ambiental y costos por pérdida de producción y la frecuencia probabilidad de ocurrencia del evento de falla según

el historial del activo y su ley de fiabilidad. Esta matriz de criticidad permite jerarquizar los activos: aquellos con alto impacto y frecuencia justifican tecnologías de monitoreo continuo, mientras que, para activos no críticos, el mantenimiento correctivo se presenta como la opción económicamente más racional.

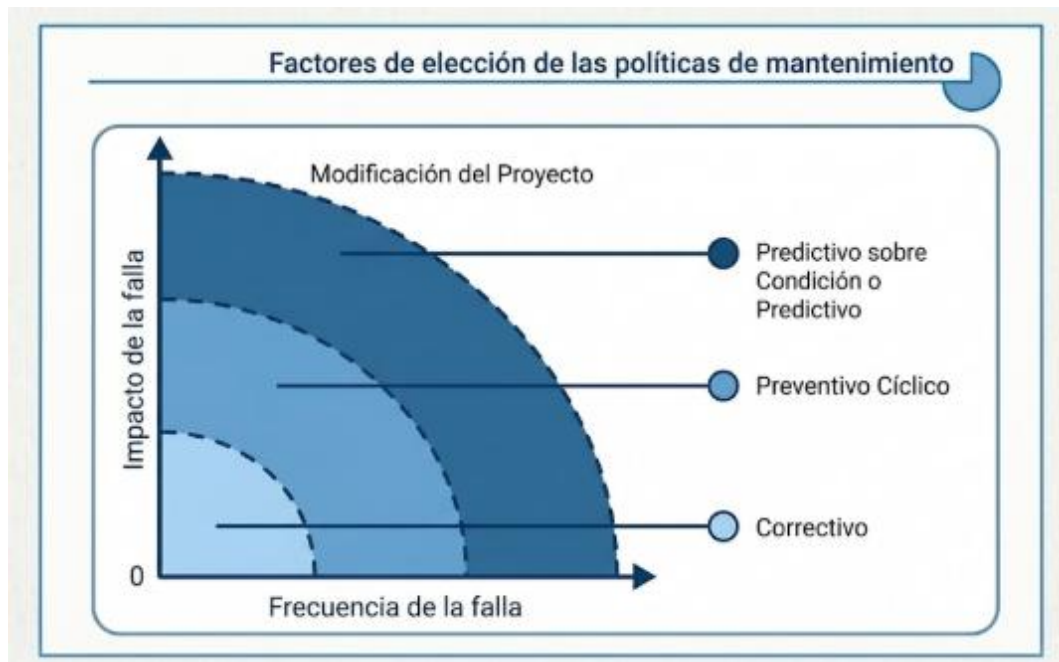


Figura 5 Factores de elección de las políticas de Mantenimiento

Fuente Tenaris university

Mantenimiento de mejora

El mantenimiento de mejora no busca restaurar el estado original del bien, sino modificar su diseño para corregir defectos. Este enfoque es vital cuando las condiciones operativas actuales difieren de las del proyecto original o cuando se identifican concentraciones de tensiones y materiales inadecuados. El mantenimiento de mejora actúa como una herramienta de ingeniería que busca eliminar la causa raíz de las fallas, permitiendo que el sistema evolucione hacia niveles superiores de eficiencia.

2.5. Gestión de mantenimiento

La gestión de mantenimiento es el conjunto de actividades destinadas a mantener un elemento, o restablecerlo a un estado en el cual pueda efectuar la función requerida. Según García Garrido (2003), "una gestión integral exitosa debe equilibrar tres factores:



disponibilidad, fiabilidad y costo. Para ello, es necesario establecer procesos claros que guíen la operación diaria”⁶.

2.5.1. Modelos de gestión y organización

La organización del departamento debe adaptarse a las necesidades de la planta, definiendo claramente las responsabilidades para evitar que el mantenimiento sea caótico. Los principales modelos son:

- Mantenimiento centralizado: un único departamento atiende a toda la planta, optimizando el uso de especialistas y herramientas costosas.
- Mantenimiento descentralizado (zonificado): el personal se asigna a áreas específicas, lo que aumenta el conocimiento profundo del equipo y mejora los tiempos de respuesta.
- Mantenimiento mixto: combina una base de personal en zonas críticas con un taller central de apoyo para grandes reparaciones.
-

2.5.2. El proceso de planificación y programación

Un aspecto clave en la gestión de mantenimiento es la distinción entre planificar qué se va a hacer y con qué recursos y programar cuándo se va a hacer.

- Planificación: antes de intervenir, se deben asegurar los repuestos en el pañol, las herramientas especiales y los permisos de seguridad. Una mala planificación deriva en tiempos muertos del personal técnico frente al equipo parado.
- Programación: se asigna una fecha y hora a la intervención, coordinando con el departamento de Producción.

2.5.3. Gestión de la información y control operativo

García Garrido (2003) Establece que “La eficacia de la gestión de mantenimiento depende de la capacidad de transformar la actividad diaria en indicadores de gestión. Esto se logra mediante la interacción técnica entre la Orden de Trabajo (captura) y el software de gestión (procesamiento)”⁷.

A. La Orden de Trabajo como fuente de datos primaria

⁶ García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid, España.

⁷ García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid, España.



La OT es el documento que pone en marcha el mantenimiento. Su importancia radica en que es la única herramienta capaz de recolectar datos con la precisión necesaria para el análisis posterior. Una OT bien gestionada debe cumplir tres funciones técnicas:

- Función comunicativa: notifica al técnico qué debe hacer y dónde.
- Función de captura: registra el feedback real qué avería se encontró, qué solución se aplicó y qué materiales se retiraron del pañol.
- Función de control de costos: permite imputar horas-hombre y repuestos a un activo específico, facilitando el cálculo del costo real de mantenimiento por equipo.

B. El GMAO como sistema de procesamiento

El software de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO) es el elemento que relaciona los datos de las OT con el resto de la planta. Un GMAO no gestiona por sí solo, sino que organiza la información para que el gestor decida. Las etapas clave para su funcionamiento estratégico son:

- Codificación jerárquica: el sistema debe tener inventariados todos los activos, repuestos y tareas mediante códigos unívocos. Sin una codificación rigurosa de materiales, el sistema de información falla en su base.
- Definición de gamas de mantenimiento: el GMAO permite programar las tareas periódicas mediante protocolos que aseguran que el mantenimiento preventivo sea estandarizado y no dependa de la memoria del técnico.
- Flujos de operación: el software debe reflejar la realidad del taller: apertura de OT, gestión de compras y salidas de almacén.

C. Transformación de datos en información estratégica

El aporte más crítico de la gestión de información es la distinción entre acumular números y generar información. Listar las paradas de 500 equipos son solo datos; la información real surge cuando el GMAO agrupa esos datos por líneas, áreas o zonas. La meta es obtener KPIs claros como la disponibilidad de una línea completa, que permitan identificar qué activo está costando más dinero o cuál es el cuello de botella de la producción.

2.5.4. Gestión de recursos humanos y productividad



La gestión de mantenimiento también es gestión de personas. La productividad del personal suele ser baja debido a problemas organizativos como viajes al almacén, esperas por herramientas o falta de instrucciones claras. Las gamas de mantenimiento protocolos detallados que indican paso a paso cómo realizar una tarea preventiva aseguran la estandarización y evitan errores por falta de experiencia. La polivalencia, que fomenta que los técnicos tengan conocimientos básicos de diversas disciplinas, permite resolver averías menores sin esperar a un especialista.

2.5.5. Auditorías y mejora continua

La gestión debe ser auditada periódicamente para identificar desviaciones. No se trata de auditar el estado de las máquinas, sino la salud del sistema: ¿Se cierran las OT a tiempo? ¿El preventivo se cumple según lo programado? ¿Los indicadores reflejan la realidad?

Gestión de indicadores de mantenimiento

“La gestión de indicadores constituye un pilar fundamental dentro de la administración del mantenimiento industrial, ya que permite medir, evaluar y controlar el desempeño de los procesos asociados a la gestión de activos. Los indicadores de gestión representan herramientas cuantitativas que transforman datos operativos en información útil para la toma de decisiones, facilitando el análisis del cumplimiento de objetivos y la identificación de oportunidades de mejora”⁸ (Pérez Rondón, 2021).

La gestión de indicadores no se limita únicamente a la medición de variables, sino que implica un proceso integral que abarca la definición de indicadores, la recolección y validación de datos, el análisis de resultados y la retroalimentación del sistema. Este enfoque permite consolidar una gestión basada en información confiable, orientada a la mejora continua y al incremento de la confiabilidad operacional.

Propósito de los indicadores

El propósito principal de los indicadores de gestión es proporcionar información clara, precisa y oportuna sobre el desempeño del sistema de mantenimiento. A través de su utilización es posible:

- Evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos.

⁸ Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Ediciones USTA — Universidad Santo Tomás. Bucaramanga, Colombia.



- Identificar desviaciones en los procesos.
- Apoyar la toma de decisiones.
- Optimizar el uso de recursos.
- Implementar estrategias de mejora continua.

Características de los indicadores

Para que un indicador sea efectivo dentro de la gestión del mantenimiento, debe cumplir con ciertas características fundamentales:

- Claridad: deben ser comprensibles y fáciles de interpretar.
- Relevancia: deben enfocarse en aspectos críticos del proceso.
- Confiabilidad: basados en datos precisos y verificables.
- Oportunidad: disponibles en el momento adecuado.
- Comparabilidad: permiten evaluar la evolución en el tiempo.

2.5.6. Tipos de indicadores y control de órdenes de trabajo

La gestión del mantenimiento moderno requiere un enfoque multidimensional que permita evaluar el sistema desde diversas perspectivas. Los indicadores no deben verse como datos aislados, sino como herramientas métricas clasificadas según el objetivo que pretenden auditar.

A. Taxonomía de los indicadores de gestión

- Indicadores de eficacia y eficiencia: la eficacia mide el grado de cumplimiento de las metas y objetivos establecidos “el que”, como alcanzar un nivel de disponibilidad específico. La eficiencia analiza la relación entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos “el cómo”, buscando la optimización del esfuerzo.
- Indicadores técnicos (ingeniería de confiabilidad): incluyen la Confiabilidad (MTBF), que analiza el comportamiento frente a fallas; la Mantenibilidad (MTTR), que evalúa la rapidez y facilidad de reparación; y la Disponibilidad, que representa el tiempo real en que los equipos están operativos para producir.



- Indicadores de gestión y calidad: miden el nivel de organización y el rigor técnico de las actividades, reduciendo el riesgo de retrabajos o fallas prematuras tras una reparación.
- Indicadores económicos: analizan los costos asociados a mano de obra, repuestos, servicios externos para garantizar la rentabilidad de la gestión y el cumplimiento del presupuesto.

B. Control operativo mediante la Orden de Trabajo

Las Órdenes de Trabajo constituyen la base operativa del mantenimiento, por lo que su análisis mediante indicadores permite evaluar el desempeño real del sistema. Según Pérez Rondón (2021), el control de las órdenes de trabajo es esencial para garantizar la trazabilidad y la eficiencia, permitiendo una transición de un modelo reactivo a uno proactivo.

- Cumplimiento de Órdenes de Trabajo: mide el porcentaje de OT ejecutadas respecto a las programadas en un período determinado. Un bajo cumplimiento suele indicar una planificación deficiente, falta de recursos o excesiva carga de correctivo.
- Tiempo de ejecución y mantenibilidad: evalúa el tiempo real necesario para completar una OT desde que se inicia la labor técnica hasta su cierre. Está ligado al MTTR.
- Flujo de órdenes generadas vs. cerradas: refleja la capacidad de respuesta del departamento. La brecha entre ambos datos alimenta directamente el Backlog.
- Backlog de mantenimiento: representa la acumulación de órdenes pendientes de ejecución, expresada en semanas de trabajo para la dotación disponible.
- Distribución de OT por tipo: clasifica las órdenes en correctivo, preventivo y predictivo. Un sistema saludable debería mostrar predominancia de OT programadas sobre las de emergencia.
- Índice de reprogramación: mide la cantidad de OT que deben ser calendarizadas nuevamente por no ejecutarse según lo planificado.

2.6. Gestión de inventarios

“La gestión de inventarios comprende el conjunto de actividades orientadas a la planificación, control y administración de los materiales necesarios para el funcionamiento



de una organización, con el objetivo de garantizar su disponibilidad en el momento oportuno y al menor costo total posible.

Desde una perspectiva sistémica, los inventarios constituyen un elemento clave dentro de la cadena de suministro, actuando como un mecanismo de desacople entre distintas etapas del proceso productivo. Permiten absorber variaciones en la demanda, compensar fluctuaciones en los tiempos de suministro y garantizar la continuidad de las operaciones. Los inventarios no solo cumplen una función operativa, sino también económica, ya que su correcta administración impacta directamente en la competitividad de la organización”⁹ (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009).

En el contexto del mantenimiento industrial, la gestión de inventarios presenta particularidades que la diferencian de otros entornos productivos. La demanda de repuestos y materiales no responde a un patrón completamente determinístico, sino que está influenciada por la ocurrencia de fallas, las condiciones operativas de los equipos y las estrategias de mantenimiento implementadas. Esta incertidumbre obliga a adoptar enfoques de gestión más robustos, capaces de equilibrar la disponibilidad de materiales con la minimización de costos.

Uno de los aspectos centrales en la administración de inventarios es el análisis integral de los costos asociados, que pueden clasificarse en costos de mantenimiento o posesión, costos de pedido y costos por faltantes. En el ámbito del mantenimiento, los costos por faltantes adquieren una relevancia aún mayor, ya que pueden derivar en paradas de planta, pérdidas de producción, incumplimientos contractuales e incluso riesgos para la seguridad operativa. Por lo tanto, la decisión sobre los niveles de inventario no debe basarse únicamente en criterios financieros, sino también en la criticidad de los activos involucrados.

En este sentido, la gestión de inventarios debe abordarse como un proceso dinámico, basado en el análisis de datos históricos, la evaluación de riesgos y la integración con otras áreas de la organización, como mantenimiento, compras y producción. El desafío principal radica en lograr un equilibrio óptimo entre disponibilidad y costo, considerando no solo variables económicas, sino también operativas y estratégicas.

2.6.1 Metodología de inventarios

La gestión de inventarios se apoya en modelos cuantitativos y metodologías que permiten definir políticas de reposición eficientes. Uno de los enfoques más relevantes es la determinación de niveles de control mediante parámetros como el stock mínimo, el stock de seguridad y el punto de reorden, que actúan como elementos reguladores del sistema.

⁹ Chase, R. B., Jacobs, F. R. y Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros* (12.ª ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores, S. A. de C. V. México.



El stock mínimo establece el nivel operativo básico necesario para evitar interrupciones en el suministro, mientras que el stock de seguridad se incorpora como mecanismo de protección frente a la incertidumbre en la demanda o en los tiempos de reposición. El punto de reorden define el momento preciso en el cual debe emitirse una orden de compra, calculado en función del consumo esperado durante el tiempo de reposición más el stock de seguridad.

Desde el punto de vista metodológico, los sistemas de inventarios pueden clasificarse en sistemas de revisión continua (Q) y sistemas de revisión periódica (P) (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009). En los sistemas de revisión continua, el nivel de inventario es monitoreado de manera constante, y se genera una orden de reposición cada vez que se alcanza el punto de reorden. Los sistemas de revisión periódica se basan en la revisión del inventario en intervalos de tiempo predefinidos, generando pedidos que buscan restablecer el nivel de stock hasta un valor objetivo.

Otro modelo ampliamente utilizado es el de cantidad económica de pedido (EOQ), cuyo objetivo es determinar el tamaño óptimo de lote que minimiza el costo total del inventario, considerando el equilibrio entre los costos de pedido y los costos de almacenamiento. En entornos más complejos, donde la demanda presenta variabilidad, resulta necesario incorporar modelos probabilísticos que permitan ajustar los niveles de stock en función del nivel de servicio requerido.

2.6.2. Clasificación de inventarios

Dentro de las herramientas utilizadas en la gestión de inventarios, se destacan aquellas orientadas a la clasificación y segmentación de materiales, que permiten establecer políticas diferenciadas de control según la importancia y comportamiento de cada ítem.

Clasificación ABC

“La clasificación ABC es una metodología de segmentación de inventarios basada en el principio de Pareto, que permite identificar aquellos ítems que tienen mayor impacto económico dentro del total del stock. Esta técnica constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones, ya que permite establecer prioridades de control y asignar recursos de manera eficiente” ¹⁰ (Vidal Holguín, 2010). En la mayoría de los sistemas de inventario, un pequeño porcentaje de los ítems concentra la mayor parte del valor total, lo que justifica la necesidad de aplicar controles más rigurosos sobre estos elementos.

La clasificación se estructura generalmente en tres categorías:

¹⁰ Vidal Holguín, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Programa Editorial Universidad del Valle. Cali,



- Clase A: Ítems de alta importancia económica, que requieren control estricto, seguimiento continuo y políticas de reposición optimizadas.
- Clase B: Ítems de importancia intermedia, con controles moderados.
- Clase C: Ítems de bajo valor económico, que pueden gestionarse con controles más simples y políticas menos estrictas.

Una adecuada gestión de los ítems clase A puede generar reducciones significativas en el capital invertido en inventarios, mejorando la eficiencia financiera de la organización. Por su parte, la clasificación de inventarios permite simplificar la complejidad del sistema logístico, facilitando la implementación de estrategias diferenciadas de control en función de la criticidad de los materiales.

Variabilidad de la demanda

Uno de los aspectos más relevantes en la gestión de inventarios es el comportamiento de la demanda, especialmente su variabilidad. Este factor es determinante en la definición de políticas de abastecimiento, niveles de inventario de seguridad y puntos de reposición. Uno de los errores más comunes en la práctica empresarial es definir los niveles de inventario únicamente en función de la demanda promedio, sin considerar su variabilidad. Esta simplificación puede generar importantes desbalances, ya que productos con alta variabilidad requieren mayores niveles de seguridad, mientras que aquellos con demanda estable pueden gestionarse con menores stocks.

Clasificación XYZ

La clasificación XYZ surge como una herramienta complementaria a la metodología ABC, enfocándose en el análisis del comportamiento de la demanda en lugar del valor económico de los ítems. Este método permite segmentar los inventarios en función de la variabilidad del consumo, clasificándolos en:

- Clase X: demanda estable y predecible, con baja variabilidad.
- Clase Y: demanda con variaciones moderadas, generalmente influenciada por factores estacionales o tendencias.
- Clase Z: demanda irregular o errática, con alta incertidumbre y difícil predicción.



“ La variabilidad debe considerarse como un elemento central en el diseño de los sistemas de control, ya que influye directamente en la determinación de inventarios de seguridad y en el nivel de servicio ofrecido ” ¹¹ (Vidal Holguín, 2010). Adaptar las políticas de inventario a las características específicas de la demanda justifica la utilización de herramientas como la clasificación XYZ para una gestión más eficiente.

Clasificación combinada ABC–XYZ

La integración de las clasificaciones ABC y XYZ permite desarrollar una herramienta de análisis más completa, que combina el impacto económico de los ítems con su comportamiento de demanda. Esta matriz de clasificación facilita la toma de decisiones estratégicas en la gestión de inventarios, permitiendo definir políticas diferenciadas para cada tipo de material:

- Ítems AX: alta importancia económica y demanda estable → control estricto y planificación precisa.
- Ítems AZ: alta importancia económica y demanda errática → alto riesgo, requieren estrategias especiales.
- Ítems CZ: bajo valor y demanda irregular → control mínimo.

“ La correcta segmentación de los inventarios permite optimizar simultáneamente el nivel de servicio y los costos, mediante la aplicación de modelos de control adecuados a cada categoría ” ¹² (Vidal Holguín, 2010). En el ámbito del mantenimiento industrial, la aplicación de estos modelos debe adaptarse a las particularidades del sistema, incorporando variables como la criticidad de los equipos, la frecuencia de fallas y el impacto de las paradas de producción.

2.6.3 Localización física y diseño de layout del almacén de mantenimiento

La administración de inventarios en un entorno industrial no es un ejercicio puramente contable; es, ante todo, una disciplina logística y física. Según Muller (2005)

¹¹ Vidal Holguín, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Programa Editorial Universidad del Valle. Cali, Colombia.

¹² Vidal Holguín, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Programa Editorial Universidad del Valle. Cali, Colombia.



“la localización física constituye el cimiento sobre el cual se construye la precisión de todo el sistema. En una planta de proceso continuo, la incapacidad de localizar un repuesto crítico en el almacén anula cualquier esfuerzo previo de planificación”¹³.

Por lo tanto, el sistema de localización debe ser formal, uniforme y estar integrado con los registros de mantenimiento para garantizar que la disponibilidad teórica de los materiales coincida con la disponibilidad física.

"Si no se puede hallar un artículo, no se podrá contar, ni utilizar para llenar una orden de trabajo."

El lay out o disposición de planta del almacén es el diseño del flujo de materiales y la organización del espacio cúbico. Muller (2005) “Describe Un diseño deficiente genera costos ocultos relacionados con el tiempo de búsqueda, la fatiga del operario y el deterioro de los materiales por manipulación excesiva”¹⁴. Para que el layout contribuya a la precisión permanente del inventario, debe estructurarse bajo tres hitos operativos:

- Formalización del sistema: todas las áreas recibo, estanterías, zonas de despacho, áreas de cuarentena deben estar claramente delimitadas y codificadas.
- Seguimiento de movimientos: el diseño debe facilitar el rastreo del producto desde su llegada al muelle de recibo hasta su ubicación final de almacenamiento.
- Puntos de uso y embarque: el layout debe minimizar la distancia recorrida para el despacho de materiales hacia las áreas de mantenimiento o puntos de uso críticos en la planta.

Sistemas esenciales de localización física

. Muller (2005) identifica tres metodologías principales para organizar las unidades de existencia (SKUs), cada una con impactos distintos en el planeamiento del espacio y la agilidad del picking:

- Sistema de localización fija (Fixed Location): cada número de parte tiene asignada una dirección única y permanente en el almacén. Facilita la memorización por parte del personal y permite un despacho extremadamente rápido de artículos críticos, aunque es ineficiente en el uso del espacio.

¹³ Muller, M. (2005). *Fundamentos de administración de inventarios*. Grupo Editorial Norma. Bogotá, Colombia

¹⁴ *Ibíd.*



- Sistema de localización aleatoria (Random Location): los artículos se ubican en cualquier espacio disponible. Maximiza la utilización del volumen cúbico del almacén, pero depende estrictamente de la tecnología informática.
- Sistema de localización por zonas (Zone Location): consiste en dividir el almacén en áreas específicas basadas en características comunes. Combina beneficios de los anteriores y permite especializar el equipo de manejo de materiales según la zona asignada.

Teorías sobre la colocación de artículos.

La disposición específica de los productos dentro de las estanterías debe responder a principios de optimización logística.

. Muller (2005) propone las siguientes teorías:

Los artículos con mayor rotación (Clase A) deben situarse en las zonas de oro: ubicaciones a la altura del pecho y cerca de los pasillos principales o ventanillas de despacho. Los artículos de baja rotación (Clase C) se desplazan a niveles superiores o zonas periféricas del almacén. Asimismo, deben almacenarse juntos aquellos artículos que suelen solicitarse de forma conjunta en una Orden de Trabajo. La compatibilidad física establece la necesidad de separar artículos que puedan contaminarse entre sí o que representen un riesgo combinado.

Codificación y señalética

Para que el sistema de localización funcione, cada ubicación debe tener un nombre alfanumérico lógico. Una estructura recomendada es: Zona – Pasillo – Estante – Nivel – Compartimento (Z–P–E–N–C). Esta codificación permite que cualquier persona, incluso sin experiencia previa en ese almacén específico, pueda localizar un ítem siguiendo una lógica de coordenadas, reduciendo drásticamente el tiempo de entrenamiento y los errores de picking.

Índice de desocupación

El Índice de Desocupación es una métrica fundamental para evaluar si la filosofía de almacenamiento actual es la adecuada. Mide qué tanto espacio queda libre frente a la capacidad total. Un índice demasiado alto sugiere una subutilización de la inversión en infraestructura. Un índice demasiado bajo indica saturación operativa, con riesgo de accidentes y errores. Un almacén con una localización física bien estructurada permite

realizar auditorías diarias por ubicación, asegurando que el stock físico coincida con el stock del sistema con una fiabilidad superior al 95%, y se traduce en una reducción directa del MTTR al eliminar los tiempos de espera causados por la desorganización de los materiales.

2.7. Costos de inventario

Según Vidal Holguín (2010), “la administración eficiente de inventarios debe enfocarse en la optimización del costo total del sistema, considerando la interacción entre los distintos tipos de costos involucrados. Este enfoque integral evita decisiones parciales que, si bien pueden reducir un costo específico, generan incrementos en otros”¹⁵.

“El control de inventarios tiene como objetivo lograr un equilibrio entre la disponibilidad de materiales y la minimización de los costos asociados ” ¹⁶ (Carreño, 2017).

2.7.1. Clasificación de los costos de inventario

Los costos de inventario pueden clasificarse en tres grandes categorías: costos de mantenimiento, costos de pedido y costos de faltante.

Costos de mantenimiento o almacenamiento

Los costos de mantenimiento, también conocidos como costos de posesión, corresponden a aquellos generados por mantener materiales en inventario durante un período determinado. Incluyen: capital inmovilizado en inventarios, costos de almacenamiento físico (infraestructura, energía, mantenimiento), seguros e impuestos, deterioro, obsolescencia y pérdidas, y costos administrativos de gestión. Estos costos suelen expresarse como un porcentaje del valor del inventario.

Costos de pedido o adquisición

Los costos de pedido están asociados al proceso de reposición de inventarios y se generan cada vez que se realiza una orden de compra, independientemente de la cantidad solicitada. Incluyen: gestión y emisión de órdenes de compra, costos administrativos, transporte y logística, y recepción, inspección y almacenamiento inicial. Estos costos

¹⁵ Vidal Holguín, C. J. (2010). Fundamentos de control y gestión de inventarios. Programa Editorial Universidad del Valle. Cali, Colombia.

¹⁶ Carreño Solís, A. (2011). Logística de la A a la Z. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.



suelen ser relativamente constantes por pedido, lo que influye directamente en la frecuencia de reposición.

Costos de faltante o ruptura de stock

Los costos de faltante se generan cuando no se dispone del material necesario en el momento requerido. En el ámbito industrial, estos costos pueden incluir paradas de producción, pérdida de eficiencia operativa, costos de mantenimiento correctivo de emergencia, riesgos de seguridad y ambientales, e incumplimiento de compromisos productivos. Estos costos no siempre son fácilmente cuantificables, pero su impacto puede ser significativamente mayor que el de otros costos.

Relación entre los costos de inventario y enfoque de costo total

Uno de los aspectos más relevantes en la gestión de inventarios es la interdependencia entre los distintos tipos de costos: un incremento en el nivel de inventario reduce el riesgo de faltantes, pero aumenta los costos de mantenimiento; una reducción del inventario disminuye los costos de almacenamiento, pero incrementa la probabilidad de ruptura de stock. Esta relación genera un problema de optimización en el cual el objetivo es minimizar el costo total del sistema. El enfoque de costo total plantea que la gestión de inventarios debe orientarse a minimizar la suma de todos los costos involucrados, considerando simultáneamente el nivel de inventario, la frecuencia de reposición y el nivel de servicio.

2.8. Gestión del pañol de mantenimiento y abastecimiento estratégico

La gestión del pañol y el abastecimiento de materiales representan un eslabón crítico en la cadena de la confiabilidad operacional de los equipos. Según Arata (2012), "La gestión de pañol debe evolucionar de un enfoque administrativo tradicional hacia un modelo de abastecimiento competitivo y estratégico, donde la función principal es garantizar que el flujo de equipos, repuestos e insumos esté alineado con las necesidades reales de la mantenibilidad del sistema"¹⁷.

¹⁷ Arata Andreani, A. (2009). *Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. Aplicación de la Plataforma R-MES* (1.ª ed.). RIL editores. Santiago de Chile, Chile.



2.8.1. Metodología de abastecimiento estratégico en el pañol

La eficiencia del pañol depende de la integración de cinco etapas fundamentales que transforman la logística de mantenimiento en una ventaja competitiva:

- Análisis de la demanda: el pañol debe actuar como el principal emisor de información sobre el consumo y la rotación de materiales, definiendo variables críticas como el precio, la cantidad necesaria y el nivel de servicio requerido.
- Análisis de la oferta y homologación: la gestión técnica debe generar criterios de validación y homologación de productos y servicios, asegurando que los insumos recibidos cumplan con las especificaciones de ingeniería.
- Estrategia de abordaje y negociación: el abastecimiento estratégico busca consolidar relaciones con proveedores preseleccionados que ofrezcan garantías en las cláusulas contractuales de soporte técnico y tiempos de entrega.
- Implementación y control: el pañol es el encargado de ejecutar el control y seguimiento de lo establecido en los contratos, apoyando la implementación de oportunidades de mejora.

2.8.2. Gestión estratégica de insumos críticos

“La gestión de insumos críticos se define como el conjunto de procesos técnicos y logísticos destinados a garantizar que aquellos elementos cuya falla o ausencia impacta severamente en la disponibilidad, seguridad o costos operativos, se encuentren bajo un control riguroso. La criticidad de un insumo no siempre es proporcional a su valor económico unitario, sino a su capacidad de paralizar la función de un activo” ¹⁸ (Arata, 2012).

La gestión de insumos críticos no termina con la compra, continúa con el almacenamiento. Un insumo puede degradarse antes de ser instalado si las condiciones de almacenamiento no son las adecuadas. Esto requiere control de condiciones ambientales protección contra humedad, polvo, variaciones de temperatura o vibraciones y aplicación del principio PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir) para evitar que materiales críticos queden obsoletos o degradados en estantería.

2.8.3. Objetivos estratégicos de la gestión de materiales para la confiabilidad

¹⁸ Arata Andreani, A. (2009). *Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. Aplicación de la Plataforma R-MES* (1.ª ed.). RIL editores. Santiago de Chile, Chile.



Para que la administración del pañol actúe como un facilitador de la confiabilidad operacional, su gestión debe trascender el control transaccional y alinearse con los siguientes pilares:

- Aseguramiento de la disponibilidad de repuestos: no busca el almacenamiento masivo, sino la existencia del repuesto justo en el momento oportuno, gestionada a través de un análisis de criticidad de repuestos que pondera el impacto de la falta de una pieza frente a su probabilidad de falla.
- Garantía de trazabilidad integral: el registro histórico que permite reconstruir la vida de un componente desde su adquisición hasta su disposición final. La trazabilidad es esencial para el análisis de causa raíz (RCA) y para la vinculación con la Orden de Trabajo.
- Optimización del costo total de propiedad : considera el precio de compra, costos de posesión, riesgo de obsolescencia y costo de la no-calidad —el impacto económico derivado de utilizar un insumo de menor precio que induce fallas frecuentes.

2.8.4. Índices de gestión de almacenes y compras

Según García Garrido (2003), “la evaluación del desempeño del pañol requiere un sistema de indicadores que mida la eficiencia en el uso de los recursos. Los principales indicadores son:

- Consumo de materiales en mantenimiento: permite segregar el gasto real de materiales destinados exclusivamente a la preservación de activos frente a otros consumos.
- Rotación del almacén: cociente entre el valor de los repuestos consumidos totales y el valor del inventario en stock. Una rotación muy baja suele indicar la presencia de repuestos obsoletos o una sobreestimación de los stocks de seguridad.
- Eficiencia en el origen de materiales: si la gestión es eficiente, la mayor parte del material debería provenir del almacén, y solo una pequeña fracción ser de compra directa para uso inmediato.
- Tiempo medio de demora: promedio de días de retraso en la entrega de pedidos respecto a la fecha pactada. Un índice alto es un riesgo directo para la planificación de las paradas de planta.

- Proporción de pedidos con retraso: porcentaje de pedidos que llegaron fuera de plazo sobre el total de pedidos realizados.”¹⁹

2.9. Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001

La norma ISO 9001:2015 establece los requisitos para implementar un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), cuyo propósito es mejorar la capacidad de las organizaciones para proporcionar productos y servicios de manera consistente, satisfaciendo los requisitos de los clientes y promoviendo la mejora continua de sus procesos (International Organization for Standardization [ISO], 2015).

Uno de los aspectos más importantes de esta norma es el enfoque basado en procesos, el cual considera que todas las actividades de una organización se encuentran relacionadas entre sí y deben gestionarse de manera coordinada para lograr resultados eficientes. Este enfoque permite identificar las entradas y salidas de cada proceso, establecer responsables, definir indicadores de desempeño y controlar los riesgos asociados a las operaciones. En consecuencia, la organización puede mejorar la utilización de sus recursos, reducir errores y optimizar el desempeño de sus procesos (ISO, 2015).²⁰

En el área de mantenimiento y en la gestión de inventarios de repuestos, la aplicación de un Sistema de Gestión de la Calidad favorece la estandarización de las actividades vinculadas con la recepción, almacenamiento, identificación, conservación y despacho de materiales. La existencia de procedimientos documentados permite que estas tareas se desarrollen bajo criterios uniformes, facilitando la trazabilidad de la información, disminuyendo la posibilidad de errores operativos y asegurando que los materiales se encuentren disponibles cuando sean requeridos.

Asimismo, la norma destaca la importancia de mantener información documentada que respalde la ejecución de los procesos y permita demostrar el cumplimiento de los requisitos establecidos. En la gestión del pañol, esta documentación comprende procedimientos, instructivos, registros de ingreso y egreso de materiales, inventarios físicos y demás documentos necesarios para garantizar el control de los repuestos y la confiabilidad de la información registrada (ISO, 2015).²¹

Otro aspecto relevante es la definición de responsabilidades y la capacitación del personal. La asignación clara de funciones, junto con la formación adecuada de los trabajadores, contribuye a que las actividades sean ejecutadas de manera uniforme y

¹⁹ García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid, España.

²⁰ International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015. Sistemas de gestión de la calidad—Requisitos. ISO.

²¹ International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015. Sistemas de gestión de la calidad—Requisitos. ISO.



conforme a los procedimientos establecidos. Esto permite reducir la dependencia del conocimiento individual, mejorar la coordinación entre las áreas de mantenimiento, compras y almacén, y fortalecer la eficiencia operativa.

Finalmente, la mejora continua constituye uno de los principios fundamentales de la norma ISO 9001:2015. A través del seguimiento de indicadores, auditorías internas y la evaluación permanente del desempeño de los procesos, las organizaciones pueden identificar oportunidades de mejora e implementar acciones que incrementen la eficacia del sistema de gestión. En el contexto de la presente investigación, estos principios proporcionan una base metodológica para el diseño de procedimientos orientados a optimizar la gestión del pañol, mejorar la trazabilidad de los repuestos críticos y contribuir a la continuidad operativa de la planta de bioetanol (ISO, 2015).²²

2.10. Gestión de activos ISO 55001

La norma **ISO 55001:2014** establece los requisitos para implementar un Sistema de Gestión de Activos, orientado a maximizar el valor que los activos físicos generan a lo largo de su ciclo de vida. Su propósito es proporcionar un marco de gestión que permita a las organizaciones administrar sus activos de manera sistemática, alineando las decisiones técnicas, operativas y económicas con los objetivos estratégicos de la organización (International Organization for Standardization [ISO], 2014).²³

En el ámbito industrial, los activos comprenden equipos, instalaciones, sistemas productivos e infraestructura, cuya disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad resultan esenciales para garantizar la continuidad operacional y el cumplimiento de los objetivos de producción. La norma propone un enfoque basado en el ciclo de vida de los activos, considerando todas las etapas, desde la planificación y adquisición hasta la operación, el mantenimiento, la renovación y la disposición final. Este enfoque permite optimizar el desempeño de los activos durante toda su vida útil, equilibrando aspectos relacionados con el costo, el riesgo y el rendimiento esperado.

Asimismo, la ISO 55001 promueve la toma de decisiones sustentada en información confiable y en el análisis de datos provenientes de la operación y el mantenimiento. La disponibilidad de registros históricos, indicadores de desempeño y análisis de fallas permite priorizar intervenciones, optimizar los recursos disponibles y establecer

²² *Ibid.*

²³ International Organization for Standardization. (2014). ISO 55001:2014. Gestión de activos. Sistemas de gestión. Requisitos. ISO.



estrategias de mantenimiento acordes con la criticidad de cada activo. Estas prácticas favorecen una gestión más eficiente y reducen la probabilidad de interrupciones no planificadas en los procesos productivos (ISO, 2014).²⁴

Entre los principios que orientan la gestión de activos pueden destacarse la administración del riesgo, la evaluación de la criticidad de los equipos, la planificación de las actividades de mantenimiento y la integración de la información entre las distintas áreas de la organización. La aplicación de estos principios facilita la asignación eficiente de recursos, mejora la disponibilidad de los activos y contribuye a la sostenibilidad económica de las operaciones.

En el contexto de la gestión del inventario de repuestos críticos, la norma adquiere especial importancia, ya que promueve la coordinación entre las áreas de mantenimiento, almacén y compras para asegurar que los recursos necesarios se encuentren disponibles cuando sean requeridos. La correcta planificación de los inventarios, basada en la criticidad de los equipos y en el historial de consumo de repuestos, permite reducir tanto el riesgo de desabastecimiento como los costos derivados del sobrestock, contribuyendo a mejorar la confiabilidad del proceso de mantenimiento.

Finalmente, el enfoque de mejora continua incorporado por la ISO 55001 impulsa a las organizaciones a evaluar permanentemente el desempeño de sus activos mediante indicadores de gestión, auditorías y revisiones periódicas del sistema. Esto favorece la identificación de oportunidades de mejora, incrementa la eficiencia operacional y fortalece la toma de decisiones estratégicas relacionadas con la gestión de los activos físicos .

En la presente investigación, los principios establecidos por la norma ISO 55001 constituyen el marco conceptual para integrar la gestión de activos con la administración del inventario de repuestos críticos. Su aplicación permitirá fortalecer la planificación del mantenimiento, mejorar la disponibilidad de materiales estratégicos y contribuir a incrementar la confiabilidad operacional de la planta de bioetanol mediante una gestión más eficiente de los recursos físicos.

²⁴ *Ibíd.*

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

3.1. Reseña de la empresa

La empresa Diaser S.A. y desarrolla sus actividades en los rubros agroindustrial y energético. Su modelo de negocio integra la producción primaria, la industrialización de alimentos y la generación de energías renovables (biodiesel, bioetanol, biogás y energía solar fotovoltaica).

Ubicación geográfica

Diaser posee establecimientos productivos en distintos puntos de la Provincia de San Luis, Argentina. Su sede principal y primeras unidades industriales se encuentran en la Ciudad de San Luis (Parque Industrial Sur y Parque Industrial Norte). Asimismo, cuenta con una planta de Bioetanol en la Zona de Actividades Logísticas de Villa Mercedes y con parques solares en la región de La Cumbre.

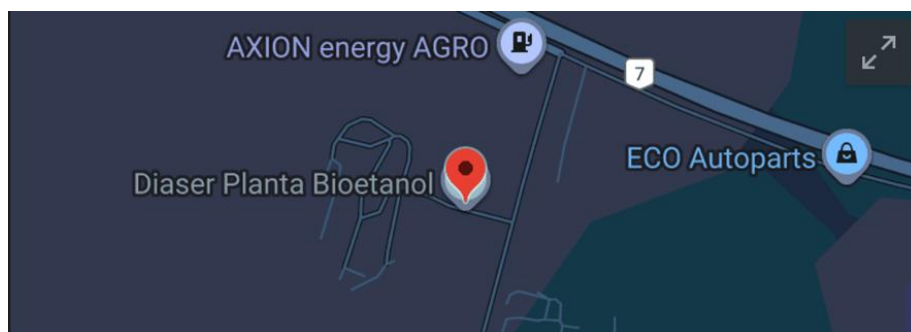


Figura 6 Ubicación de La planta

Fuente Google Maps 2026

Breve historia y desarrollo

La empresa fue fundada en 1968 por Efraín Szuchet, iniciando sus operaciones en el ámbito agro ganadero con la estancia "Los Puquios". Durante los años noventa incorporó la producción lechera y, en 2004, se expandió hacia la industrialización de alimentos con la instalación de una planta de barras de cereales de tecnología holandesa. Posteriormente, en 2006 inauguró su primera planta de Biodiésel en la Ciudad de San Luis, y en 2014 su planta de Bioetanol en Villa Mercedes, marcando un fuerte avance en el campo de los biocombustibles. El bioetanol se consolidó como la base de los combustibles líquidos modernos, ya que se utiliza como componente esencial en la mezcla



con las naftas, aportando un producto renovable, menos contaminante y estratégico para la matriz energética nacional.

En línea con su visión de sostenibilidad, a partir de 2018 la empresa comenzó a invertir en energías renovables mediante la construcción y operación de parques solares fotovoltaicos, sumando posteriormente la central de Biogás en 2024. Finalmente, en 2025 inició la operación de la planta de TCO en Villa Mercedes, dedicada a la producción de aceite de maíz, ampliando así su capacidad industrial y diversificando aún más sus negocios.

Capacidad productiva y líneas de negocio principales

Actualmente, Diaser cuenta con alrededor de 230 empleados y se posiciona como un referente nacional en la producción de:

- Barras de cereales: abasteciendo tanto el mercado interno como exportaciones.
- Biodiesel: a partir de materias primas de origen vegetal.
- Bioetanol de maíz: considerado la base del combustible en Argentina, dado su uso obligatorio en la mezcla con las naftas.
- Biogás: generando energía renovable en conjunto con la producción de bioetanol.
- Energía solar fotovoltaica: con tres parques en operación que, junto a la central de biogás, inyectan más de 11.000 MWh anuales, equivalentes aproximadamente al 4% del consumo eléctrico de la Provincia de San Luis.
- Aceite de maíz: desde 2025, en la planta de TCO en Villa Mercedes, nueva línea de negocio destinada a la industria alimenticia y como insumo para biocombustibles.

Con más de cinco décadas de trayectoria, Diaser se mantiene como una empresa familiar que apuesta al crecimiento regional y a la innovación tecnológica, consolidando un perfil diversificado y sostenible en el sector agroindustrial y energético.

3.2. Estructura organizacional

La planta de Villa Mercedes cuenta con una estructura organizacional orientada a la operación continua de sus procesos productivos y a la gestión eficiente de sus recursos.



Las áreas clave que la componen son: Producción, Mantenimiento, Logística, Calidad, Seguridad e Higiene, Administración y Compras.

El área de Mantenimiento se vincula de manera transversal con el resto de las áreas de la planta. Su relación más directa es con Producción, ya que las intervenciones sobre los equipos impactan directamente en la continuidad operativa del proceso. Asimismo, mantiene una estrecha coordinación con el sector Pañol que depende orgánicamente de Mantenimiento para la gestión y suministro de repuestos y con el área de Compras para la reposición de materiales. La articulación con Seguridad e Higiene es permanente, dado que toda intervención sobre equipos en operación requiere la emisión de permisos de trabajo.

3.3. Productos y procesos principales de la empresa

Descripción general de los procesos productivos

La planta de Diaser en Villa Mercedes se orienta a la producción de bioetanol de maíz, junto con sus coproductos : burlanda húmeda (DDGS húmeda), burlanda seca (DDGS seca) y, desde 2025, aceite de maíz. Estos productos surgen de un esquema productivo integrado, donde a partir del grano de maíz se obtiene un combustible renovable que constituye la base de las mezclas con naftas, y subproductos de alto valor para las industrias alimenticia, pecuaria y energética.

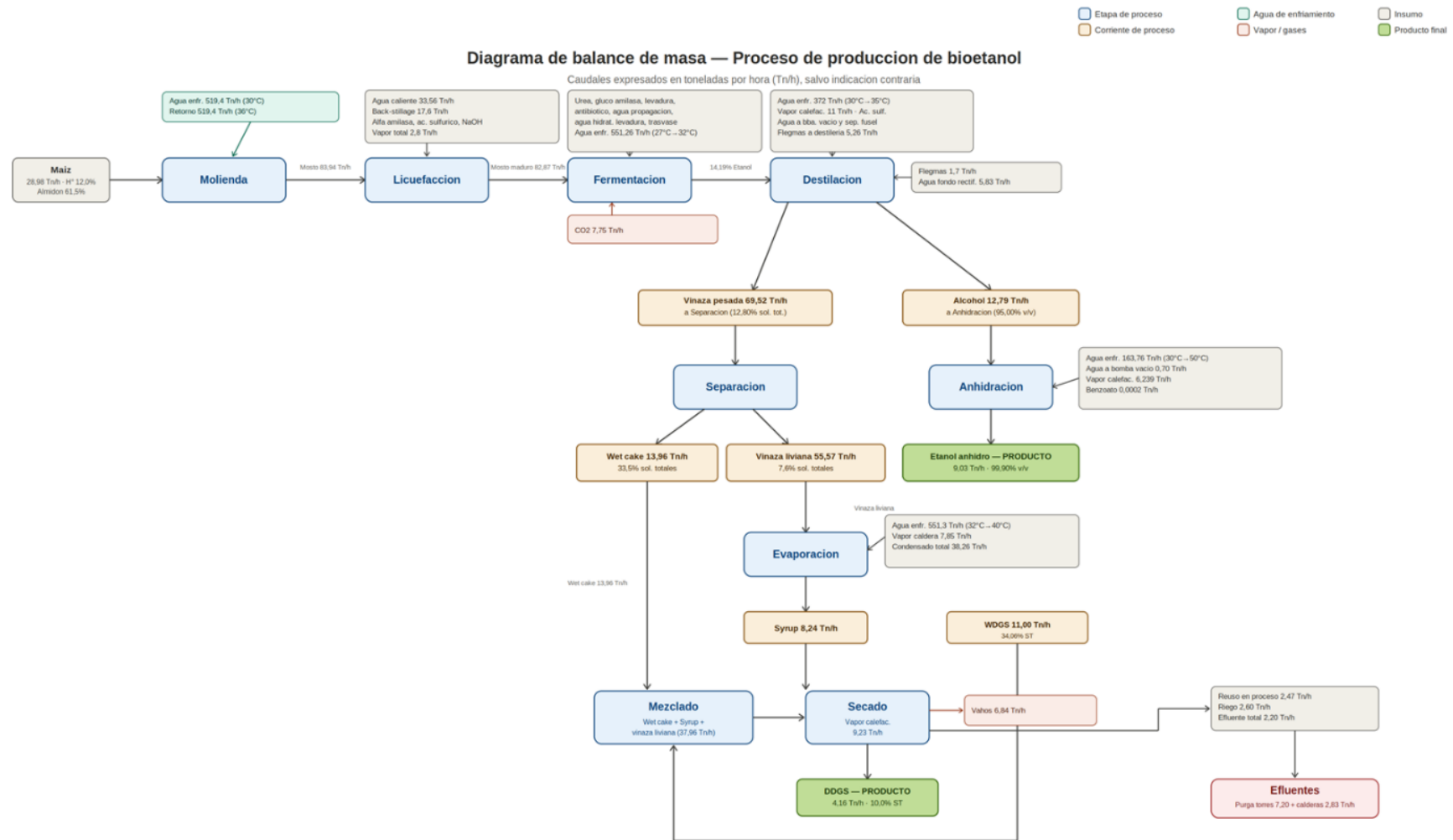


Figura 7 Diagrama de Proceso de Bioetanol

Fuente propia



Proceso de Acopio

El maíz ingresa a la planta proveniente de proveedores locales y es recepcionado en la zona de acopio, donde se realiza el pesaje en báscula y el análisis de calidad (humedad, impurezas y estado sanitario del grano). Una vez aprobado, el grano es derivado hacia los silos de almacenamiento, desde donde se alimenta al proceso de molienda de manera continua según los requerimientos de producción. El sistema de acopio cuenta con transportadores, elevadores de cangilones y silos de almacenamiento de diferentes capacidades, conformando la interfaz entre el suministro externo de materia prima y el proceso interno de transformación.

Proceso de Molienda

La molienda constituye la etapa inicial fundamental del proceso productivo, ya que a partir de ella se prepara el grano de maíz para su posterior transformación en bioetanol, burlanda húmeda, burlanda seca y aceite de maíz. El proceso comienza con el traslado del maíz desde los silos de almacenamiento mediante descarga por gravedad o a través de tornillos sin fin. Una vez extraído, el grano ingresa por medio de un reddler (CC0101) a la tolva principal (KT0101) y posteriormente a la cinta pesadora (WT0101), donde se regula el caudal de alimentación al sistema.

En esta etapa, el maíz pasa por una serie de equipos de separación de impurezas:

- Electroimanes e imanes permanentes: retiran partículas metálicas que podrían dañar los molinos.
- Zaranda vibratoria: elimina impurezas sólidas (piedras, restos vegetales, granos quebrados, etc.).
- Ciclones y filtros de mangas: separan y recuperan el polvo generado durante el transporte y la molienda, evitando pérdidas de materia prima y reduciendo emisiones de partículas al ambiente.

Una vez limpio, el grano se dirige a los molinos de martillo (HM0101/HM0102), que poseen un rotor con martillos que giran a gran velocidad, reduciendo los granos a un tamaño de partícula generalmente entre 2,0 y 3,0 mm. La granulometría obtenida es un aspecto crítico: determina la superficie de contacto del grano con el agua y las enzimas en la etapa de licuefacción, y condiciona directamente el rendimiento de bioetanol. El maíz molido se mezcla con agua caliente, vinaza liviana reciclada, polvo recuperado y enzima



alfa-amilasa, formando el slurry, suspensión homogénea que constituye la base para los procesos posteriores.

Proceso de Licuefacción

La licuefacción transforma el slurry procedente de la molienda en una corriente donde el almidón ha sido degradado a dextrinas, preparándolo para la posterior sacarificación y fermentación. Su objetivo operativo es iniciar la ruptura estructural del almidón para facilitar la acción de las enzimas que convertirán esas dextrinas en azúcares fermentables. Este paso condiciona directamente el rendimiento de bioetanol y la calidad de los coproductos.

El flujo del proceso comprende las siguientes etapas:

- Ingreso del slurry al tanque de pre-licuefacción (TR0203), donde se controlan nivel, temperatura y pH mediante dosificación de soda cáustica y enzima alfa-amilasa.
- Paso por el tanque de licuefacción a baja temperatura (TR0204) y el Jet Cooker (JC0201), donde se aplica calentamiento brusco con vapor a 10 bar para gelatinizar el almidón de forma uniforme.
- Recepción del mosto cocido en los tanques de alta temperatura (TR0217 y TR0218), donde se completa la dextrinización y se estabiliza la mezcla.
- Enfriamiento del mosto mediante intercambiadores de calor hasta 33°C, con aprovechamiento térmico de corrientes de proceso.
- Dosificación final de glucoamilasa y ajuste de pH antes del ingreso a los fermentadores.

Las variables críticas del proceso son la temperatura, el pH, la densidad del fluido y la ausencia de granos enteros que puedan taponar equipos aguas abajo. La redundancia en bombas y filtros, junto con la calibración permanente de los lazos automáticos de control, son requisitos indispensables para la operación continua y segura de esta etapa.

Proceso de Fermentación

La fermentación constituye una de las etapas centrales en la producción de bioetanol, ya que en ella se produce la conversión de los azúcares fermentables en etanol y dióxido de carbono mediante la acción de levaduras. En la planta de Villa Mercedes, este



proceso está diseñado para maximizar la eficiencia de transformación, garantizar la estabilidad microbiológica y obtener un mosto fermentado con la concentración adecuada de alcohol para su posterior destilación.

El proceso se desarrolla en las siguientes etapas:

- Propagación de levaduras: la levadura seca activa (*Saccharomyces cerevisiae*) se hidrata en el tanque de activación (TR0301) y se propaga en los tanques TR0302 y TR0303, donde incrementa su biomasa.
- Fermentación alcohólica: el mosto de maíz, enfriado a 32–34°C, se introduce en los fermentadores (TR0304 a TR0309) junto con la levadura propagada. Durante aproximadamente 48 a 60 horas, la levadura convierte los azúcares en etanol y CO_2 , manteniéndose el pH entre 4,3 y 4,8.
- Control y subproductos: el CO_2 liberado se conduce a un scrubber (TA0312) para su tratamiento. Los fermentadores cuentan con control automatizado de temperatura, nivel, pH y presión.
- Cuba o Beer Well: el mosto fermentado, con aproximadamente 12–14° GL de etanol, se conduce al tanque pulmón (TR0310), desde donde se alimenta de manera continua al área de destilación.

Proceso de Destilería

La etapa de destilación tiene como objetivo separar el etanol presente en el mosto fermentado aprovechando las diferencias en los puntos de ebullición de los componentes. El producto buscado es un etanol hidratado de alta pureza (95° GL), que posteriormente será deshidratado para obtener bioetanol grado combustible. La planta opera con un tren de columnas interconectadas a distintas presiones algunas al vacío y otras presurizadas lo que permite optimizar el consumo energético mediante integración térmica. El mosto fermentado ingresa precalentado a la columna evaporativa (TD0404), donde se produce la primera separación entre vapores ricos en alcohol y vinazas, que luego se concentran en las columnas rectificadoras (TD0402 y TD0403).

Proceso de Anhidración

El etanol al 95% obtenido de la destilería forma un azeótropo con el agua, lo que impide su separación completa por métodos convencionales. Para lograr la pureza requerida de 99,5–99,9° GL (bioetanol anhidro), la planta emplea un sistema de tamices moleculares. El etanol hidratado en fase vapor (145°C y 2 bar) pasa a través de lechos de zeolitas sintéticas que retienen selectivamente las moléculas de agua. La configuración



incluye tres tamices en ciclos alternados: dos en operación y uno en regeneración. El bioetanol resultante se condensa y enfría a 30°C, quedando listo para almacenamiento y comercialización.

Proceso de Evaporación

El sistema de evaporación concentra los sólidos disueltos presentes en la vinaza liviana proveniente de la destilería, elevando su concentración desde aproximadamente 7–8% hasta valores cercanos al 30–35%, obteniendo un concentrado denominado syrup, utilizado posteriormente en la producción de DDGS. El sistema opera mediante un tren de evaporación de múltiples efectos dispuesto en cascada y bajo vacío, lo que permite que el vapor generado en un efecto sea utilizado como fuente de calentamiento para el siguiente.

Proceso de Secado

El proceso de secado reduce el contenido de humedad de la burlanda húmeda (WDGS) proveniente de destilería, con el fin de obtener burlanda seca con solubles (DDGS), subproducto de alto valor nutricional utilizado principalmente en la alimentación animal. La burlanda húmeda se mezcla con el syrup proveniente de evaporación y se alimenta a secadores rotativos calentados indirectamente por vapor. El producto seco alcanza un contenido de humedad cercano al 10%, condición que permite su almacenamiento y comercialización. El DDGS seco es transportado mediante sinfines, redlers y una noria hacia la celda de almacenamiento.

Proceso de Producción de Aceite de Maíz (TCO)

Desde 2025, la planta de Villa Mercedes incorpora la producción de aceite de maíz mediante la planta de TCO (Total Corn Oil). Este proceso aprovecha la fracción lipídica contenida en el grano de maíz como subproducto del proceso de bioetanol, generando un aceite destinado a la industria alimenticia y como insumo para biocombustibles. Su descripción detallada será incorporada en una revisión posterior del presente documento, dado que la planta se encuentra en su etapa inicial de operación al momento de la redacción de esta tesis.

3.4. Sector de Mantenimiento

Con el objetivo de garantizar una gestión eficiente de las intervenciones sobre los equipos de la planta, el sector de mantenimiento se encuentra estructurado en áreas técnicas especializadas. Esta organización responde a la necesidad de abordar de manera



especifica las distintas problemáticas asociadas a los sistemas que componen el proceso productivo.

El sector se divide en tres equipos principales:

- Mantenimiento mecánico: intervención sobre componentes mecánicos de equipos e instalaciones, incluyendo el mantenimiento preventivo y correctivo de bombas, válvulas, sistemas de tuberías, reductores y otros equipos vinculados al proceso productivo.
- Mantenimiento eléctrico: responsable de los sistemas eléctricos de la planta (motores, tableros de distribución, sistemas de alimentación y circuitos de control), incluyendo la detección y corrección de fallas eléctricas y la verificación de sistemas de protección.
- Instrumentación y control: mantenimiento de dispositivos de medición y control de variables del proceso (presión, temperatura, nivel y caudal), calibración de instrumentos, y mantenimiento de válvulas de control y sistemas de automatización..

3.5. El sector Pañol

El sector de repuestos, comúnmente denominado pañol, constituye un área estratégica dentro de la estructura del mantenimiento industrial, ya que es responsable de la gestión, almacenamiento y control de los materiales utilizados en la ejecución de las tareas de mantenimiento en la planta.

Su función principal es garantizar la disponibilidad de repuestos, herramientas y materiales consumibles necesarios para la intervención sobre los equipos del proceso productivo. En plantas industriales de proceso continuo, como las destinadas a la producción de bioetanol, biogás y sus coproductos, la disponibilidad oportuna de estos materiales resulta un factor crítico para minimizar los tiempos de parada y asegurar la continuidad operativa.

Entre sus principales funciones se incluyen:

- Recepción de materiales provenientes del área de compras o de procesos de reparación, y verificación de la correspondencia entre los materiales recibidos y la documentación asociada.
- Registro de ingresos en el sistema de gestión de inventarios.
- Almacenamiento y organización de los repuestos dentro del depósito.

- Entrega de materiales al personal de mantenimiento para la ejecución de las órdenes de trabajo y registro de egresos de inventario.
- Control del stock disponible y seguimiento de los niveles de inventario.

El correcto desarrollo de estas actividades permite mantener actualizado el inventario y asegurar la trazabilidad de los materiales utilizados en las intervenciones de mantenimiento. Asimismo, el sector pañol se encuentra integrado al sistema informático de gestión de inventarios de la organización (ERP Finnégans), en el cual se registran los movimientos de materiales, los depósitos y las ubicaciones físicas dentro del almacén.

No obstante, su correcto funcionamiento depende en gran medida de la precisión en el registro de los movimientos y de la adecuada organización física del depósito. La ausencia de procedimientos estandarizados, controles periódicos o una correcta identificación de los materiales puede generar discrepancias entre el stock físico y el registrado en el sistema. Considerando el rol estratégico que desempeña este sector dentro del sistema de mantenimiento, resulta necesario analizar en detalle la situación actual de la gestión de inventarios en la planta, lo que se desarrolla en el apartado siguiente.

3.6. Situación problemática

La gestión de inventarios de mantenimiento constituye un pilar estratégico para garantizar la continuidad operativa en plantas industriales de proceso continuo, donde cualquier interrupción no planificada impacta severamente en la productividad y rentabilidad del activo. En instalaciones de alta complejidad dedicadas a la producción de bioetanol, biogás y coproductos, la disponibilidad oportuna de repuestos críticos es la variable que determina la eficacia de las tareas preventivas y la velocidad de respuesta ante fallas correctivas. No obstante, el relevamiento integral realizado en el sector de mantenimiento y el área de pañol ha permitido identificar una estructura de gestión con debilidades significativas que comprometen la estabilidad del flujo productivo.

La situación actual se caracteriza por una desconexión crítica entre la realidad física del depósito y su representación en el entorno digital. Uno de los problemas de mayor incidencia es la recurrente diferencia entre el stock físico existente y los registros almacenados en el sistema de gestión; esta inconsistencia reduce drásticamente la confiabilidad de la información necesaria para la toma de decisiones. Como consecuencia directa, el personal técnico debe realizar verificaciones manuales antes de iniciar cualquier labor, lo que incrementa los tiempos de preparación de los trabajos y erosiona la eficiencia operativa global.



Esta falta de fiabilidad se ve agravada por la ausencia de procedimientos estandarizados y protocolos formales. Las actividades de recepción, almacenamiento y despacho de materiales se ejecutan basándose primordialmente en la experiencia individual y criterios subjetivos de los operadores, lo que genera una alta variabilidad en los registros y anula la trazabilidad de los componentes. A nivel tecnológico, el sistema digital presenta una configuración de alta complejidad, caracterizada por depósitos ficticios y múltiples ubicaciones que carecen de una lógica clara de almacenamiento, dificultando la identificación precisa de la disponibilidad real de los materiales.

Un factor determinante en el diagnóstico es la inexistencia previa de un sistema formalizado para la gestión de Órdenes de Trabajo (OT) y Solicitudes de Trabajo (ST) dentro de la plataforma Finnegans. Históricamente, la planta carecía de un flujo digital integrado que vinculara las necesidades de mantenimiento con el consumo de materiales, lo que motivó el desarrollo y parametrización de estos módulos como parte medular del presente proyecto de ingeniería. Sin esta estructura de gestión, la trazabilidad de los repuestos utilizados en las intervenciones técnicas era nula.

En el plano físico, la carencia de un lay out definido y de criterios de clasificación por criticidad provocaba demoras en la localización de repuestos, especialmente críticas durante intervenciones correctivas donde el tiempo de respuesta es vital. Desde una visión sistémica, estas fallas no representan eventos aislados, sino que configuran un sistema de gestión inmaduro que propicia un círculo vicioso: el desorden físico genera desconfianza en los datos, lo que fomenta prácticas informales que amplifican las brechas de información.

3.7. Análisis de causa raíz del descontrol de inventarios

3.7.1. Identificación del problema central

Tras el diagnóstico realizado, se define como problema central la inconsistencia sistémica entre el stock físico de materiales y el registro digital en el sistema de gestión. Esta brecha de información es el resultado de una estructura organizacional y tecnológica que carece de formalidad y control, lo que degrada la confiabilidad operativa de la planta.

3.7.2. Metodología de análisis

Para profundizar en el origen de esta problemática, se utilizó la metodología del Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto), clasificando los factores en ejes fundamentales que permiten visualizar la convergencia de fallas humanas, tecnológicas y procedimentales.

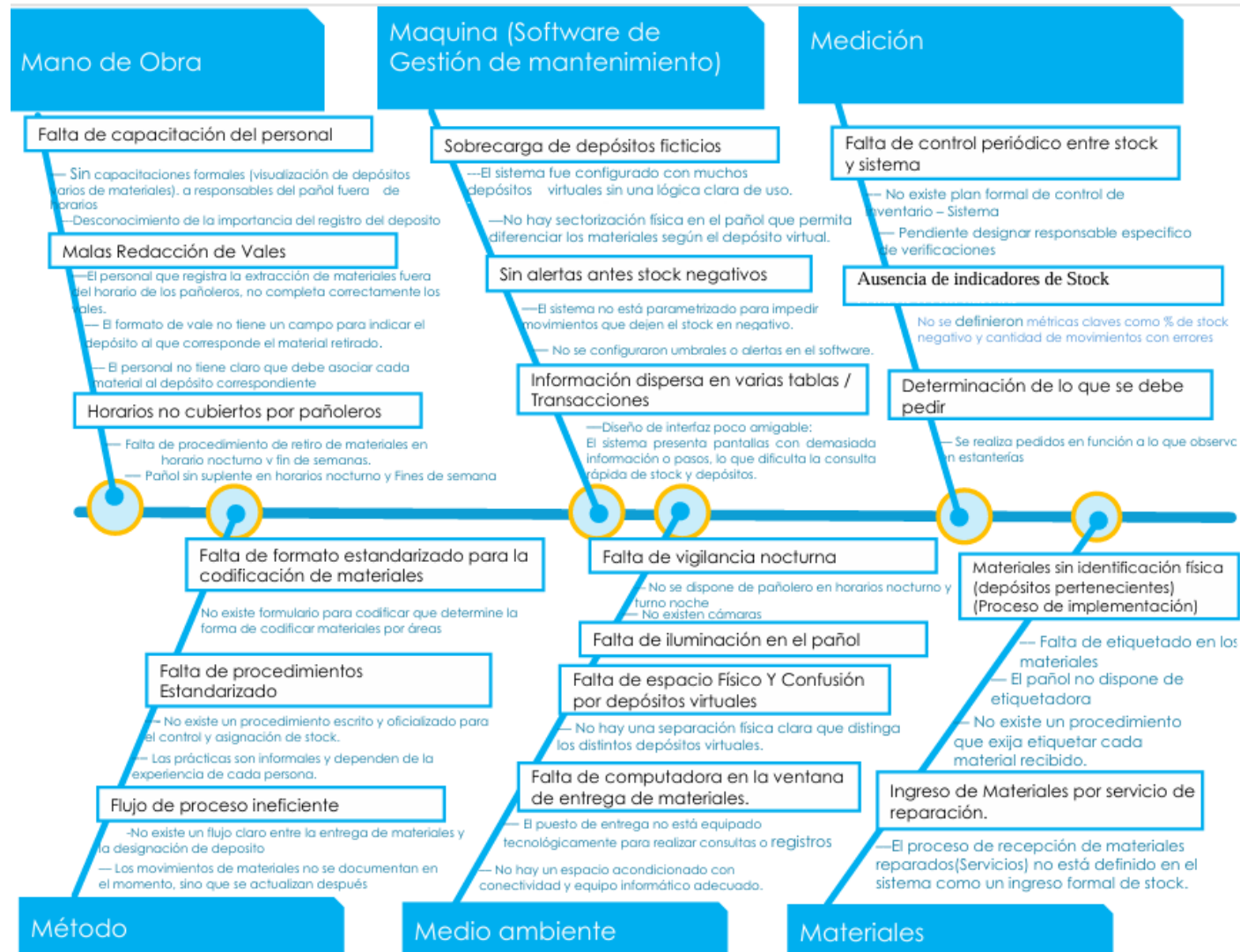


Figura 8 Diagrama de Espina de Pescado Fuente Propia



3.7.3. Desglose de causas y sub-causas

El análisis permitió identificar que la inconsistencia del inventario se sustenta en las siguientes causas principales y sus respectivas sub-causas:

Causa 1: Deficiencia estructural en los métodos de trabajo

- Estandarización: ausencia de procedimientos formales y oficializados para la recepción, almacenamiento y entrega de materiales.
- Sincronización: registro diferido de los movimientos, desfasaje temporal entre el retiro físico y la actualización en sistema, rompe la trazabilidad inmediata.

Causa 2: Inmadurez del sistema de gestión

- Desarrollo tecnológico: carencia de una interfaz integrada de Órdenes de Trabajo en Finnegans previa a este estudio, impidiendo la vinculación automática entre el consumo y el activo.
- Arquitectura digital: configuración del software con exceso de depósitos virtuales y ubicaciones sin lógica de uso, lo que fragmenta y dispersa la información.

Causa 3: Factores de gestión de mano de obra

- Capacitación: falta de entrenamiento técnico formal en el uso del sistema y desconocimiento del impacto operativo de los errores de registro.
- Cultura operativa: dependencia crítica de la experiencia individual del personal, lo que genera criterios de trabajo heterogéneos y falta de uniformidad administrativa.

Causa 4: Entorno físico y organización

- Lay out: organización física del depósito poco eficiente que dificulta la identificación rápida y el acceso a los materiales.
- Identificación: ausencia de etiquetado y codificación estandarizada que coincida con la denominación técnica del sistema.

3.7.4. Análisis del impacto en la disponibilidad de activos

Dentro del marco de la presente investigación, el proceso de mantenimiento se define como un sistema de flujo donde los activos transitan entre estados de operatividad y falla. El análisis de la serie temporal comprendida entre las semanas 17 y 36 del año 2025 revela que el desempeño del departamento de mantenimiento se encuentra

supeditado a la eficacia de la gestión de abastecimiento, evidenciándose dos flujos críticos:

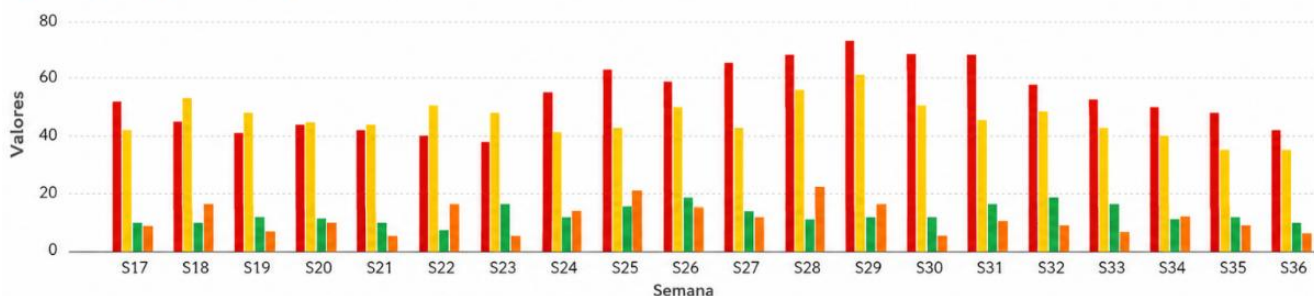
- Ingresos (Demanda Activa): frecuencia de aparición de fallas y necesidad de intervención inmediata para equipos en condición de Equipos Fuera de Servicio (EFS) o Situación de Emergencia (SE).
- Entregas (Capacidad de Respuesta): tasa de activos que han completado su ciclo de reparación y son restituidos a la operación.

EFS/SE - SEMANA 36

Valores por Categoría

• EFS • SE • Entregados • Entradas

Semana
36



Categoría	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S34	S35	S36
EFS	52	45	41	44	42	40	38	54	62	58	64	67	73	68	68	57	53	48	43
SE	42	52	48	44	43	51	48	43	42	49	43	56	60	51	45	48	41	36	36
Entregados	10	10	11	11	11	7	16	11	16	18	14	12	12	12	16	19	16	12	10
Entradas	9	16	7	10	5	16	6	13	21	20	12	22	16	7	10	9	6	11	7

Figura 9 Grafico de Análisis de Equipos Fuera Servicio / Solo Emergencia Año 2025

Al realizar el balance entre ingresos y entregas, se evidencia que la gestión de abastecimiento actúa como un limitador de la capacidad instalada de mantenimiento. Entre las semanas S23 y S29, el sistema experimentó un crecimiento del 92% en los activos fuera de servicio (de 38 a 73 unidades). Este fenómeno no solo se atribuye a una falta de capacidad técnica de ejecución, sino también al retardo en el suministro de componentes.

La acumulación de equipos en estado EFS es el resultado directo de una tasa de entregas inferior a la tasa de ingresos, situación técnicamente definida como un excesivo en el taller, provocado por quiebres de stock. En la semana S28, el ingreso de 22 equipos frente a solo 9 entregas demuestra que el inventario de seguridad es insuficiente o está mal catalogado. La falta de una política de abastecimiento basada en la criticidad del activo impide que los componentes vitales estén disponibles en el punto de uso.

El mantenimiento de una flota elevada en Situación de Emergencia es una consecuencia de la priorización forzada: ante el desabastecimiento, la gestión se ve obligada a realizar reparaciones parciales o temporales, lo que perpetúa el ciclo de falla.

3.7.5. El inventario como estrangulamiento del flujo de entrega

Al realizar el balance entre ingresos y entregas, se evidencia que la gestión de abastecimiento actúa como un limitador de la capacidad instalada de mantenimiento. Mientras la gestión de abastecimiento no garantice la disponibilidad de repuestos críticos, el tiempo medio de se verá afectado no por la complejidad técnica de la falla, sino por el tiempo de inactividad administrativa y logística.

Un hallazgo fundamental en la gestión de inventarios actual es la incapacidad de absorber la variabilidad de la demanda. En la semana S28, el ingreso de 22 equipos frente a solo 9 entregas demuestra que el inventario de seguridad es insuficiente o está mal catalogado. La falta de una política de abastecimiento basada en la criticidad del activo impide que los componentes vitales estén disponibles en el punto de uso. Ante el desabastecimiento, la gestión se ve obligada a realizar reparaciones parciales o temporales, lo que perpetúa el ciclo de falla y aumenta el costo total de propiedad.

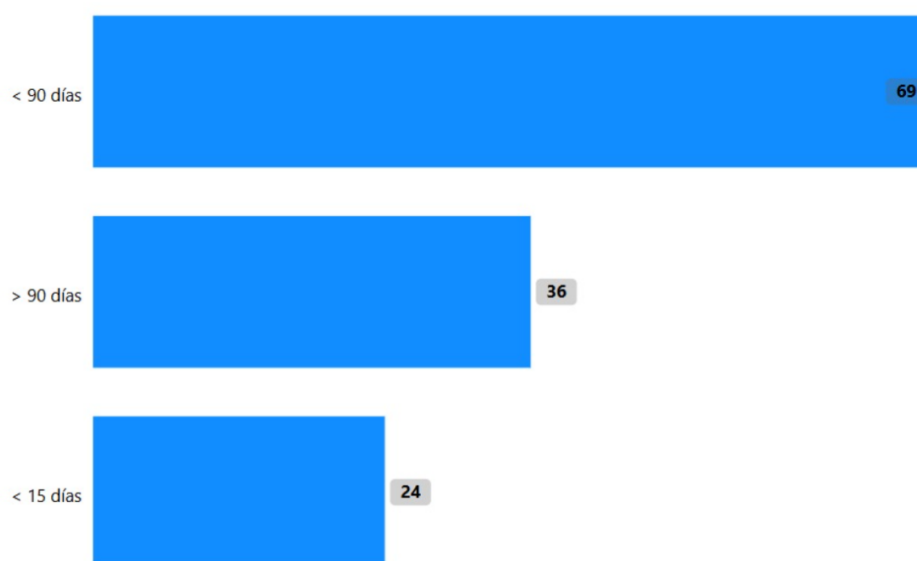


Figura 10 Análisis de Lead time ST Fuera de Servicio

Fuente Propia (POWER BI)

Síntesis del diagnóstico

Los datos analizados evidencian una correlación directa entre el déficit en las entregas de materiales y el incremento de activos fuera de servicio. En este contexto, se concluye que la disponibilidad operativa de la planta no depende exclusivamente de la

confiabilidad mecánica de los equipos, sino también de la eficiencia y capacidad de respuesta del sistema de abastecimiento.

La falta de sincronización entre el catálogo de inventario, la criticidad de los activos y las necesidades reales de mantenimiento genera demoras en la reposición de repuestos estratégicos, provocando la acumulación de equipos inoperantes y transformando al área de mantenimiento en un cuello de botella logístico que afecta directamente la continuidad operativa y la confiabilidad del proceso productivo.

En consecuencia, se determina que la solución requiere una intervención integral basada en tres ejes fundamentales: la normalización y estandarización de procesos de gestión de repuestos, la optimización física y funcional del pañol, y la utilización eficiente del sistema de gestión Finnegans como herramienta de trazabilidad, control y planificación. La implementación de estas mejoras permitirá incrementar la disponibilidad de los activos críticos, reducir tiempos de espera asociados a materiales y garantizar una mayor continuidad operativa de la planta.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE GESTIÓN DE INVENTARIO Y DISEÑO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

4.1. Introducción a la propuesta

El diagnóstico desarrollado en el Capítulo 3 permitió identificar que la raíz de los problemas de disponibilidad de equipos en la planta de bioetanol de Diaser S.A. no reside exclusivamente en la capacidad técnica del equipo de mantenimiento, sino en la ausencia de un sistema estructurado que conecte la necesidad de intervención con la disponibilidad real de los materiales. Esa brecha entre lo que el sistema digital indicaba y lo que el pañol tenía físicamente se tradujo en paradas no programadas, compras urgentes a sobreprecios y una tasa de equipos fuera de servicio que creció un 92% entre las semanas S23 y S29 del año 2025.

La propuesta que se desarrolla en este capítulo parte de esa realidad concreta y se articula en cinco ejes de intervención integrados: la definición de políticas formales de inventario basadas en criticidad, el análisis de los modos de falla de los equipos para vincular cada activo con sus componentes críticos, el diseño del lay out físico del pañol, el análisis de los materiales preventivos con demanda dependiente y programada, y la implementación del sistema de gestión de mantenimiento en el ERP Finnegans. Estos cinco ejes no son independientes: cada uno depende del anterior y alimenta al siguiente,

conformando un sistema integral que transforma el pañol de un depósito reactivo en un centro de soporte logístico planificado.

Resumen de estructura de la propuesta

Eje de intervención	Sección	Resultados
Políticas de inventario y clasificación de materiales	4.2 y 4.3	Tres categorías de materiales con políticas diferenciadas + índice de criticidad por equipo (IC) + Procedimientos e instructivos IT-01 a IT-04
Análisis de modos de falla (AMFE) y componentes críticos	4.3.5 y 4.3.6	Códigos de rodamientos, sellos y retenes con SS, PR y SM calculados + 13 componentes de stock permanente obligatorio
Materiales de mantenimiento preventivo	4.3.7	Modelo de demanda dependiente para decaners, compresores, lubricantes, juntas de intercambiadores y cangilones de norias
Clasificación ABC-XYZ del inventario	4.3.8	1.801 ítems clasificados: 222 Clase A (70% del valor) · 139 Clase X · 1.274 Clase Z · políticas diferenciadas por celda de la matriz
Lay out del pañol	4.4	169 posiciones codificadas en 4 racks selectivos y 4 racks penetrables + sistema de codificación integrado con Finnegans
Sistema de gestión de mantenimiento en Finnegans	4.5	Módulo de ST/OT con maestros cargados, interfaces diseñadas y dinámica operativa documentada en MTTO04-PRO-0001/0002

Tabla 3 Resumen de estructura propuesta

4.2. Sistema de Gestión de Inventarios

El sistema de gestión de inventarios de mantenimiento propuesto se concibe como un conjunto integrado de principios, procesos y herramientas, orientado a asegurar la disponibilidad de materiales en el momento oportuno, con información confiable y trazable. Su diseño responde a las necesidades operativas reales de las plantas de Bioetanol, Biogás y TCO, donde la continuidad del proceso productivo depende en gran medida de la correcta gestión de repuestos y consumibles de mantenimiento. Este sistema se apoya en tres principios fundamentales control, trazabilidad y disponibilidad que no son declaraciones abstractas, sino criterios de diseño que guiaron cada decisión operativa tomada durante la implementación.

4.2.1. Principios del sistema

Control

El control del inventario implica conocer en todo momento qué materiales se encuentran disponibles, en qué cantidad y en qué ubicación. En la situación original, la



ausencia de este principio se manifestaba de forma concreta: el personal de taller retiraba materiales del pañol sin registrarlos, los ingresos se cargaban con días de retraso y el sistema digital reflejaba una realidad que no coincidía con el suelo del depósito. Para corregir esta situación, se establecieron reglas claras de ingreso, almacenamiento y egreso de materiales, evitando movimientos informales o no registrados, y se vinculó obligatoriamente cada retiro a una Orden de Trabajo en Finnegan.

Trazabilidad

La trazabilidad garantiza que cada material pueda ser seguido desde su ingreso a planta hasta su consumo final, vinculando cada repuesto o insumo con una orden de trabajo, un equipo específico y un responsable. Este principio no solo mejora el control del inventario: es la condición que hace posible el análisis de fallas por equipo. Sin saber qué repuesto se consumió en qué equipo, no es posible calcular el costo de mantenimiento por activo ni identificar patrones de falla recurrentes que justifiquen cambios en el plan preventivo.

Disponibilidad

La disponibilidad apunta a asegurar que los materiales críticos estén accesibles cuando el mantenimiento los requiere. Para ello, se definen políticas de stock mínimo, stock de seguridad y puntos de reorden, alineadas con la criticidad de los equipos y los tiempos de reposición de proveedores. Este principio cobra especial relevancia en el contexto regional de Villa Mercedes, donde los lead times de proveedores nacionales oscilan entre 10 y 25 días para rodamientos y retenes, y pueden alcanzar los 60 a 90 días para sellos mecánicos especiales y juntas de intercambiadores de fabricantes internacionales.

4.2.2. Procesos clave: recepción, almacenamiento, control, ajustes y despacho

El sistema de gestión de inventarios se estructura a partir de cinco procesos clave que abarcan todo el ciclo de vida de los materiales dentro de la planta. La interrelación entre estos procesos es lo que garantiza la coherencia del sistema: un error en la recepción se propaga hacia el stock digital, distorsiona el punto de reorden y puede derivar en un quiebre de stock en el momento menos oportuno.

Proceso	Descripción	Vinculación con Finnegan
---------	-------------	--------------------------



Recepción	Verificación de conformidad con la orden de compra, inspección técnica o visual, y registro del ingreso en el sistema. Una recepción controlada es fundamental para evitar errores que se propaguen al resto del sistema.	El ingreso físico al pañol activa el incremento del stock en Finnégans. El sistema genera la alerta de confirmación de recepción y cierra la OC correspondiente.
Almacenamiento	Correcta ubicación de los materiales dentro del pañol, respetando criterios de orden, conservación y accesibilidad, apoyada en el lay out optimizado y la zonificación por criticidad.	Cada posición física del pañol está codificada en Finnégans. Al ingresar el material, se registra su ubicación exacta, habilitando la guía para el pañolero.
Control	Conteos cíclicos y revisiones periódicas que comparan el inventario físico con el registrado en el sistema. Permite detectar desvíos y sostener la calidad de la información.	Los conteos cíclicos se programan, con frecuencia definida por la clasificación ABC del material (mensual para Clase A, trimestral para B, semestral para C).
Ajustes	Cuando se detectan diferencias entre el stock físico y el digital, se ejecutan ajustes controlados y documentados, que además permiten analizar las causas de los desvíos y prevenir su recurrencia.	Todo ajuste de inventario en Finnégans requiere autorización del Jefe de Mantenimiento y registra la causa del desvío, generando trazabilidad de las diferencias de inventario.
Despacho	Entrega de materiales al personal de mantenimiento, siempre vinculada a una orden de trabajo. Este proceso asegura trazabilidad del consumo, control del stock y disponibilidad de información para análisis posteriores.	El despacho descuenta automáticamente el stock en Finnégans e imputa el consumo al equipo intervenido mediante el número de OT. Si el stock cae al PR, el sistema genera automáticamente la alerta de reposición.

4.2.3. Propuesta de procedimientos estandarizados para la gestión de materiales de mantenimiento

Uno de los hallazgos más relevantes del diagnóstico fue que las actividades del pañol recepción, almacenamiento y despacho se ejecutaban basándose en el criterio individual de los operadores, generando una alta variabilidad en los registros y anulando la trazabilidad de los componentes. Para resolver esta situación, se desarrolló e implementó una estructura documental compuesta por un Procedimiento Operativo Estándar (PRO) Ver Anexo II y cuatro Instructivos de Trabajo (IT) Ver Anexo II, diseñados bajo los lineamientos de la Norma ISO 9001:2015 y adaptados a la realidad operativa de la planta.

Diagrama de flujo – Gestión integral de pañol

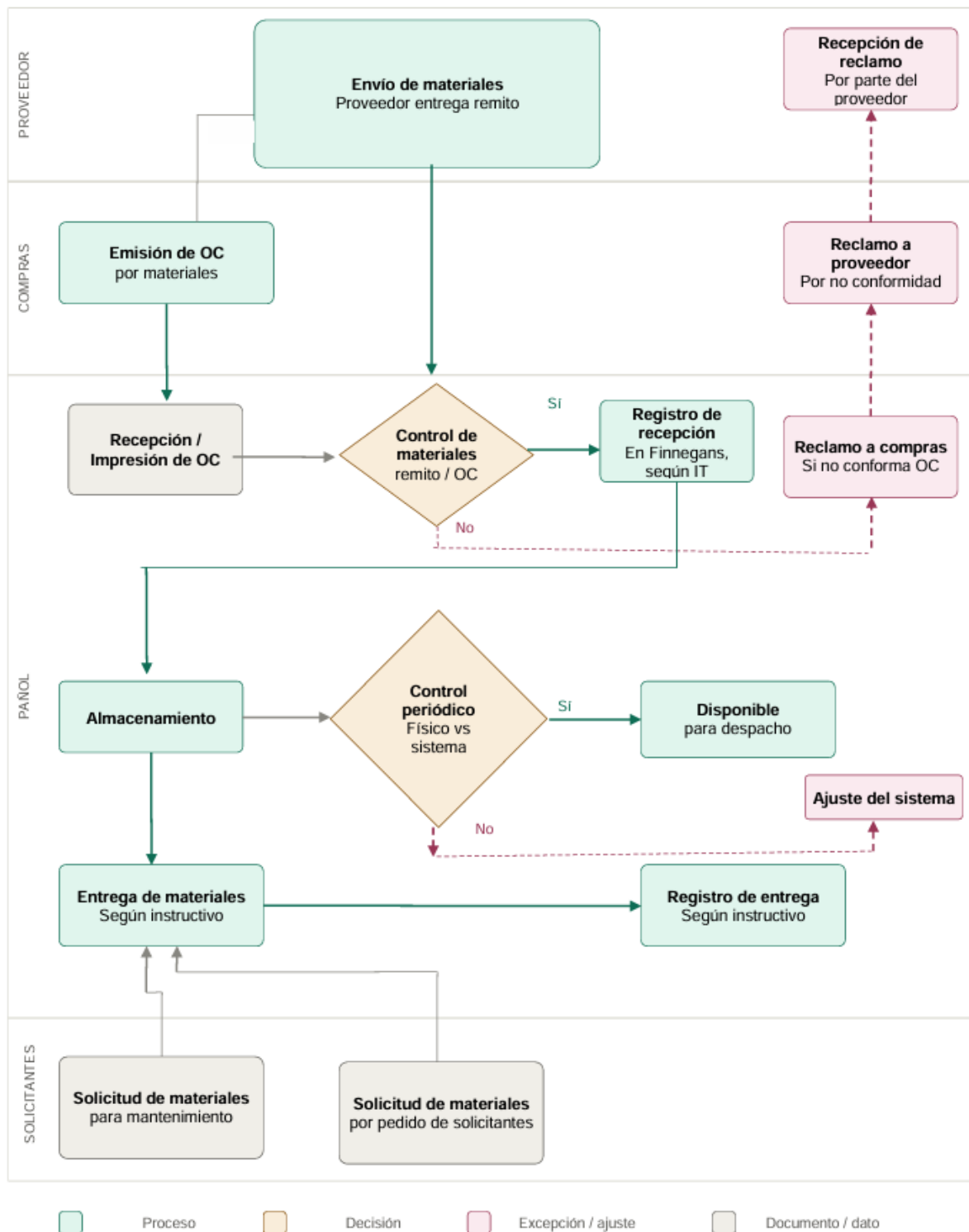


Figura 11 Diagrama de Flujo de Gestión Integral de Pañol

Documento	Descripción	Impacto operativo esperado
PRO Gestión de materiales del pañol	Procedimiento general que define el alcance, los roles y responsabilidades, los procesos involucrados y los criterios de control del inventario de mantenimiento. Cubre el ciclo completo: recepción → almacenamiento → control → ajustes → despacho.	Establece el marco común que elimina la dependencia del criterio individual. Cualquier persona puede gestionar el pañol siguiendo el procedimiento, sin necesidad de transferencia informal de conocimiento.
IT-01 Recepción de materiales de mantenimiento	Detalla los pasos para verificar la conformidad del material con la OC, realizar la inspección técnica, registrar el ingreso en Finnegans y ubicar el material en el pañol según el sistema de codificación.	Reduce los errores de ingreso que generan diferencias entre el stock físico y el digital desde el inicio del ciclo.
IT-02 Almacenamiento y orden del pañol	Establece los criterios de ubicación por zona, nivel y posición según la clasificación de los materiales (criticidad y rotación), y los requisitos de conservación de repuestos sensibles (sellos, rodamientos, juntas).	Asegura que los materiales más críticos siempre estén en la zona de acceso prioritario .
IT-03 Control de stock y ajustes	Define la metodología de conteo cíclico por zona, los criterios para identificar diferencias y el procedimiento de ajuste documentado y autorizado.	Garantiza que la exactitud del inventario se monitoree activamente, con una frecuencia proporcional al impacto de cada material.
IT-04 Entrega y devolución de materiales	Establece que todo retiro de material del pañol debe estar vinculado a una OT en Finnegans, y define el procedimiento para la devolución y el registro de materiales no utilizados.	Elimina los egresos informales que eran la principal causa de diferencias entre el stock físico y el digital.

Tabla 4 Descripción de Procedimientos/Instructivos

La implementación de esta estructura documental no se planteó como una formalidad burocrática sino como una herramienta concreta de gestión. El impacto esperado es directo: elevar la exactitud del inventario desde el nivel inferior al 80% registrado en el diagnóstico hasta un objetivo del 92% a corto plazo, mediante la eliminación de los egresos informales y la estandarización de los procesos de ingreso y despacho.

4.2.3. Propuesta de Indicadores para la gestión de Inventario

Para hacer medible la mejora del sistema de gestión de inventarios y sostener su control en el tiempo, se diseñó un conjunto de cinco indicadores que cubren las dimensiones críticas de la administración del pañol: exactitud de inventario, disponibilidad,



calidad de la configuración del sistema, concentración del consumo y trazabilidad de movimientos. Cada indicador fue seleccionado por su capacidad de detectar de manera temprana los problemas identificados en el diagnóstico, y se definió con una fórmula de cálculo, una frecuencia de revisión y una meta de gestión.

I1. Exactitud de ubicación

Mide el porcentaje de coincidencia entre la posición física real de un material en el pañol y la posición designada para ese código en Finnegans. Se calcula sobre una muestra de ítems verificados durante cada recuento físico:

$$\text{Exactitud de ubicación} = (\text{Ítems en posición correcta} / \text{Ítems verificados}) \times 100$$

Se calcula con cada recuento físico por zona (IT-03) y se consolida mensualmente. La meta de gestión se fija en 95%, valor de referencia habitual en sistemas de almacenamiento industrial para considerar la ubicación de inventario como confiable sin requerir verificación adicional al momento del despacho.

I2. Stock negativo (registros inválidos)

Cuenta la cantidad de códigos cuyo stock en sistema es negativo, situación físicamente imposible que evidencia consumos registrados sin ingreso previo o ajustes de inventario realizados con demora. Es un indicador de calidad de dato, no de nivel de stock, y su meta de gestión es cero, dado que cualquier valor mayor a cero invalida parcialmente el resto de los indicadores de inventario mientras no se corrija.

I3. Tasa de quiebre de stock

Mide la proporción de códigos activos (con consumo en los últimos 6 meses) que se encuentran en estado crítico (stock cero o negativo) o en bajo stock (por debajo del punto de reorden) en un momento dado:

$$\text{Tasa de quiebre} = (\text{Ítems en Crítico} + \text{Ítems en Bajo stock}) / \text{Ítems activos} \times 100$$

Se revisa mensualmente y se desagrega por código de material para priorizar la emisión de Órdenes de Compra. Es el indicador más sensible al riesgo de indisponibilidad, dado que conecta directamente la gestión del pañol con el indicador de equipos fuera de servicio analizado en el Capítulo 5.

I4. Calidad de configuración del Punto de Reorden (PR)

Evalúa qué proporción de los códigos con consumo activo tiene un Punto de Reorden configurado en Finnegans dentro de un rango aceptable (entre el 50% y el 200% del valor calculado estadísticamente para ese código).

Un PR mal configurado anula la utilidad del sistema de alertas: un PR en cero implica que el sistema nunca avisa, un PR subestimado retrasa el aviso hasta que el quiebre ya es inminente, y un PR sobreestimado genera compras anticipadas innecesarias que inmovilizan capital.

15. Trazabilidad de movimientos

Mide el porcentaje de movimientos de materiales (ingresos, egresos y ajustes) que quedan registrados en Finnegans con su comprobante asociado (OC para ingresos, OT para egresos), sobre el total de movimientos físicos detectados en el período. Es la base que sostiene la validez de todos los demás indicadores: sin trazabilidad, ningún cálculo de stock, consumo o exactitud resulta confiable. La meta de gestión es 100%, dado que cualquier movimiento no registrado reproduce la causa raíz del problema diagnosticado en el Capítulo 3.

La siguiente tabla resume el conjunto de indicadores propuestos, sus fórmulas de cálculo y la meta de gestión definida para cada uno. Los resultados obtenidos durante los primeros siete meses de implementación se presentan en la sección 5.4.

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
I1. Exactitud de ubicación	$\text{Ítems en posición correcta} / \text{Ítems verificados} \times 100$	Por recuento físico	$\geq 95\%$
I2. Stock negativo	Cantidad de códigos con stock < 0 en sistema	Mensual	0
I3. Tasa de quiebre de stock	$(\text{Ítems Crítico} + \text{Bajo stock}) / \text{Ítems activos} \times 100$	Mensual	$\leq 10\%$
I4. Calidad de PR	$\text{Ítems con PR entre } 50\%-200\% \text{ del valor calculado} / \text{Ítems activos} \times 100$	Trimestral	$\geq 90\%$
I5. Trazabilidad de movimientos	$\text{Movimientos con comprobante registrado} / \text{Movimientos totales} \times 100$	Mensual	100%

Tabla 5 Indicadores de Pañol

4.3. Políticas de inventario para mantenimiento

4.3.1. Objetivo

Establecer políticas de inventario que garanticen la disponibilidad de materiales críticos para mantenimiento, optimizando los niveles de stock, evitando faltantes y minimizando costos asociados a sobre inventario o compras de urgencia.

4.3.2. Clasificación de materiales

Los materiales se clasifican según su criticidad y frecuencia de uso. Esta clasificación no es estática: un material puede cambiar de categoría si la criticidad del equipo al que está asociado cambia, o si su patrón de consumo evoluciona. Por este motivo, se establece una revisión anual de la clasificación apoyada en los datos históricos de consumo registrados en Finnégans.

Categoría	Descripción	Política de gestión
Críticos	Componentes cuya falta detiene la operación de equipos o líneas productivas. Están directamente vinculados a equipos con IC ≥ 4 y sin redundancia operativa.	Mantener stock de seguridad + punto de reorden automático configurado en Finnégans. Revisión mensual. Compra planificada con $2 \times LT$ de anticipación.
De consumo frecuente	Insumos utilizados de forma periódica en tareas preventivas: lubricantes, consumibles, filtros, EPP. Demanda relativamente predecible.	Definir stock mínimo basado en consumo promedio periódico. Revisión trimestral. Compra consolidada por lote.
De baja rotación	Materiales de reposición eventual, vinculados a equipos con redundancia o de baja criticidad.	Solicitud bajo demanda, sin stock permanente. Revisión semestral. Evaluar obsolescencia anual.

Tabla 6 Clasificación de Materiales

4.3.3. Análisis de Criticidad de equipos

El análisis de criticidad se desarrolla con el modelo de García Garrido (2003), que evalúa cada equipo mediante siete factores Impacto sobre el Servicio (IS), Valor Técnico-Económico (VTE), Impacto de Daños (ID), Logística (L), Confiabilidad (C), Mantenibilidad (M) y Flexibilidad (F) cuya suma constituye el Índice de Criticidad

$$(IC = IS + VTE + ID + L + C + M + F).$$

Factor	Condición /Valor	Puntuacion	Criterio
IS (Impacto sobre el Servicio del equipo)	Para	4	Detiene totalmente el sector o la planta.
	Reduce	2	Reduce capacidad sin detener el proceso (redundancia).
	No para	0	No afecta el servicio.
VTE (Valor Técnico-Económico)	Costo	4	Alto costo de adquisición/repuestos.
	Operación	2	Costo medio.
	Mantenimiento	1	Bajo costo relativo.
ID (Impacto de Daños)	Equipo/Proceso/Personal	0-7	Suma de sub-factores de daño y riesgo.
L (Logística)	Exportación	2	Repuestos de mercado internacional.
	Importación	0	Repuestos de mercado nacional.
C (Confiabilidad)	Baja	1	No asegura funcionamiento correcto.
	Alta	0	Historial confiable.
M (Mantenibilidad)	Alta	1	Mantenimiento complejo.
	Baja	0	Mantenimiento sencillo.
F (Flexibilidad)	Único	2	Sin alternativa ni redundancia.
	Bypass	1	Capacidad reducida sin parada.
	Stand by	0	Redundancia activa instalada.

Tabla 7 Matriz de Ponderación de valores para el análisis de criticidad

4.3.3.1. Criterios de aplicación

Se establecen los siguientes criterios, válidos para todos los sectores:

- IS = 4 (Para) solo para equipos de paso único sin redundancia.
- Equipos en paralelo o con respaldo se evalúan con IS = 2 (Reduce).
- F (Flexibilidad) actúa como corrector de redundancia: F = 0 con respaldo activo (Stand by), F = 1 con paralelismo parcial (Bypass), F = 2 solo sin alternativa (Único).
- Bombas en pares/tríos A/B/C se consideran con back up real (F = 0), salvo indicación contraria confirmada.
- La instrumentación de campo y las válvulas de servicio (limpieza, enjuague, CIP) no se evalúan individualmente; se gestionan como repuesto estándar asociado al equipo principal.

	Nivel	Rango	Gestión
A	CRÍTICO	$12 \leq X$	Stock permanente; preventivo/predictivo.
B	SEMICRÍTICO	$7 \leq X \leq 11$	Seguimiento periódico; stock mínimo.
C	NO CRÍTICO	$X \leq 6$	Gestión bajo demanda; correctivo aceptable.

Tabla 8 Escala de Criticidad

4.3.3.2. Sector Acopio

Etapa de recepción, prelimpieza y almacenamiento de maíz en silos. Por tratarse de un sector estimado (sin documentación técnica detallada disponible), la ponderación se basó en la lógica estándar de plantas de acopio de cereal.

Equipo	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Plataforma Volcadora	PL0001	4	4	2	2	0	1	2	15	A
Cuchilla tolva de recepción	XX0001	4	1	0	0	0	0	2	7	B
Noria a prelimpieza	CN0002	4	2	2	0	0	1	2	11	B
Zaranda prelimpieza - Motor 1	ST0001A	2	2	2	0	0	1	1	8	B
Zaranda prelimpieza - Motor 2	ST0001B	2	2	2	0	0	1	1	8	B
Válvula rotativa descarga de zaranda	CR0001	2	1	0	0	0	0	1	4	C
Ciclón de prelimpieza Noria 2	SC0002	2	1	0	0	0	0	1	4	C
Ciclón de Noria 1	SC0001	0	1	0	0	0	0	0	1	C
Cuchilla carga Silo 1	XX0002	2	1	0	0	0	0	1	4	C
Noria a redler carga de silo 1	CN0001	4	2	2	0	0	1	2	11	B
Redler de descarga a silo 1	CC0001	4	2	2	2	0	1	2	15	A
Redler de descarga a silo 2	CC0002	4	2	2	2	0	1	2	10	A
Redler de retorno a noria de descarga	CC0003	2	1	0	0	0	0	1	4	C
Redler transporte colector doble piso	CC0004	4	2	2	0	0	0	2	10	B
Redler transporte a secador de maíz	CC0005	2	1	0	0	0	0	1	4	C
Noria 1 a secador de maíz	CN0003	2	2	0	0	0	1	1	6	C
Noria 2 a secador de maíz	CN0004	2	2	0	0	0	1	1	6	C
Secador de maíz	DR0001	2	4	2	2	1	1	1	13	A
Silo de almacenamiento 1 (grande)	KS0001	4	4	0	0	0	0	2	10	B
Silo de almacenamiento 2 (grande)	KS0002	4	4	0	0	0	0	2	10	B
Silo de almacenamiento 3 (pulmón)	KS0003	2	2	0	0	0	0	1	5	C
Silo de almacenamiento 4 (pulmón)	KS0004	2	2	0	0	0	0	1	5	C
Ciclón a silo de almacenamiento 4	SC0003	0	1	0	0	0	0	0	1	C
Aireador 1 de Silo 1	BL0004	2	1	0	0	0	0	0	3	C
Aireador 2 de Silo 1	BL0005	2	1	0	0	0	0	0	3	C
Aireador 3 de Silo 1	BL0006	2	1	0	0	0	0	0	3	C
Aireador 4 de Silo 1	BL0007	2	1	0	0	0	0	0	3	C
Aireador 1 de Silo 2	BL0008	2	1	0	0	0	0	0	3	C
Aireador 2 de Silo 2	BL0009	2	1	0	0	0	0	0	3	C
Aireador 3 de Silo 2	BL0010	2	1	0	0	0	0	0	3	C
Aireador 4 de Silo 2	BL0011	2	1	0	0	0	0	0	3	C

Tabla 9 Análisis de Criticidad de Acopio

De 31 equipos, 4 (12%) son Críticos Plataforma Volcadora , Secador de maíz y redler de ingreso a los silos por ausencia de redundancia y alto costo respectivamente, 12 (38%) Semicríticos y 19 (61%) No Críticos.

4.3.3.3. Sector Molienda



Reduce el tamaño de partícula del maíz mediante molinos de martillo y conduce el material hacia Licuefacción.

Equipos	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Tolva de Alimentación	KT0101	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Cinta Pesadora	WT0101	4	2	2	0	1	1	2	12	A
Electroimán	WT0101B	2	1	0	0	0	0	2	5	C
Noria (cinta a zaranda)	CN0101	4	2	2	0	1	1	2	12	A
Imán permanente	SM0101	2	1	0	0	0	0	2	5	C
Zaranda	ST0101	4	2	2	0	1	1	2	12	A
Tolva	KT0102	2	1	0	0	0	0	1	4	C
Molino A	HM0101	2	4	2	2	1	1	1	13	A
Clapeta alimentación molino A	XX0101	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Dosificador alimentación molino A	CR0105	2	1	2	0	1	0	1	7	B
Ciclón separador A	SC0102	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Ventilador alta presión A	BL0103	2	2	0	0	1	0	1	6	C
Válvula rotativa A (a MD0109)	CR0102	2	1	2	0	1	0	1	7	B
Molino de martillos B	HM0102	2	4	2	2	1	1	1	13	A
Clapeta alimentación molino B	XX0102	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Dosificador alimentación molino B	CR0106	2	1	2	0	1	0	1	7	B
Ciclón separador B	SC0103	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Ventilador alta presión B	BL0102	2	2	0	0	1	0	1	6	C
Válvula rotativa B (a MD0109)	CR0103	2	1	2	0	1	0	1	7	B
Tornillo sin fin (mixer)	MD0109	4	4	2	0	1	1	2	14	A
Válvula reguladora liviana a MD0109	VR_0101	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula reguladora agua a MD0109	VR_0102	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Tanque de agua caliente	TK0106	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Lavadora de polvos A	TA0101	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Lavadora de polvos B	TA0102	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Bomba agua circulación A	PC0101A	2	2	0	0	1	0	0	5	C
Bomba agua circulación B	PC0101B	2	2	0	0	1	0	0	5	C
Bomba agua circulación C	PC0101C	2	2	0	0	1	0	0	5	C
Filtro de mangas	FI0101	2	2	3	2	1	1	0	11	B
Ventilador baja presión	BL0101	2	2	0	0	1	0	0	5	C
Ciclón separador de finos	SC0101	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula rotativa bajo SC0101	CR0101	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula rotativa descarga filtro	CR0104	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Silo de maíz 1	KS0101	2	4	0	0	1	0	0	7	B
Silo de maíz 2	KS0102	2	4	0	0	1	0	0	7	B
Sinfín extracción	CT0101A	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Sinfín extracción	CT0101B	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Sinfín extracción	CT0102A	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Sinfín extracción	CT0102B	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Redler maíz a tolva alimentación	CC0101	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Cuchilla	XX0107	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Cuchilla	XX0108	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula on/off	VO_0103	0	1	0	0	1	0	0	2	C

Tabla 10 Análisis de Criticidad de Molienda

De 43 equipos, 6 (14%) son Críticos (cinta pesadora, noria, zaranda, molinos y tornillo mezclador, todos de paso único o sin redundancia real), 11 (26%) Semicríticos y 26 (60%) No Críticos. Equipos en paralelo (bombas, lavadoras de polvo, sinfines de extracción) no alcanzan criticidad por su redundancia operativa.

4.3.3.4. Sector Licuefacción

Desarrolla la dextrinización del almidón mediante enzima alfa-amilasa, calentamiento en tanques agitados y cocción en Jet Cooker.

Equipo	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Tanque Licuefacción 1 (pre-licuefacción)	TR0203	4	4	2	0	1	0	2	13	A
Agitador tanque TR0203	AG0203	2	2	2	0	1	1	1	9	B
Bomba de mosto tanque 203 A	PC0203A	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Bomba de mosto tanque 203 B	PC0203B	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Filtro mosto TR0203 (lado Oeste)	FI0203A	2	1	0	0	1	1	0	5	C
Filtro mosto TR0203 (lado Este)	FI0203B	2	1	0	0	1	1	0	5	C
Válvula reguladora de nivel TR0203	VR_0205	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Bomba dosificadora soda cáustica	PD0208	2	1	2	0	1	0	1	7	B
Tanque diario de soda cáustica	TK0208	0	1	2	2	1	0	1	7	B
Tanque Licuefacción 2 (baja temperatura)	TR0204	4	4	2	0	1	0	2	13	A
Agitador tanque TR0204	AG0204	2	2	2	0	1	1	1	9	B
Bomba de mosto tanque 204 A	PC0204A	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Bomba de mosto tanque 204 B	PC0204B	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Filtro mosto TR0204 (lado Oeste)	FI0204A	2	1	0	0	1	1	0	5	C
Filtro mosto TR0204 (lado Este)	FI0204B	2	1	0	0	1	1	0	5	C
Válvula de vapor a TR0204	VR_0204	2	1	2	0	1	0	1	7	B
Jet Cooker	JC0201	4	4	3	2	1	1	2	17	A
Distribuidor de vapor	TK0201	4	2	3	0	1	0	2	12	A
Válvula reguladora de vapor a Jet Cooker	VR_0201	4	1	3	0	1	0	2	11	B
Válvula reguladora de presión en distribuidor	VR_0202	2	1	2	0	1	0	1	7	B
Tanque Licuefacción 3 (alta temperatura)	TR0217	2	4	2	0	1	0	1	10	B
Agitador tanque TR0217	AG0217	2	2	2	0	1	1	1	9	B
Tanque Licuefacción 4 (alta temperatura)	TR0218	4	4	2	0	1	0	2	13	A
Agitador tanque TR0218	AG0218	2	2	2	0	1	1	1	9	B
Bomba de mosto cocido A	PC0218A	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Bomba de mosto cocido B	PC0218B	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Bomba de mosto cocido C	PC0218C	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Enfriador mosto cocido (tren Sur)	EX0204	2	2	0	0	1	1	0	6	C
Enfriador mosto cocido (tren Sur)	EX0205	2	2	0	0	1	1	0	6	C
Enfriador mosto cocido (tren Norte)	EX0206	2	2	0	0	1	1	0	6	C
Enfriador mosto cocido (tren Norte)	EX0207	2	2	0	0	1	1	0	6	C
Válvula reguladora de agua de enfriamiento	VR_0203	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Bomba dosificadora alfa amilasa A	PD0205A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba dosificadora alfa amilasa B	PD0205B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Tanque de alfa amilasa	TK0205	0	1	2	2	1	0	1	7	B
Bomba dosificadora gluco amilasa	PD0206	2	1	2	0	1	0	1	7	B
Tanque de gluco amilasa	TK0206	0	1	2	2	1	0	1	7	B
Bomba dosificadora ácido sulfúrico a fermentación	PD0207A	2	1	2	0	1	0	1	7	B
Bomba dosificadora ácido sulfúrico a destilería	PD0207B	2	1	2	0	1	0	1	7	B
Tanque diario de ácido sulfúrico	TK0207	0	1	2	2	1	0	1	7	B
Bomba de agua de sellos Licuefacción	PC0220	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula on/off mosto a Fermentación	VO_0203	4	1	2	0	1	0	2	10	B
Válvula on/off mosto a Propagación	VO_0204	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Válvula on/off agua a Propagación	VO_0205	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Válvula bypass a pHmetro mosto a Ferm.	VO_0201	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula enjuague pHmetro EX0205	VO_0202	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula mosto a pHmetro TR0203	VO_0206	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula enjuague pHmetro TR0203	VO_0207	0	1	0	0	1	0	0	2	C

Tabla 11 Análisis de Criticidad de Licuefacción

De 48 Equipos 5 (10%) son Críticos: el Jet Cooker (IC = 17, único punto de cocción a alta presión), el Distribuidor de vapor y los tanques TR0203/TR0204 (en serie sin bypass)

y TR0218 (única salida hacia Destilería). El sector presenta una proporción elevada de Semicríticos (50%) por su perfil termoquímico (vapor, ácidos, temperatura).

4.3.3.5. Sector Propagación

Incrementa la disponibilidad de biomasa de levadura mediante hidratación y propagación en tanques paralelos antes de su inoculación a fermentadores.

Equipo	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Tanque de hidratación de levadura	TR0301	2	2	2	0	1	0	2	9	B
Agitador tanque hidratador de levadura	AG0301	2	1	2	0	1	1	2	9	B
Tanque propagador de levaduras A	TR0302	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Agitador de propagador A	AG0302	2	1	2	0	1	1	1	8	B
Tanque propagador de levaduras B	TR0303	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Agitador de propagador B	AG0303	2	1	2	0	1	1	1	8	B
Bomba de mosto con levaduras A	PC0302A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de mosto con levaduras B	PC0302B	2	1	2	0	1	0	0	6	C

Tabla 12 Análisis de Criticidad de Propagación

De los 8 equipos analizados, ningún equipo alcanza criticidad Crítica; 6 (75%) son Semicríticos y 2 (25%) No Críticos, por el bajo costo relativo del sector y la redundancia parcial de los propagadores.

4.3.3.6. Sector Fermentación

Siete tanques: seis operan en modo batch secuencial y el séptimo (Cuba Pulmón/Beer Well) acopla la fermentación discontinua con la alimentación continua a Destilería.



Equipos	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Fermentador 1	TR0304	2	4	2	0	1	0	1	10	B
Intercambiador Fermentador 1	EX0304	2	2	0	0	1	1	0	6	C
Bomba recirculación fermentador 1	PC0304	4	4	2	0	1	0	2	13	A
Válvulas de proceso Fermentador 1	VO_0304/14/17/18	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Fermentador 2	TR0305	2	4	2	0	1	0	1	10	B
Intercambiador Fermentador 2	EX0305	2	2	0	0	1	1	0	6	C
Bomba recirculación fermentador 2	PC0305	4	4	2	0	1	0	2	13	A
Válvulas de proceso Fermentador 2 (admisión/mosto/cono/aspersores)	VO_0305/21/24/25	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Fermentador 3	TR0306	2	4	2	0	1	0	1	10	B
Intercambiador Fermentador 3	EX0306	2	2	0	0	1	1	0	6	C
Bomba recirculación fermentador 3	PC0306	4	4	2	0	1	0	2	13	A
Válvulas de proceso Fermentador 3 (admisión/mosto/cono/aspersores)	VO_0306/36/39/40	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Fermentador 4	TR0307	2	4	2	0	1	0	1	10	B
Intercambiador Fermentador 4	EX0307	2	2	0	0	1	1	0	6	C
Bomba recirculación fermentador 4	PC0307	4	4	2	0	1	0	2	13	A
Válvulas de proceso Fermentador 4 (admisión/mosto/cono/aspersores)	VO_0307/41/44/45	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Fermentador 5	TR0308	2	4	2	0	1	0	1	10	B
Intercambiador Fermentador 5	EX0308	2	2	0	0	1	1	0	6	C
Bomba recirculación fermentador 5	PC0308	4	4	2	0	1	0	2	13	A
Agitador fondo fermentador 5 A	AG0308A	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Agitador fondo fermentador 5 B	AG0308B	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Válvulas de proceso Fermentador 5 (admisión/mosto/cono/aspersores)	VO_0308/26/29/30	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Fermentador 6	TR0309	2	4	2	0	1	0	1	10	B
Intercambiador Fermentador 6	EX0309	2	2	0	0	1	1	0	6	C
Bomba recirculación fermentador 6	PC0309	4	4	2	0	1	0	2	13	A
Agitador fondo fermentador 6 A	AG0309A	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Agitador fondo fermentador 6 B	AG0309B	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Válvulas de proceso Fermentador 6 (admisión/mosto/cono/aspersores)	VO_0309/31/34/35	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Cuba Pulmón (Beer Well)	TR0310	4	4	2	0	1	0	2	13	A
Intercambiador cuba pulmón	EX0310	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Bomba trasvase a beer well	PC0310A	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Bomba recirculación beer well	PC0310B	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Agitador fondo cuba pulmón A	AG0310A	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Agitador fondo cuba pulmón B	AG0310B	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Agitador de Cuba (Beer Well)	AG0310C	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Válvulas de proceso Cuba Pulmón (cono/recirculación/aspersores/mosto)	VO_0310/46/47/49/50	4	1	2	0	1	0	2	10	B
Bomba de mosto a destilería A	PC0311A	4	2	2	0	1	0	0	9	B
Bomba de mosto a destilería B	PC0311B	4	2	2	0	1	0	0	9	B
Válvula bypass de pHmetro mosto a destilería	VO_0355	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Scrubber CO2	TA0312	2	2	0	0	1	0	1	6	C
Enfriador agua de scrubber	EX0312	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Bomba vino liviano A	PC0312A	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Bomba vino liviano B	PC0312B	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Tanque de urea	TK0314	0	1	2	2	1	0	1	7	B
Agitador tanque de urea	AG0314	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Bomba de urea	PC0314	0	1	2	0	1	0	1	5	C
Bomba cámara de fermentación	PC0313	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Agitador cámara en fermentación	AG0313	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Bomba de agua de sellos Fermentación	PC0320	2	1	0	0	1	0	1	5	C

Tabla 13 Análisis Críticos Fermentacion

De 49 Equipos, solo 1 (2%) es Crítico: la Cuba Pulmón (TR0310, IC = 13), único punto de transición hacia Destilería. Ninguno de los 6 fermentadores batch es

individualmente Crítico, dado que su redundancia por rotación de lotes permite sostener la producción ante la pérdida de una unidad. 19 (39%) son Semicríticos y 29 (59%) No Críticos.

4.3.3.7. Sector Preheater

Los precalentadores que recuperan calor del mosto cocido para integrar energéticamente Licuefacción con Destilería.

Equipos	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Precalentador de mosto fermentado A	EX0418A	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Precalentador de mosto fermentado B	EX0418B	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Precalentador de mosto fermentado C	EX0418C	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Precalentador de mosto gastado A	EX0419A	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Precalentador de mosto gastado B	EX0419B	2	2	0	0	1	1	1	7	B

Tabla 14 Análisis de Criticidad Sector Preheater

Los 5 equipos del sector se clasifican como Semicríticos, sin alcanzar Crítico, dado que operan en bancos paralelos cuya pérdida reduce la eficiencia térmica sin detener el proceso.

4.3.3.8. Sector Destilería

Tren de cuatro columnas integradas energéticamente (mostera evaporativa, mostera 1, rectificadora 1 y 2) que separa el etanol del mosto fermentado.

Equipos	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Columna mostera evaporativa	TD0404	4	4	3	2	1	1	2	17	A
Condensador 1 columna mostera TD0404	EX0416	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Condensador 2 columna mostera TD0404	EX0417	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Tanque colector condensados columna evaporativa	TK0411	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Reboiler A columna evaporativa	EX0415A	2	4	2	2	1	1	1	13	A
Reboiler B columna evaporativa	EX0415B	2	4	2	2	1	1	1	13	A
Tanque flash reboiler columna evaporativa	TK0410	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Separador de vahos Reboiler A	TK0415A	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Separador de vahos Reboiler B	TK0415B	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Scrubber columna mostera evaporativa	TD0405	2	2	0	0	1	0	1	6	C
Enfriador de Spent Lees	EX0420	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Bomba de fondo de mostera evaporativa A	PC0414A	4	2	2	0	1	0	0	9	B
Bomba de fondo de mostera evaporativa B	PC0414B	4	2	2	0	1	0	0	9	B
Bomba de recirculación reboiler EX0415A	PC0415A	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Bomba de recirculación reboiler EX0415B	PC0415B	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Bomba de alcohol de EX0415 a TK0411 A	PC0416A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de alcohol de EX0415 a TK0411 B	PC0416B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de alimentación de rectificadoras A	PC0417A	4	2	2	0	1	0	0	9	B
Bomba de alimentación de rectificadoras B	PC0417B	4	2	2	0	1	0	0	9	B
Bomba de vinaza preconcentrada a Evaporación A	PC0412A	2	1	2	0	1	0	0	6	C



Bomba de vinaza preconcentrada a Evaporación B	PC0412B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de vacío A mostera evaporativa	PV0413A	2	2	0	0	1	0	0	5	C
Bomba de vacío B mostera evaporativa	PV0413B	2	2	0	0	1	0	0	5	C
Enfriador agua de sello PV0413A	EX_PV0413A	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Enfriador agua de sello PV0413B	EX_PV0413B	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Tanque pulmón de vinaza preconcentrada	TK0409	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Bomba de recirculación reboiler mostera 1 A	PC0402A	4	2	2	0	1	0	0	9	B
Bomba de recirculación reboiler mostera 1 B	PC0402B	4	2	2	0	1	0	0	9	B
Columna mostera 1	TD0401	4	4	3	2	1	1	2	17	A
Reboiler columna mostera 1	EX0401	4	4	2	2	1	1	2	16	A
Condensador venteos tope mostera 1	EX0407	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Condensador venteos reboiler mostera 1	EX0406	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Condensador vapores desgasificador	EX0408	2	1	0	0	1	1	0	5	C
Tanque de vacío buffer	TK0405	2	2	0	0	1	0	1	6	C
Tanque de agua de sello sistema de vacío	TK0406	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Tanque de alcohol impuro	TK0401	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Separador de vapor de reboiler	TK0404	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Bomba vinaza pesada mostera 1 A	PC0404A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba vinaza pesada mostera 1 B	PC0404B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de vacío A mostera 1	PV0401A	2	2	0	0	1	0	0	5	C
Bomba de vacío B mostera 1	PV0401B	2	2	0	0	1	0	0	5	C
Columna rectificadora 2	TD0402	4	4	3	2	1	1	2	17	A
Reboiler columna rectificadora TD0402	EX0402	4	4	2	2	1	1	2	16	A
Condensador de venteos de reboilers 1 y 2	EX0409	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Bomba A separador condensador EX0409	PC0418A	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Bomba B separador condensador EX0409	PC0418B	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Bomba de recirculación rectificadora TD402 A	PC0403A	4	2	2	0	1	0	0	9	B
Bomba de recirculación rectificadora TD402 B	PC0403B	4	2	2	0	1	0	0	9	B
Bomba reflujo columna rectif. 2 A	PC0408A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba reflujo columna rectif. 2 B	PC0408B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de trasvase fondo rectificadora TD402 A	PC0405A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de trasvase fondo rectificadora TD402 B	PC0405B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de trasvase zona media rectif. TD402 A	PC0410A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de trasvase zona media rectif. TD402 B	PC0410B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Tanque de reflujo columna rectificación 2	TK0402	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Precalentador de alcohol a TD0402	EX0405	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Scrubber venteos de destilería	TA0401	2	2	0	0	1	0	1	6	C
Bomba de scrubber de venteo	PC0419	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Enfriador scrubber de venteo destilería	EX0422	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Columna de rectificación 1	TD0403	4	4	3	2	1	1	2	17	A
Reboiler columna de rectificación 1	EX0403	4	4	2	2	1	1	2	16	A
Tanque de reflujo rectificadora TD0403	TK0403	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Bomba reflujo rectificadora TD0403 A	PC0409A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba reflujo rectificadora TD0403 B	PC0409B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Primer precalentador de alcohol a TD0403	EX0411	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Segundo precalentador de alcohol a TD0403	EX0412	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Precalentador de vino liviano	EX0413	2	1	0	0	1	1	0	5	C
Bomba alcohol impuro A	PC0407A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba alcohol impuro B	PC0407B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Enfriador de alcohol hidratado a Anhidratación	EX0421	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Enfriador de fusel	EX0414	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Separador de fusel	TK0407	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Tanque de fusel	TK0408	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Bomba de fusel A	PC0411A	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Bomba de fusel B	PC0411B	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Bomba de agua de sellos Destilería	PC0420	2	1	0	0	1	0	1	5	C

Tabla 15 Análisis de Criticidad de Destilería

De 76 equipos, 9 (12%) son Críticos: las 4 columnas (IC = 17 c/u) y sus reboilers asociados (IC = 16), por operar en serie sin bypass entre ellas. El resto del sector — bombas redundantes y condensadores secundarios— se distribuye entre 21 (28%) Semicríticos y 46 (61%) No Críticos.

4.3.3.9. Sector Anhidración

Obtiene bioetanol anhidro mediante adsorción en tres tamices moleculares que operan en ciclo rotativo (2 en producción, 1 en regeneración).

Equipo	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Evaporador sobrecalentador	EX0503	4	4	3	2	1	1	2	17	A
Válvula de corte de vapor a reboiler anhidratación	VO_0513	4	1	2	0	1	0	2	10	B
Tamiz molecular 1	TA0501	2	4	2	2	1	1	1	13	A
Válvulas de proceso Tamiz 1	VO_0501/02/03/04	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula de seguridad Tamiz 1	VS_TA0501	0	1	3	0	1	0	0	5	C
Tamiz molecular 2	TA0502	2	4	2	2	1	1	1	13	A
Válvulas de proceso Tamiz 2	VO_0505/06/07/08	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula de seguridad Tamiz 2	VS_TA0502	0	1	3	0	1	0	0	5	C
Tamiz molecular 3	TA0503	2	4	2	2	1	1	1	13	A
Válvulas de proceso Tamiz 3 (entrada/salida/regeneración/vacío)	VO_0509/10/11/12	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula de seguridad Tamiz 3	VS_TA0503	0	1	3	0	1	0	0	5	C
Válvula reguladora salida de anhidratación	VR_0503	4	1	2	0	1	0	2	10	B
Condensador de Producto	EX0501	4	2	0	0	1	1	2	10	B
Bomba de alcohol anhidro A	PC0501A	4	1	2	0	1	0	0	8	B
Bomba de alcohol anhidro B	PC0501B	4	1	2	0	1	0	0	8	B
Condensador de sistema de vacío	EX0502	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Separador de líquido sistema de vacío	TK0504	2	2	2	2	1	0	1	10	B
Bomba de vacío A	PV0504A	4	2	0	0	1	0	0	7	B
Bomba de vacío B	PV0504B	4	2	0	0	1	0	0	7	B
Bomba de alcohol de regeneración A	PC0502A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de alcohol de regeneración B	PC0502B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Tanque de sello bombas de vacío	TK0505	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Bomba de flegmas A	PC0503A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de flegmas B	PC0503B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Intercambiador de calor (flegmas)	EX0504	2	1	0	0	1	1	1	6	C
Válvula reguladora de vapor a anhidratación	VR_0501	4	1	2	0	1	0	1	9	B
Válvula reguladora de alcohol a anhidratación	VR_0502	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula reguladora de inyección de bautizado	VR_0504	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Válvula de agua de proceso a bombas de vacío	VO_0514	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula de alivio de vapor de EX0503	VS_EX0501	0	1	3	0	1	0	0	5	C

Tabla 16 Análisis de Criticidad de Anhidración

De 30 Equipos, 4 (13%) son Críticos: el Evaporador sobrecalentador y los tres tamices moleculares. La criticidad de los tamices no proviene del riesgo de parada —su redundancia funcional la descarta— sino de su elevado valor técnico-económico y dependencia de importación de zeolitas. 9 (30%) son Semicríticos y 17 (57%) No Críticos.

4.3.3.10. Sector Evaporación

Concentra la vinaza liviana mediante un tren de tres efectos en cascada térmicamente integrados, operados en vacío.

Equipos	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Precalentador vinaza 1	EX0604	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Precalentador de vinaza 2	EX0605	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Precalentador de vinaza 3	EX0606	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Evaporador efecto 1 A (Alfa Vap 650)	EX0601A	4	4	2	2	1	1	2	16	A
Evaporador efecto 1 B (Alfa Vap 650)	EX0601B	4	4	2	2	1	1	2	16	A
Separador ciclónico efecto 1 A	TK0601A	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Separador ciclónico efecto 1 B	TK0601B	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Bomba reciclo efecto 1	PC0601A	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Bomba reciclo trasvase efecto 1 a efecto 3	PC0601B	2	1	2	0	1	0	1	7	B
Termocompresor 1	JT0601	4	4	2	2	1	1	2	16	A
Termocompresor 2	JT0602	4	4	2	2	1	1	2	16	A
Reguladora de vapor a Termo 1	VR_0601	4	1	2	0	1	0	1	9	B
Reguladora de vapor a Termo 2	VR_0602	4	1	2	0	1	0	1	9	B
Evaporador efecto 2 (Alfa Flash 300)	EX0602	4	4	2	2	1	1	2	16	A
Separador ciclónico efecto 2	TK0602	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Bomba reciclo efecto 2 A	PC0602A	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Bomba reciclo efecto 2 B	PC0602B	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Bomba reciclo trasvase efecto 2	PC0602C	4	2	2	0	1	0	1	10	B
Evaporador efecto 3 (Alfa Flash 300)	EX0603	4	4	2	2	1	1	2	16	A
Separador ciclónico efecto 3 A	TK0603A	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Separador ciclónico efecto 3 B	TK0603B	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Bomba reciclo efecto 3 A	PC0603A	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Bomba reciclo efecto 3 B	PC0603B	2	2	2	0	1	0	0	7	B
Bomba reciclo trasvase efecto 3	PC0603C	4	2	2	0	1	0	1	10	B
Tanque colector de condensados	TK0604	2	2	0	0	1	0	1	6	C
Bomba tanque colector de condensados	PC0604	2	2	0	0	1	0	1	6	C
Condensador principal Alfacond 800	EX0607	4	4	0	2	1	1	2	14	A
Condensador final refrigerado	EX0608	2	2	0	2	1	1	1	9	B
Bomba de vacío Nash A	PV0608A	4	2	0	2	1	0	0	9	B
Bomba de vacío Nash B	PV0608B	4	2	0	2	1	0	0	9	B
Equipo de frío (Chiller)	EC0601	2	2	0	2	1	1	1	9	B
Bomba chiller	PC0605	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Tanque agua de sello sistema de vacío	TK0605	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Intercambiador chiller agua de sello	EX0609	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Tanque de purgas sistema de vacío	TK0606	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Bomba tanque de purgas	PC0606	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula de ingreso de agua a evaporación	VO_0601	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Bomba de agua de sellos Evaporación	PC0620	2	1	0	0	1	0	1	5	C

Tabla 17 Análisis de Criticidad Evaporación

De 38 Equipos, 7 (18%) son Críticos y 22 (58%) Semicríticos. Esta elevada proporción conjunta (76%) es propia de un tren en serie donde ningún efecto admite bypass sin perder la cascada térmica.

4.3.3.11. Sector Separación

Tres decanters centrífugos separan la vinaza concentrada en WDGS (sólido) y vinaza liviana (líquido); operan de forma simultánea y constante.

Equipos	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Decanter 1	SD0701	2	4	3	2	1	1	1	14	A
Decanter 2	SD0702	2	4	3	2	1	1	1	14	A
Decanter 3	SD0703	2	4	3	2	1	1	1	14	A
Válvula ingreso vinaza pesada a decanter 1	VO_0701	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula ingreso vinaza pesada a decanter 2	VO_0702	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula ingreso vinaza pesada a decanter 3	VO_0703	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula ingreso vinaza liviana a decanter 1	VO_0704	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula ingreso vinaza liviana a decanter 2	VO_0705	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula ingreso vinaza liviana a decanter 3	VO_0706	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Reguladora de alimentación a decanter 1	VR_0701	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Reguladora de alimentación a decanter 2	VR_0702	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Reguladora de alimentación a decanter 3	VR_0703	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Sin fin mezclador bajo decaners	CT0701	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Reguladora de concentrado a tornillo	VR_0705	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Transportador de WDGS	CC0701	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Tornillo a camión	CT0702	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Tanque pulmón de vinaza liviana	TK0706	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Tanque colector de lavado de decaners	TK0707	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Bomba de lavados de decaners a TK705	PC0707	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Bomba de vinaza liviana a tanques 703/704 A	PC0706A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de vinaza liviana a tanques 703/704 B	PC0706B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Clapeta lavado decanter 1	XX0701	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Clapeta lavado decanter 2	XX0702	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Clapeta lavado decanter 3	XX0703	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Válvula de purga de lavado decanter 1	VO_0707	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula de purga de lavado decanter 2	VO_0708	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula de purga de lavado decanter 3	VO_0709	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula descarga de liviana decanter 1	VO_0710	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula descarga de liviana decanter 2	VO_0711	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula descarga de liviana decanter 3	VO_0712	0	1	0	0	1	0	0	2	C

Tabla 18 Análisis de Criticidad Separación

De 30 Equipos, 3 (10%) son Críticos —los tres decaners, sin unidad de respaldo ociosa, 3 (10%) Semicríticos y 24 (80%) No Críticos.

4.3.3.12. Sector CIP Evaporación

Central de limpieza in situ que abastece a Evaporación y Destilería, con amplia redundancia de bombas.

Equipos	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Bomba de CIP A	PC0611A	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Bomba de CIP B	PC0611B	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Bomba de CIP C	PC0611C	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Bomba de CIP Agotado D	PC0611D	0	1	2	0	1	0	1	5	C
Bomba de CIP Agotado E	PC0611E	0	1	2	0	1	0	1	5	C
Bomba tanque condensado acero inox A	PC0615A	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Bomba tanque condensado acero inox B	PC0615B	2	1	0	0	1	0	0	4	C



Tanque CIP agotado 1	TK0611	0	1	2	0	1	0	1	5	C
Tanque CIP agotado 2	TK0612	0	1	2	0	1	0	1	5	C
Tanque CIP agotado 3	TK0613	0	1	2	0	1	0	1	5	C
Tanque CIP agotado 4	TK0614	0	1	2	0	1	0	1	5	C
Tanque condensado acero inoxidable	TK0615	2	2	0	0	1	0	1	6	C
Tanque fibra condensado	TK0616	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Reguladora de condensado a TK0106	VR_0611	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula reguladora de purga de condensado	VR0602	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula reguladora de retorno de CIP agotado	VR0601	0	1	0	0	1	0	0	2	C

Tabla 19 Análisis de Criticidad de Sector CIP Evaporación

La totalidad de los 16 Equipos se clasifica como No Crítico, consistente con su función de servicio auxiliar.

4.3.3.13. Sector Vinazas

Tanques pulmón que conectan las etapas de concentración de vinaza entre Separación, Evaporación y Destilería.

Equipos	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Tanque de vinaza liviana	TK0704	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Bomba de vinaza liviana A	PC0704A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de vinaza liviana B	PC0704B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de vinaza liviana C	PC0704C	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de vinaza liviana E	PC0704E	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Tanque de vinaza pesada	TK0705	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Bomba de vinaza pesada A	PC0705A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de vinaza pesada B	PC0705B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Tanque de vinaza preconcentrada	TK0703	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Bomba de vinaza preconcentrada D	PC0704D	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de vinaza preconcentrada F	PC0704F	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Tanque de concentrado	TK0701	2	2	2	0	1	0	1	8	B
Bomba de concentrado a sin fin A	PC0701A	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Bomba de concentrado a sin fin B	PC0701B	2	1	2	0	1	0	0	6	C
Válvula de agua a Efecto 1	VO_0723	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula de concentrado a TK0701	VO_0721	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula de concentrado a TK0703/704	VO_0722	2	1	0	0	1	0	1	5	C

Tabla 20 Análisis de Criticidad de Vinazas

Ningún equipo alcanza criticidad Crítica; 4 (24%) son Semicríticos (los cuatro tanques pulmón) y 13 (76%) No Críticos, dado que la capacidad de buffer de los tanques absorbe variaciones transitorias entre sectores.

4.3.3.14. Sector CIP Fermentación

Central de limpieza con cuatro tanques de función fija y distinta (solución, agua, aforo de NaOH), no intercambiables entre sí.

Equipo	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Tanque 1 Central CIP Fermentación	TK0315	2	2	2	0	1	0	2	9	B
Tanque 2 Central CIP Fermentación	TK0316	2	2	2	0	1	0	2	9	B
Tanque Agua Central CIP Fermentación	TK0317	2	1	0	0	1	0	2	6	C
Tanque de aforo de NaOH 48%	TK0318	0	1	2	0	1	0	2	6	C
Calentador de solución CIP-Fermentación	EX0315	2	2	0	0	1	1	2	8	B
Bomba de central CIP Fermentación A	PC0315A	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Bomba de central CIP Fermentación B	PC0315B	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Bomba de NaOH 48% a tks CIP Fermentación	PC0318	0	1	2	0	1	0	1	5	C
Válvula de CIP a intercambiadores	VO_0361	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Válvula de recirculación de CIP en TK0315	VO_0376	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula de recirculación de CIP en TK0316	VO_0360	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula de envío de CIP agotado a evaporación	VO_0368	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula de dosificación de NaOH a TK0315	VO_0369	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula de dosificación de NaOH a TK0316	VO_0370	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula de ingreso de soda a tanque de aforo	VO_0371	0	1	0	0	1	0	0	2	C

Tabla 21 Análisis de Criticidad de Sector de CIP de Fermentación

Ningún equipo alcanza criticidad Crítica; los cuatro tanques y el calentador de solución se ubican en semicrítico por su carácter de paso único dentro del circuito de limpieza.

4.3.3.15. Sector Secado

Dos líneas de secado independientes entre sí, cada una con horno rotativo de tubos, mixer, molino y enfriador de bandeja.

Equipo	Código	IS	VTE	ID	L	C	M	F	Total	Crit.
Tornillo Dosificador a Horno 1	CT0810	4	2	2	2	1	0	2	13	A
Cuchilla alimentación a Horno 1	XX_0813	2	1	0	0	1	0	2	6	C
Tornillo reciclo de burlanda húmeda a horno 1	CT0811	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Válvula rotativa reciclo de horno 1	CR0818	4	1	2	0	1	0	2	10	B
Mixer horno de secado 1	MD0810	4	2	2	2	1	1	2	14	A
Tornillo de alimentación horno de secado A	CT0812	4	1	2	0	1	0	2	10	B
Horno de secado de burlanda 1	DR0810	4	4	5	2	1	1	2	19	A
Bomba de lubricación Horno 1	DR0810B	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Válvula reguladora de vapor a línea 1	VR_0810	4	1	3	0	1	0	2	11	B
Válvula de vapor a línea 1	VO_0812	4	1	3	0	1	0	2	11	B
Válvula de inyección de vapor de emergencia línea 1	VO_0810	0	2	3	0	1	0	0	6	C
Válvula de alivio de horno 1	VS_DR0810	0	1	3	0	1	0	0	5	C
Tornillo de salida de burlanda horno 1	CT0813	4	1	2	0	1	0	2	10	B
Tornillo de alimentación Molino HM810	CT0814	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Molino de DDGS en línea 1	HM0810	2	2	2	2	1	1	1	11	B
Tornillo de alimentación enfriador línea 1	CT0815	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Enfriador de línea 1	EX0810	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Dispensador de caída en enfriador línea 1	DT0812	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Aspirador Enfriador línea 1	BL0811	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Ciclón de vahos de enfriador línea 1	SC0811	0	1	0	0	1	0	0	2	C



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

Válvula rotativa ciclón enfriador línea 1	CR0813	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Tornillo de enfriador a noria línea 1	CT0816	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Aspirador horno de secado 1	BL0810	4	2	0	0	1	0	2	9	B
Ciclón Vahos de horno 1 A	SC0810A	2	2	3	0	1	0	1	9	B
Ciclón Vahos de horno 1 B	SC0810B	2	2	3	0	1	0	1	9	B
Válvula rotativa ciclón SC0810A	CR0810A	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula rotativa ciclón SC0810B	CR0810B	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Tornillo Dosificador a Horno 2	CT0820	4	2	2	2	1	0	2	13	A
Cuchilla alimentación a Horno 2	XX_0823	2	1	0	0	1	0	2	6	C
Tornillo reciclo de burlanda húmeda a horno 2	CT0821	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Válvula rotativa reciclo de horno 2	CR0828	4	1	2	0	1	0	2	10	B
Mixer horno de secado 2	MD0820	4	2	2	2	1	1	2	14	A
Tornillo de alimentación horno de secado 2	CT0822	4	1	2	0	1	0	2	10	B
Horno de secado de burlanda 2	DR0820	4	4	5	2	1	1	2	19	A
Bomba de lubricación Horno 2	DR0820B	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Válvula reguladora de vapor a línea 2	VR_0820	4	1	3	0	1	0	2	11	B
Válvula de vapor a línea 2	VO_0822	4	1	3	0	1	0	2	11	B
Válvula de inyección de vapor de emergencia línea 2	VO_0820	0	2	3	0	1	0	0	6	C
Válvula de alivio de horno 2	VS_DR0820	0	1	3	0	1	0	0	5	C
Tornillo de salida de burlanda horno 2	CT0823	4	1	2	0	1	0	2	10	B
Tornillo de alimentación Molino HM820	CT0824	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Molino de DDGS en línea 2	HM0820	2	2	2	2	1	1	1	11	B
Tornillo de alimentación enfriador línea 2	CT0825	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Enfriador de línea 2	EX0820	2	2	0	0	1	1	1	7	B
Dispensador de caída en enfriador línea 2	DT0822	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Aspirador Enfriador 2	BL0821	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Ciclón de vahos de enfriador línea 2	SC0821	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Válvula rotativa ciclón enfriador 2	CR0823	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Tornillo de enfriador a noria línea 2	CT0826	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Aspirador horno de secado 2	BL0820	4	2	0	0	1	0	2	9	B
Ciclón Vahos de horno 2 A	SC0820A	2	2	3	0	1	0	1	9	B
Ciclón Vahos de horno 2 B	SC0820B	2	2	3	0	1	0	1	9	B
Válvula rotativa ciclón SC0820A	CR0820A	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Válvula rotativa ciclón SC0820B	CR0820B	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Reguladora principal de vapor a secado	VR0801	4	1	2	0	1	0	2	10	B
Tanque colector de condensado	TK0801	2	2	0	0	1	0	1	6	C
Válvula reguladora de nivel TK0801	VR0804	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Bomba de retorno de condensado A	PC0801A	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Bomba de retorno de condensado B	PC0801B	2	1	0	0	1	0	0	4	C
Clapeta defectora en descarga de noria	DT0801	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Tolva aérea en descarga de noria	KT0801	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Tornillo inclinado alimentación de WDGS a hornos	CT0801	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Tornillo de alimentación de WDGS a hornos	CT0802	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Tornillo carga de camiones	CT0803	0	1	0	0	1	0	1	3	C
Cuchilla de descarga tolva aérea de DDGS	XX0801	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Cuchilla de CT0803 a camión	XX0803	0	1	0	0	1	0	0	2	C
Noria de DDGS	CN0801	4	2	2	0	1	0	2	11	B
Noria para carga de DDGS en celda	CN_0802	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Redler 1 DDGS a celda	CC_0801	4	2	2	2	1	0	2	13	A
Redler 2 DDGS a celda	CC_0802	4	2	2	2	1	0	2	13	A
Redler 3 DDGS a celda	CC_0803	4	2	2	2	1	0	2	13	A
Redler 4 DDGS a celda	CC_0804	4	2	2	2	1	0	2	13	A
Redler 5 DDGS a celda	CC_0805	4	2	2	2	1	0	2	13	A
Redler 6 DDGS a celda	CC_0806	4	2	2	2	1	0	2	13	A
Redler 7 DDGS a celda	CC_0807	4	2	2	2	1	0	2	13	A
Redler 8 DDGS a celda	CC_0808	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Redler 9 DDGS subsuelo	CC_0809	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Redler 10 DDGS subsuelo	CC_0810	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Redler 11 DDGS subsuelo	CC_0811	2	1	0	0	1	0	1	5	C



Redler 12 DDGS subsuelo	CC_0812	2	1	0	0	1	0	1	5	C
Redler 13 DDGS subsuelo	CC_0813	2	1	0	0	1	0	1	5	C

Tabla 22 Análisis de Criticidad de Secado

De 81 Equipos 13(16%) son Críticos: los Hornos de secado (IC = 19, el más alto del capítulo, por riesgo de deflagración por polvo combustible), los Mixers y los Tornillos dosificadores de cada línea. Los redlers de transporte a celda no alcanzan criticidad gracias al desvío automático a silo pulmón ante falla. 28 (35%) son Semicríticos y 40 (41%) No Críticos.

4.3.3.16. Síntesis general

Se evaluaron 487 subequipos electromecánicos de proceso en los 14 sectores de la planta bajo el modelo de García Garrido, con los criterios de corrección definidos en 4.3.3.1.

Sector	Total	A	B	C	% Crítico
Acopio	31	4	10	19	12%
Molienda	43	6	11	26	14%
Licuefacción	48	5	24	19	10%
Propagación	8	0	6	2	0%
Fermentación	49	7	19	29	14%
Preheater	5	0	5	0	0%
Destilería	76	9	21	46	12%
Anhidratación	30	4	9	17	13%
Evaporación	38	7	22	9	18%
Separación	30	3	3	24	10%
CIP Evaporación	16	0	0	16	0%
Vinazas	17	0	4	13	0%
CIP Fermentación	15	0	3	12	0%
Secado	81	13	28	40	16%
TOTAL PLANTA	487	59	165	272	12%

Tabla 23 Resumen Análisis de Criticidad de Planta

A nivel de planta, el 12% de los equipos (59 de 487) es Crítico, el 34% (165) Semicrítico y el 55% (272) No Crítico, distribución concentrada en una minoría de activos



que corrige la sobreestimación detectada en el análisis preliminar. Los sectores con mayor proporción de Críticos son Fermentación, Evaporación (18%) y Destilería (12%), por tratarse de trenes de separación térmica en serie sin posibilidad de bypass. Los sectores de servicio auxiliar (CIP, Preheater) no registran equipos Críticos.

4.3.4. Vinculación entre equipos críticos y materiales críticos

El análisis de criticidad por sectores desarrollado en el punto anterior establece qué equipos son prioritarios. El siguiente paso es trasladar esa prioridad desde el nivel del activo hasta el nivel del repuesto, determinando qué componentes específicos son los que deben estar disponibles en el pañol para sostener la operación de esos equipos críticos.

Para establecer esta vinculación, se analizaron 1.694 solicitudes de trabajo registradas en el sistema Finnegans durante el período de estudio. Este análisis permitió incorporar una visión basada en datos históricos reales de fallas, complementando el análisis de criticidad teórico con la evidencia operativa de lo que realmente falla en la planta. Los resultados revelaron tres patrones que determinan la estructura del análisis de componentes críticos:

SOLICITUDES POR TIPO DE EQUIPO

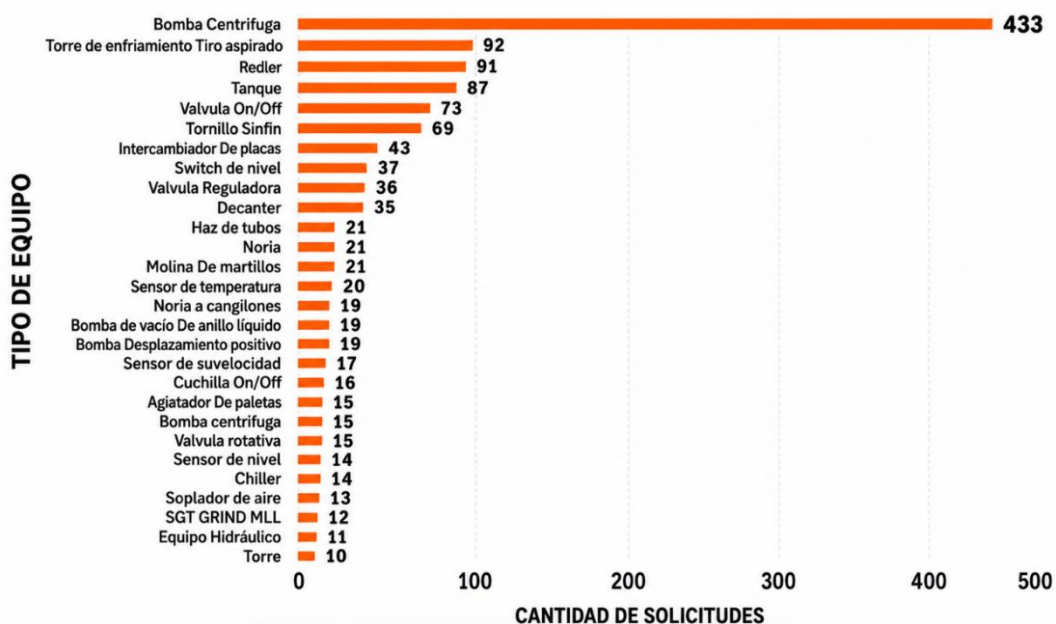


Figura 12 Análisis de Solicitudes por Tipo de Equipos

Fuente Propia (Power BI)

● Mecánico ● Instrumental ● Eléctrico ● Intendencia

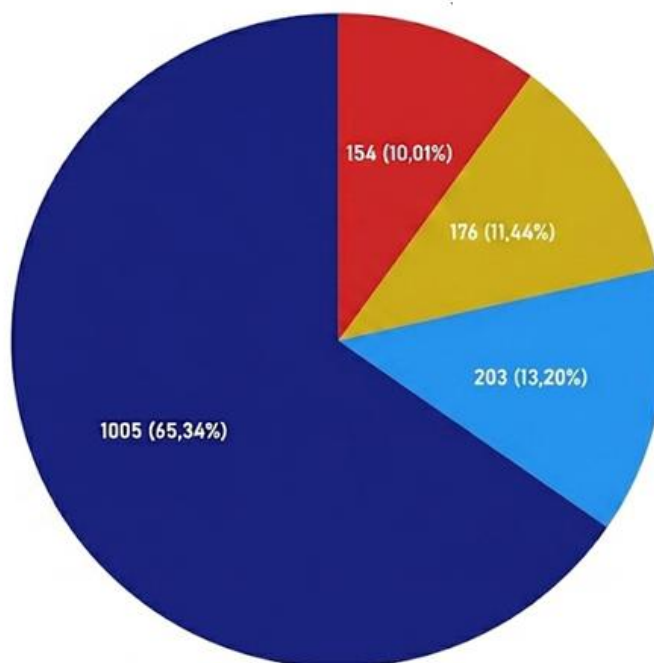


Figura 13 Análisis de Cantidad de Solicitudes por Tipo de Problema

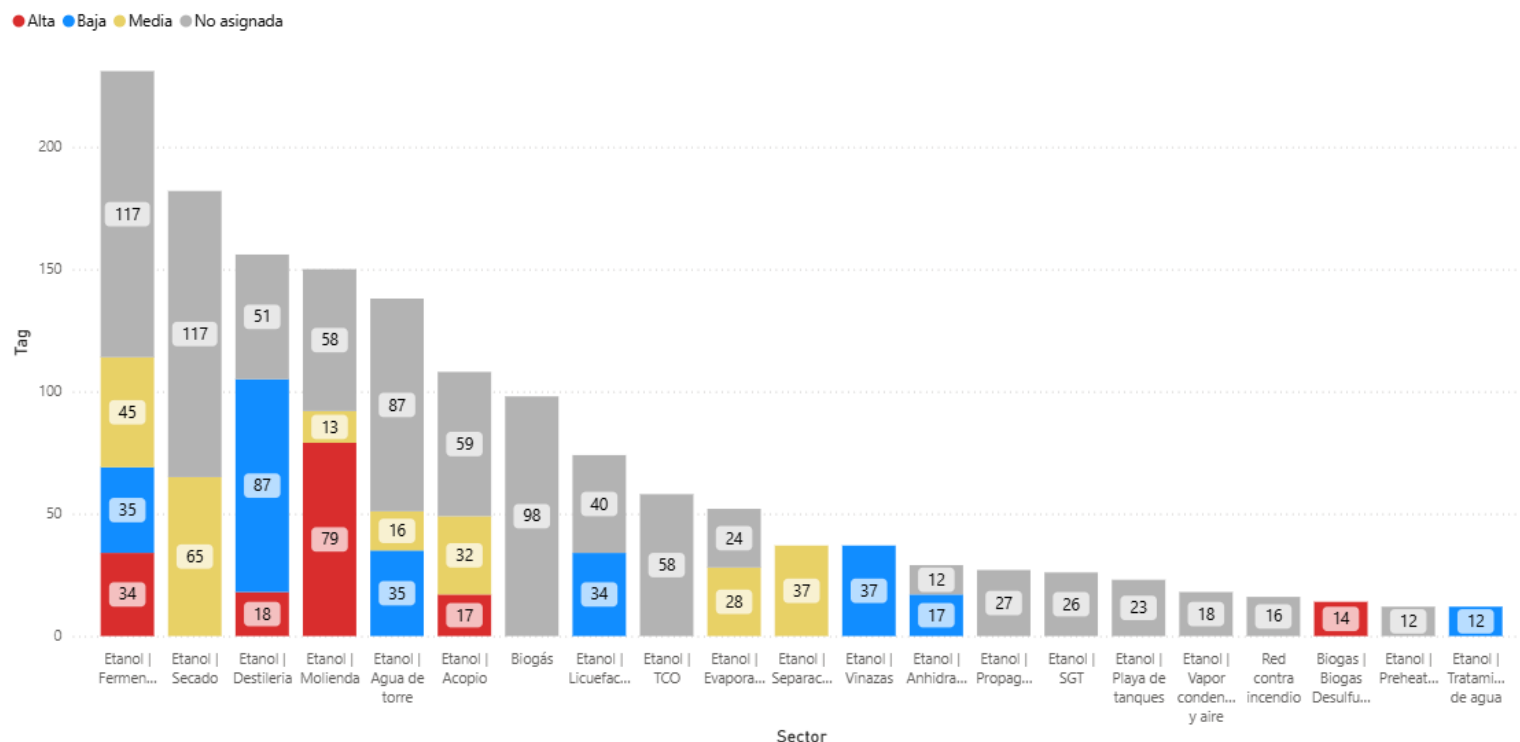


Figura 14 Distribución de Solicitudes por Sectores (Fuente Propia Power bi)

Hallazgo	Dato	Implicancia para la gestión del inventario
Alta concentración en equipos rotativos	Las bombas centrífugas concentran 433 intervenciones 25,6% del total de las 1.694 OT analizadas muy por encima del resto de los equipos.	Los repuestos de bombas centrífugas (sellos mecánicos, rodamientos, retenes) deben constituir el núcleo del stock permanente del pañol.
Predominio de fallas mecánicas	El 65,34% de las fallas son de naturaleza mecánica. Instrumentales representan el 13,2% y eléctricas el 11,44%.	El inventario del pañol debe priorizarse hacia componentes mecánicos de desgaste (juntas de fricción, elementos rodantes, elastómeros), no hacia repuestos eléctricos o electrónicos de baja frecuencia.
Concentración sectorial	Fermentación, Destilería y Biogás concentran la mayor densidad de intervenciones, coincidiendo con las áreas de mayor exigencia operativa identificadas en el análisis de criticidad.	La asignación de stock debe ser proporcional a la densidad de intervenciones por sector, con mayor nivel de reposición en los sectores de alta exigencia.

Tabla 24 Análisis de Tendencias de Fallas (Tipo de equipos /Sectores/Tipo de Problemas)

Estos tres patrones confirman que las fallas no se distribuyen uniformemente en la planta: responden a lógicas predecibles de operación, tipo de equipamiento y nivel de

exigencia del proceso. Esta predictibilidad es precisamente lo que hace posible diseñar un sistema de inventarios eficiente: no es necesario tener stock de todo, sino tener el stock correcto donde se necesita.

4.3.5. Análisis de modos de falla (AMFE)

Con el contexto operativo establecido por el análisis de criticidad y el patrón de fallas histórico, se desarrolló el Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE) para los seis grupos de equipos de mayor recurrencia de intervención: bombas centrífugas, reductores de velocidad, agitadores de paletas, equipos de transporte mecánico de sólidos, intercambiadores de calor de placas y torres de enfriamiento. El objetivo del AMFE es identificar, para cada componente del equipo, cuál es el modo de falla más probable, cuál es su causa raíz y cuál es la acción de mantenimiento más eficiente para prevenirlo o anticiparlo.

La combinación del resultado del AMFE con la criticidad del equipo (IC) define qué componentes deben tener stock permanente en el paño: aquellos que fallan frecuentemente en equipos de alta criticidad y qué componentes pueden gestionarse bajo demanda aquellos que fallan raramente en equipos con redundancia activa.

Tipo de mantenimiento	Código	Descripción
Preventivo	PREV	Intervención planificada a intervalos fijos para evitar la falla antes que ocurra.
Predictivo	PRED	Monitoreo de condición (vibración, temperatura, análisis de aceite) para anticipar la falla.
Correctivo	CORR	Intervención ante falla detectada; se planifica para minimizar el impacto sobre el proceso.

Tabla 25 Tipos de Mantenimiento (AMFE)

4.3.5.2. Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas son los equipos de mayor recurrencia de intervención en la planta, con 433 OT registradas. Su distribución en todos los sectores del proceso (molienda, licuefacción, fermentación, destilería, evaporación, anhidración, vinaza, CIP y secado) los convierte en el componente de mayor impacto transversal sobre el inventario del paño. La conclusión central del AMFE de bombas es que la degradación parte invariablemente de la desviación de las condiciones de operación respecto al punto de diseño cavitación, marcha en seco o desalineación y converge hacia el deterioro del sello mecánico como primer elemento de falla visible.



Componente	Modo de falla	Causa raíz	Efecto sobre el equipo	Efecto sobre el proceso	Acción recomendada	Tipo
Sello mecánico	Fuga externa por desgaste de caras	Operación prolongada; fluido abrasivo o corrosivo; vibración por cavitación o desalineación	Goteo visible en zona del sello; manchas de fluido en la base; pérdida de presión	Contaminación del área; pérdida de fluido de proceso; riesgo ambiental; parada para sustitución	Inspección visual en rondas (1x/turno); sustitución preventiva según plan MP; stock permanente de sellos críticos en pañol	PREV
Sello mecánico	Marcha en seco por ausencia de fluido	Arranque sin cebar la bomba; vaciado del tanque de aspiración; bloqueo de línea de aspiración	Daño irreversible de caras mecánicas en segundos; sobrecalentamiento en la zona del sello	Rotura del sello y fuga masiva; daño secundario en rodamiento; sustitución completa del sello	Enclavamiento de nivel mínimo en tanque de aspiración; protocolo de cebado antes de arranque	PREV
Rodamientos del eje	Desgaste por lubricación deficiente	Lubricante envejecido o viscosidad incorrecta; contaminación por agua; nivel de aceite bajo	Temperatura >70°C; vibración creciente; ruido anómalo	Gripado con parada abrupta; daño secundario en sello; daño en eje en casos extremos	Lubricación periódica según plan MP; monitoreo de temperatura en rondas; análisis de vibración en bombas C1	PRED
Rodamientos del eje	Fatiga de pistas por sobrecarga	Operación fuera del rango de caudal de diseño; desalineación del acoplamiento	Descascaramiento de pistas; vibración a frecuencia de defecto	Degradación progresiva hasta gripado; incremento de vibración; parada por protección térmica	Análisis de vibración periódico mensual en bombas C1; corrección de condiciones para operar dentro del rango de diseño	PRED
Impulsor	Cavitación erosiva	NPSH disponible insuficiente; alta temperatura del fluido; operación con caudal fuera del rango	Picaduras y erosión en los álabes; reducción del perfil; pérdida de eficiencia hidráulica	Caída de caudal y presión; vibración e impacto; pérdida de rendimiento aguas abajo	Control de condiciones de aspiración; operación dentro del rango 70–110% del caudal nominal	PRED
Línea de aspiración y filtro	Obstrucción del filtro de aspiración	Acumulación de sólidos en el filtro de canasta; limpieza insuficiente entre campañas	Reducción de la presión de aspiración; cavitación en la bomba	Daño en rodete, sello y rodamientos; pérdida de caudal; riesgo de marcha en seco	Limpieza del filtro según plan preventivo; indicador de caída de presión diferencial	PREV
Eje / Acoplamiento	Desalineación con el motor	Montaje incorrecto post-intervención; desgaste de bancada; dilatación diferencial por temperatura	Cargas radiales y axiales adicionales sobre rodamientos y sello; vibración baja frecuencia	Desgaste prematuro; fatiga del eje en casos crónicos	Verificación de alineación con comparador o laser en toda intervención; registro de medición en OT	PREV

Tabla 26 AMFE (Bombas Centrifugas)

Patrón de degradación de bomba centrífuga: la fuga del sello mecánico es el síntoma más frecuente y el disparador de la mayoría de las OT correctivas. Si la intervención se demora, el fluido de proceso alcanza los rodamientos y contamina el lubricante, generando un segundo modo de falla por desgaste de rodamientos que puede derivar en la parada abrupta del equipo. La secuencia sello → rodamiento explica el 65,34% de las fallas mecánicas registradas en la planta.

4.3.5.3. Reductores de velocidad

Los reductores de velocidad están presentes en agitadores, transportadores, norias y equipos de secado. Los reductores de las norias de acopio y secado y los agitadores de fermentadores presentan la mayor recurrencia de intervenciones: la causa predominante es la lubricación deficiente por intervalos de cambio de aceite no respetados o contaminación del lubricante, que acelera el desgaste de engranajes y rodamientos.

Componente	Modo de falla	Causa raíz	Efecto sobre el equipo	Efecto sobre el proceso	Acción recomendada	Tipo
Tren de engranajes	Desgaste abrasivo de flancos	Lubricante contaminado, viscosidad inadecuada o intervalo de cambio superado	Aumento de holgura entre dientes; ruido y vibración progresivos	Pérdida de eficiencia; incremento de temperatura; riesgo de rotura de diente con parada abrupta	Cambio de aceite anual (OMALA 320); análisis de aceite para detectar partículas metálicas	PREV
Tren de engranajes	Fatiga superficial (pitting)	Cargas cíclicas elevadas; película de lubricante insuficiente en el contacto	Picaduras en el flanco del diente; incremento del nivel de vibración	Degradación progresiva; si no se detecta, progresa a rotura de diente y parada total	Análisis de vibraciones periódico; análisis del lubricante en servicio	PRED
Rodamientos de árbol	Desgaste de pistas por lubricación deficiente	Lubricante envejecido, contaminado o nivel bajo en el baño de aceite	Incremento de temperatura, vibración y ruido; juego axial/radial fuera de especificación	Rotura de pista, bloqueo del árbol y parada total; daño en sello por temperatura	Monitoreo de temperatura y vibración; cambio de aceite según plan preventivo	PRED
Retenes de árbol	Desgaste del labio de estanqueidad	Temperatura elevada; arrastre de partículas; tiempo en servicio superior al recomendado	Fuga de aceite por el eje; ingreso de suciedad o humedad al interior	Contaminación del lubricante; pérdida de nivel en baño; degradación acelerada de componentes	Reemplazo sistemático en cada apertura del reductor; inspección visual en rondas	PREV
Sistema de lubricación	Aceite degradado por oxidación o contaminación de agua	Temperatura elevada; intervalo de cambio superado; condensación en reductores de torres verticales	Aumento de viscosidad; depósitos en canales y engranajes; reducción del film lubricante	Desgaste acelerado de engranajes y rodamientos	Cambio de aceite anual con análisis previo; respiraderos desecantes en reductores de torres verticales	PREV

Tabla 27 AMFE Reductores de Velocidad

Patrón de degradación de reductor: la secuencia es lubricante envejecido → película de lubricante insuficiente →desgaste abrasivo y fatiga superficial → vibración y

temperatura elevadas → rotura de diente o gripado de rodamiento. El cambio periódico de lubricante es el factor preventivo más eficiente y de menor costo relativo respecto al costo de un reductor dañado.

4.3.5.4. Agitadores de paletas

Los agitadores de los fermentadores presentan fallas recurrentes en los rodamientos del eje largo (vibración por desalineación o flexión) y la rotura de paletas por impacto con sólidos sedimentados ha sido una causa identificada de paradas no programadas. La longitud del eje que en los tanques puede superar los 3 metros genera condiciones de flexión y vibración que son el principal factor diferencial de degradación respecto a otros equipos rotativos.

Componente	Modo de falla	Causa raíz	Efecto sobre el equipo	Efecto sobre el proceso	Acción recomendada	Tipo
Rodamientos de eje	Desgaste por vibración de eje largo	Resonancia del eje; desalineación del acoplamiento motor-reductor-eje	Vibración excesiva de la estructura; ruido en rodamientos; fatiga de rodillo	Aceleración de la degradación del sello; riesgo de fatiga del eje	Análisis de vibración en arranque y régimen; verificación de alineación del tren de transmisión	PRED
Paletas	Rotura por impacto con sólidos sedimentados	Arranque con sólidos sedimentados en el fondo del tanque de fermentación	Fractura de paleta; desbalance dinámico; vibración brusca e inmediata	Parada de emergencia; daño secundario en eje y rodamientos	Verificación de nivel y limpieza antes de cada arranque; velocidad de arranque gradual	CORR
Eje de agitación	Flexión permanente (deformación plástica)	Operación con tanque parcialmente vaciado; sobrecargas por alta viscosidad	Eje curvado; vibración permanente; deterioro de sello y rodamientos	Vibración crónica del sistema; degradación acelerada de elementos de estanqueidad	Medición del eje en mantenimiento mayor; sustitución si supera 0,5 mm de excentricidad	PREV
Bujes de eje	Desgaste / corrosión por medios agresivos	Medios agresivos (soluciones ácidas, cáusticas) sin recubrimiento adecuado	Reducción de la sección de alojamiento del eje	Riesgo de fractura por fatiga; movimiento excéntrico	Cambio de bujes de bronce cada 18 meses	PREV

Tabla 28 AMFE Agitadores

4.3.5.5. Equipos de transporte mecánico de sólidos

Los equipos de transporte mecánico de sólidos (tornillos sinfín, redlers y norias de cangilones) conforman el 42% de los TAGs relevados en el sector de Secado y todos están clasificados como críticos. La condición operativa es exigente: material abrasivo, alta temperatura en el área de secado, ambientes con polvo combustible y cargas variables que pueden provocar atascamientos. El factor diferencial en Diaser es que el polvo orgánico (DDGS) en ambiente caliente eleva la criticidad de cualquier falla que genere calor por fricción o impacto, convirtiendo una falla mecánica en un riesgo de seguridad.

4.3.5.5.1. Tornillos Sinfín

Componente	Modo de falla	Causa raíz	Efecto sobre el equipo	Efecto sobre el proceso	Acción recomendada	Tipo
Hélice / espiral	Desgaste abrasivo	Material abrasivo con bajo contenido de humedad; velocidad excesiva; sin revestimiento duro	Reducción del espesor de la hélice; pérdida de eficiencia de transporte	Disminución del caudal; acumulación de material aguas arriba; riesgo de atasco	Inspección del perfil de hélice en paradas anuales; revestimiento con soldadura de desgaste en hélices críticas	PREV
Hélice / espiral	Atasco por acumulación de material	Sobre humedad del material; cuerpos extraños; parada brusca sin vaciado previo	Bloqueo del tornillo; sobrecarga del motor; actuación de protección térmica	Parada inmediata; riesgo de daño en hélice y árbol por esfuerzo de arranque	Control de caudal de alimentación; protocolo de vaciado antes de cada parada	PREV
Árbol / rodamientos de extremo	Desgaste de rodamientos de extremo	Carga radial elevada; contaminación por polvo	Vibración y ruido en los extremos; juego axial/radial fuera de especificación	Gripado con parada brusca	Lubricación periódica; inspección en paradas; reemplazo según condición	PREV

Tabla 29 AMFE Tornillo Sin Fin

4.3.5.5.2. Redlers (Transportadores de Cadena)

Componente	Modo de falla	Causa raíz	Efecto sobre el equipo	Efecto sobre el proceso	Acción recomendada	Tipo
Cadena de arrastre	Elongación y fatiga de eslabones	Cargas cíclicas repetidas; lubricación deficiente; material con alta humedad	Holgura en la cadena; tendencia a saltar del carril; vibración anormal	Pérdida de sincronismo; derrame de material; riesgo de rotura con parada abrupta	Medición de elongación de cadena en paradas; lubricación en PM	PREV
Cadena de arrastre	Rotura de eslabón	Sobrecargas por atasco de material; fatiga avanzada no detectada; cuerpo extraño	Parada inmediata; cadena caída en el recorrido inferior; posible daño en fondo	Parada total abrupta; tiempo de reparación >4 horas	Control de carga de alimentación; inspección visual en rondas; reserva de eslabones en pañol	CORR
Paletas / rasquetas	Desgaste de paletas	Abrasión continua del material granular (DDGS, maíz);	Pérdida de perfil de la rasqueta; reducción de la eficiencia de arrastre	Disminución del caudal efectivo; acumulación de material residual en el fondo	Inspección del perfil en paradas anuales; reemplazo cuando el desgaste supera	PREV

Componente	Modo de falla	Causa raíz	Efecto sobre el equipo	Efecto sobre el proceso	Acción recomendada	Tipo
		temperatura en área de secado >80°C			el 30% del alto original	

Tabla 30 AMFE Transportadores de Cadena

4.3.5.5.3. Norias de cangilones

Componente	Modo de falla	Causa raíz	Efecto sobre el equipo	Efecto sobre el proceso	Acción recomendada	Tipo
Banda porta cangilones	Elongación de cadena	Cargas cíclicas de tracción con material lleno; falta de lubricación en articulaciones	Holgura excesiva; golpeo contra la carcasa; riesgo de descarrilamiento	Derrame de material; vibración de la estructura; riesgo de rotura con parada abrupta	Medición de elongación en paradas; sustitución cuando supere el 2% de la longitud nominal	PREV
Cangilones	Rotura de cangilón por impacto	Impacto contra cuerpo extraño en el pozo de carga; arranque con material solidificado	Fragmento de cangilón en el recorrido; desbalance dinámico en la banda	Vibración brusca; posible daño en cadena o carcasa; riesgo de bloqueo total	Inspección visual en paradas; protocolo de vaciado y limpieza del pozo antes de cada arranque	PREV
Rodamientos extremos	Desgaste de rodamientos	Desalineación del eje de cabeza/cola; contaminación por polvo orgánico; lubricación insuficiente	Vibración y temperatura elevados en los extremos; juego en el eje	Gripado con parada brusca	Lubricación periódica; inspección de temperatura en rondas; análisis de vibración	PRED

Tabla 31 AMFE Norias de Cangilones

4.3.5.6. Intercambiadores de calor de placas

Los intercambiadores de calor de placas están presentes en licuefacción, fermentación, evaporación y el sistema de vinazas. Su degradación sigue dos caminos paralelos: la vía del fouling acumulación gradual de depósitos que reduce la eficiencia térmica de manera progresiva y silenciosa y la vía de las juntas deterioro elastomérico que se manifiesta como fuga externa o cruzada con consecuencias inmediatas sobre la calidad del proceso.

Componente	Modo de falla	Causa raíz	Efecto sobre el equipo	Efecto sobre el proceso	Acción recomendada	Tipo
Juntas elastoméricas	Deterioro por temperatura y agresividad química	Exposición prolongada a soluciones CIP (NaOH) temperatura superior a la máxima de diseño	Pérdida de elasticidad y dureza; micro-fisuras en el perfil de la junta	Fuga entre corrientes (contaminación cruzada) o fuga externa; contaminación del producto	Sustitución preventiva de todas las juntas en cada apertura mayor; stock permanente .	PREV
Juntas elastoméricas	Extrusión de junta por presión excesiva	Presión de operación superior a la de diseño; torque de cierre insuficiente	Junta extruida parcialmente; fuga visible al exterior o entre corrientes	Fuga de fluido de proceso con riesgo de incidente ambiental	Verificación del torque de cierre según fórmula del fabricante; medición de la longitud de apriete (dimensión A)	PREV
Placas metálicas	Fouling biológico y orgánico	Acumulación de proteínas coaguladas, almidón gelatinizado y levaduras muertas	Reducción del coeficiente de transferencia de calor; aumento de la caída de presión	Temperatura de salida del mosto por encima del set point; pérdida de rendimiento; riesgo de pérdida del lote en fermentadores	Ciclos de limpieza CIP según frecuencia definida por el plan MP; registro del ΔT en rondas	PREV
Placas metálicas	Fouling inorgánico (sarro)	Aguas duras con alta concentración de CaCO_3 ; temperatura elevada en el lado agua	Depósito calcáreo en la superficie; reducción del coeficiente de transferencia	Pérdida progresiva de eficiencia térmica; aumento del consumo de energía	Limpieza ácida en CIP programado; control de dureza del agua de servicio	PREV
Placas metálicas	Corrosión por picado (pitting)	Presencia de iones cloruro en el fluido o en el agua de servicio; pH bajo; temperatura elevada	Picaduras puntuales en la superficie; eventual perforación y contacto entre corrientes	Contaminación cruzada de fluidos; riesgo de contaminación del producto	Análisis periódico del agua de servicio (cloro libre < 0,5 ppm); inspección visual de placas en cada apertura	PREV

Tabla 32 AMFE Intercambiadores de Calor

4.3.5.7. Torres de enfriamiento

Las torres de enfriamiento constituyen el sistema auxiliar de mayor impacto sobre la eficiencia térmica global de la planta. Un desvío o pérdida de rendimiento en las torres eleva la temperatura del agua de retorno, afectando directamente la cinética de la fermentación y disminuyendo la eficiencia de separación en las columnas de destilería. El análisis diferencia dos configuraciones con modos de falla y estrategias de mantenimiento completamente distintos.

Parámetro	Torres de Tiro Horizontal (QT1204 A–N)	Torres de Tiro Vertical (QT1201 A/B y QT1202 A/B/C)
Población en planta	14 unidades	5 unidades
Sistema de transmisión	Poleas y correas en V múltiples	Caja reductora de velocidad de engranajes de eje vertical
Modo de falla dominante	Rotura y deslizamiento de correas; desalineación de poleas	Contaminación del lubricante por condensación interna
Tipo de degradación	Evidente y detectable chirridos audibles y vibración visible	Silenciosa el daño interno es severo cuando se manifiesta al exterior
Estrategia de repuestos	Correas de transmisión en stock permanente en pañol	Aceite OMALA 320 + respiraderos desecantes + rodamientos axiales
Acción preventiva clave	Tensado con tensiómetro (nunca a ojo) + realineación láser de poleas	Cambio de aceite semestral + instalación de respiraderos desecantes

Tabla 33 Descripción de Torres

Componente	Modo de falla	Causa raíz	Efecto sobre el equipo	Efecto sobre el proceso	Acción recomendada	Tipo
Torres de Tiro Horizontal QT1204 A hasta N						
Correas en V	Rotura o deslizamiento por fatiga / tensión incorrecta	Tensado manual a ojo; desalineación angular de poleas; envejecimiento elástico	Patinamiento; sobrecalentamiento local en poleas; deshinchamiento y rotura	Pérdida de RPM en el ventilador o detención total del flujo de aire; reducción inmediata de la disipación térmica	Control de tensión mediante tensiómetro en cada intervención; realineación láser de poleas; retensado a las 48 h post-montaje	PREV
Rodamientos de eje de ventilador	Desgaste por contaminación	Entrada de agua o polvo por sellado deficiente; lubricación insuficiente	Incremento de temperatura y vibración; posible bloqueo mecánico	Parada del ventilador; pérdida total del enfriamiento en la celda; temperatura del agua sube rápidamente	Lubricación periódica controlada; rodamientos 2RS; análisis mensual de vibración	PRED
Torres de Tiro Vertical QT1201 A/B y QT1202 A/B/C						
Reductor del ventilador	Fallo de lubricación por condensación interna	Diferencias de temperatura entre marcha y parada generan condensación de agua en el aceite del reductor	Contaminación y emulsión del aceite; corrosión interna; degradación acelerada de engranajes y rodamientos	Desgaste prematuro de flancos de engranajes; fallo del rodamiento axial; parada imprevista y costosa	Cambio de aceite semestral; aditivos anticorrosión; instalación de respiraderos desecantes acción de urgencia	PREV



Relleno de transferencia	Taponamiento por incrustaciones y algas	Agua dura con alto contenido de carbonatos; falta de biocida eficiente; pH no controlado en la pileta	Reducción de la superficie efectiva de contacto aire-agua; canalización severa del flujo	Pérdida drástica de la eficiencia de enfriamiento; temperatura del agua de retorno creciente con impacto en fermentación	Limpieza física y química del relleno en paradas anuales; optimización del tratamiento químico del agua	PREV
--------------------------	---	---	--	--	---	------

Tabla 34 AMFE Torres de Enfriamiento

La experiencia operativa confirma que los sistemas QT1201 y QT1202 presentan una degradación de tipo silenciosa: la contaminación del lubricante y el desgaste inicial de los dientes de los engranajes no emiten señales audibles ni vibratorias externas perceptibles en sus fases tempranas. Cuando la falla se manifiesta al exterior, el daño mecánico interno ya es severo. Esta asimetría entre la degradación real y la señal externa es la que convierte al cambio de aceite semestral y a los respiraderos desecantes en acciones preventivas de altísimo retorno: su costo es marginal respecto al costo de un reductor de torre dañado.

4.3.6. Análisis de componentes críticos

Del análisis conjunto entre la criticidad de los equipos (punto 4.3.3), el patrón histórico de fallas (1.694 OT) y el AMFE desarrollado en el punto anterior, se identificaron y cuantificaron los componentes críticos que deben constituir el núcleo del stock permanente del pañol de mantenimiento. El universo relevado abarca 275 códigos únicos distribuidos en tres familias (rodamientos, sellos mecánicos y retenes) con un total de 916 unidades instaladas en planta.

La clasificación de cada código de componente se deriva directamente de la criticidad del equipo al que pertenece, un componente hereda la categoría A, B o C del equipo en el que está instalado. Cuando un mismo código está presente en equipos de distinta criticidad, se adopta la categoría más alta.

Familia	Cód. A	Cód. B	Cód. C	Cód. Tot.	Ud. A	Ud. B	Ud. C	Ud. Tot.	Stock Fase 1
Rodamientos	28	85	69	182	71	224	309	604	107 cód. A+B
Sellos	0	20	14	34	0	61	40	101	20 cód. B
Retenes	3	27	29	59	12	77	122	211	30 cód. A+B
TOTAL	31	132	112	275	83	362	471	916	157 cód. A+B

Tabla 35 Relevamiento de Criticidad de Componentes y Cantidad de Componentes instalados

Estrategia de stock en dos fases

El análisis del historial de fallas (1.694 órdenes de trabajo registradas en Finnégans durante el período de estudio) evidencia que, en el estado actual de la planta, los equipos semicríticos (B) también generan intervenciones no planificadas con una frecuencia significativa. Este patrón es consistente con una condición de mantenimiento predominantemente reactivo: los equipos han operado sin un plan de intervención integral previo, por lo que su nivel de desgaste y la probabilidad de falla no planificada son superiores al que correspondería a un estado de mantenimiento estabilizado.

En virtud de esta realidad, se adopta una estrategia de stock en dos fases diferenciadas:

Fase	Criticidad	Códigos	Política de stock
Fase 1 (12 meses)	A + B	157	Stock permanente obligatorio para todos los códigos A y B. Criterio adoptado mientras el historial de fallas refleje intervenciones no planificadas en equipos semicríticos, producto del estado de mantenimiento reactivo previo.
Fase 2 (objetivo)	A	31	Stock permanente solo para códigos A. Los códigos B migran a política de revisión periódica (SS/PR/SM calculados), una vez que las intervenciones integrales de restablecimiento lleven los equipos al estándar de mantenimiento planificado.
(referencia)	C	112	Sin stock permanente. Gestión bajo demanda en ambas fases.

Tabla 36 Estrategia de Stock

Durante la Fase 1 (con vigencia de 12 meses a partir de la implementación del presente plan—, el stock permanente obligatorio abarca los 157 códigos de categoría A y B (107 rodamientos, 20 sellos mecánicos y 30 retenes), que cubren 445 unidades instaladas en planta. Este criterio ampliado reconoce explícitamente que, mientras las intervenciones integrales de restablecimiento de los equipos no estén completadas, la probabilidad de falla de los componentes B es operativamente comparable a la de los componentes A en términos de frecuencia de consumo real, aunque no en términos de impacto sobre el proceso.

La Fase 2 comienza cuando el plan de intervenciones integrales lleve los equipos semicríticos al estándar de mantenimiento planificado, momento en el cual los componentes B migran a una política de revisión periódica con punto de reorden (SS/PR/SM) calculados, y el stock permanente queda conformado exclusivamente por los 31 códigos de categoría A. La condición de migración de Fase 1 a Fase 2 es verificable

en Finnegans a través del indicador de equipos fuera de estándar (EFS): cuando el EFS de los equipos B converja a cero, la transición está habilitada.

Fórmulas y parámetros de inventario

Las fórmulas aplicadas para el cálculo de los parámetros de stock son las siguientes ($Z = 1,65$; nivel de servicio 95%):

- $SS = Z \times \sigma d \times \sqrt{LT}$ (colchón estadístico ante variabilidad de la demanda)
- $PR = (d_{diaria} \times LT) + SS$ (nivel al que se emite la orden de compra; siempre $> SS$)
- $SM = PR + SS$ (nivel de alerta máxima; siempre $> PR > SS$)

Familia	LT cód. A	LT cód. B–C	Vida útil estimada
Rodamientos	15 días	15–20 días	A = 1 año · B = 2 años · C = 3 años
Sellos mecánicos (nacionales)	20 días	25 días	A = 1 año · B = 2 años
Sellos mecánicos (LKH / Burgmann / John Crane)	60 días	60 días	A = 1 año · B = 2 años
Retenes	10 días	10–15 días	A = 1 año · B = 2 años · C = 3 años

Tabla 37 Lead time y vida útil estimada por familia

Códigos de categoría A Stock permanente estructural

Los 31 códigos de criticidad A constituyen el núcleo estructural del pañol: permanecen en stock obligatorio en ambas fases, sin excepción. Corresponden en su totalidad a rodamientos (28 códigos) y retenes (3 códigos) de equipos sin redundancia operativa, tales como los molinos de martillo (HM0101/HM0102), la noria y cinta pesadora de alimentación (CN0101/WT0101), los decanters centrífugos (SD0701–SD0703), el tornillo mezclador de mosto (MD0109), la plataforma volcadora (PL0001) y los hornos de secado (DR0810/DR0820). La ausencia de sellos mecánicos en esta categoría es un resultado consistente: los equipos A son predominantemente mecánicos de transmisión y transporte que no incorporan sellos de árbol; las bombas centrífugas que sí los llevan operan en configuración redundante A/B y reciben criticidad B o C.

El listado completo de los 157 códigos de Fase 1 (A y B) con sus parámetros individuales de SS, PR, SM y lead time se presenta en el Anexo I.

Configuración en Finnegans ERP

Campo en Finnégans	Valor a configurar	Descripción operativa
Stock de Seguridad (SS)	= SS calculado	Colchón estadístico siempre disponible; no se consume en operación normal.
Punto de Reorden (PR)	= PR calculado	Dispara solicitud de reposición al llegar a este nivel.
Stock Mínimo (SM)	= PR + SS	Alerta de emergencia; riesgo inmediato si el stock cae por debajo.
Lead time	Según tabla por código	Días desde emisión de OC hasta recepción en pañol.
Pre-alerta (LT ≥ 60 días)	Al doble del PR	Aplica a sellos con proveedores internacionales
Clasificación de fase	Atributo A o B en ítem	Permite filtrar en Finnégans qué códigos son de Fase 1 y cuáles migrarán a Fase 2 al cierre de las intervenciones integrales.

La clasificación de fase (A o B) se registra como atributo de cada ítem en el módulo de inventario de Finnégans, lo que permite generar en cualquier momento un informe de los códigos que migrarán a Fase 2 y monitorear el avance del plan de intervenciones integrales como condición de habilitación de esa transición.

4.3.7. Análisis de materiales asociados a mantenimiento preventivo

El análisis desarrollado en los puntos anteriores (criticidad de equipos, AMFE y componentes críticos) se centró en repuestos cuya demanda es esencialmente reactiva o estadística: se consumen cuando un equipo falla de forma no planificada. Sin embargo, existe un conjunto de materiales cuya demanda es de naturaleza completamente diferente: dependiente y programada. Estos materiales se consumen en intervalos predecibles, vinculados directamente al plan de mantenimiento preventivo, y su gestión no responde a un punto de reorden estadístico sino a un horizonte temporal conocido.

La distinción entre demanda aleatoria y demanda dependiente es fundamental para la gestión del inventario: aplicar los mismos parámetros SS/PR/SM a un kit de decanters que se consume una vez por año en una parada programada que a un sello mecánico que puede consumirse en cualquier momento lleva a errores de dimensionamiento del stock que generan o inmovilización innecesaria de capital o quiebre de stock en el momento de la parada. Los materiales preventivos analizados en esta sección responden al modelo de demanda dependiente programada.



4.3.7.1. Kits de servicio para Centrífugas Decanter (frecuencia anual)

Las centrífugas decanter (SD0701–SD0703) son activos críticos del sector de Separación. Sus condiciones severas de operación (alta velocidad de rotación, fluidos concentrados con sólidos abrasivos) exigen intervenciones mayores de carácter anual que coinciden con la Parada Anual de Planta. El kit de servicio incluye sellos, rodamientos, juntas de transmisión y consumibles de desgaste interno que deben reemplazarse en conjunto en cada apertura mayor.

La estrategia de gestión adoptada es el modelo de Demanda Dependiente por Mantenimiento Preventivo: dado el elevado costo de adquisición del kit, mantenerlo inmovilizado en el pañol durante el ciclo productivo anual representaría un costo de retención de inventario ineficiente. En cambio, se emite la orden de provisión de materiales con anticipación mínima de $2 \times LT$ antes de cada parada anual, reservando el kit en Finnegan bajo el estado lógico 'Reservado Parada Anual' hasta la fecha de intervención planificada.

4.3.7.2. Componentes de recambio para compresores de aire (frecuencia por horas de marcha)

El sistema de aire comprimido actúa como servicio central crítico para la instrumentación y el accionamiento de válvulas neumáticas en toda la planta. A diferencia de los decaners, los compresores de tornillo basan sus ciclos de mantenimiento preventivo en el uso acumulado medido a través de horómetros, con kits específicos para las 2.000, 4.000 y 8.000 horas de marcha. Esta característica introduce una variable que no está presente en los otros materiales preventivos: el disparador de compra no es el calendario sino la tasa de utilización real del activo.

La estrategia adoptada es el Modelo Preventivo basado en Horómetros: la demanda sigue siendo dependiente, pero el momento de compra se calcula en función de las horas restantes hasta el próximo umbral de servicio. Finnegan genera la alerta de compra automáticamente cuando el horómetro del compresor, cargado en el Modelo de Rutinas del equipo, alcanza el umbral configurado menos el lead time de aprovisionamiento del kit.

4.3.7.4. Gestión y relevamiento de lubricantes (aceites y grasas)

El relevamiento de lubricantes se realizó equipo por equipo, relevando los 102 activos rotativos distribuidos en 14 sectores operativos de la planta. Este relevamiento constituye la base técnica del plan de lubricación de parada y es el insumo directo para la parametrización de los códigos de lubricantes en Finnégans. Al tratarse de una intervención sistémica masiva la totalidad de los equipos rotativos se lubrican en la parada anual el foco de la gestión migra desde el cálculo probabilístico de reposición hacia un modelo determinístico de planificación de parada, con un factor de pérdidas y contingencias del 20% sobre la demanda neta calculada, que contempla derrames, residuos de purga y contingencias operativas de campo.

Código	Lubricante / Tipo	Equipos	Vol. Neto Teórico	Vol. con Pérdidas (+20%)	Estado ERP
GEN-LUB-0147	HYSPIN HLP 268 Aceite hidráulico para bombas	68 u.	190,0 L	228,0 L	Reservado Parada Anual
GEN-LUB-0313	OMALA 320 Aceite para reductores de velocidad	33 u.	675,5 L	810,6 L	Reservado Parada Anual
GEN-LUB-COMP	DACNIS SH 46 Aceite para compresores de tornillo	1 u.	25,0 L	30,0 L	Compra por proyecto específico
TOTAL GENERAL	102 equipos	—	890,5 L	1.068,6 L	—

Tabla 38 Cantidad de Aceite

El análisis de la distribución por sector revela un resultado que refleja fielmente el perfil operativo de la planta: solo cuatro áreas (Secado (26,7%), Agua de Torre (19,3%), DDGS (16,2%) y Acopio (15,8%) concentran el 78,0% del volumen total de lubricantes de parada. Este resultado no es casual: son precisamente los sectores con mayor densidad de reductores de velocidad (equipos de transporte de sólidos, norias, torres de enfriamiento) que requieren aceite OMALA 320 en volúmenes significativos por equipo.

Área / Sector	Equipos	HYSPIN (L)	OMALA (L)	Neto Total	Compra bruta (+20%)	% del total
Secado	17	—	238,0 L	238,0 L	285,6 L	26,7%
Agua de Torre	9	22,0 L	150,0 L	172,0 L	206,4 L	19,3%



DDGS	9	—	144,0 L	144,0 L	172,8 L	16,2%
Acopio	9	—	141,0 L	141,0 L	169,2 L	15,8%
Licuefacción	10	14,0 L	92,0 L	106,0 L	127,2 L	11,9%
Molienda	7	4,5 L	41,0 L	70,5 L	84,6 L	7,9%
Destilación	20	58,0 L	—	58,0 L	69,6 L	6,5%
Resto (7 sectores)	21	104,5 L	6,5 L	111,0 L	133,2 L	12,5%
TOTALES PLANTA	102	203,0 L	662,5 L	890,5 L	1.068,6 L	100%

Tabla 39 Relevamiento de Consumo de Aceite por Sector

Flujo de control en Finnegans: al ingresar los lubricantes al pañol en el período T-40 (40 días antes de la parada), el sistema transfiere las existencias al estado lógico 'Reservado Parada Anual', bloqueando su uso para OT correctivas cotidianas. Cada despacho durante la parada se imputa a la OT macro de parada. Las diferencias respecto al 20% de pérdida estimada sirven como KPI para calibrar el modelo en paradas futuras.

4.3.7.5. Análisis de juntas para el servicio de regasketing de intercambiadores de calor

Los 24 intercambiadores de calor de placas instalados en la planta requieren el reemplazo periódico de la totalidad de sus juntas elastoméricas (denominado servicio de regasketing) con una frecuencia estimada de 3 a 5 años. Al igual que los lubricantes de parada, la demanda de juntas es dependiente y programada. La diferencia crítica respecto a los lubricantes es el lead time: las juntas de fabricantes internacionales (Kelvion y Alfa Laval) tienen tiempos de reposición de 45 a 90 días, lo que exige una planificación con anticipación mínima de $2 \times LT$ antes de cada campaña de regasketing.

El relevamiento se realizó a partir de la documentación técnica provista por ambos fabricantes, identificando para cada equipo el modelo exacto de junta, el código y la cantidad necesaria por servicio. La diversidad de modelos 6 modelos distintos entre Kelvion y Alfa Laval implica que los kits de juntas no son intercambiables entre equipos y que cada servicio requiere exactamente las juntas especificadas para el número de serie correspondiente.



TAG	Modelo	Fabricante	Sector	Placas	Código junta principal	Juntas
EX0304	NW350H B6	Kelvion	Licuefacción	245	4360525 Junta NW350 EPDM	246
EX0305	NW350H B6	Kelvion	Licuefacción	245	4360525 Junta NW350 EPDM	246
EX0306	NW350H B6	Kelvion	Licuefacción	245	4360525 Junta NW350 EPDM	246
EX0307	NW350H B6	Kelvion	Licuefacción	245	4360525 Junta NW350 EPDM	246
EX0308	NW350H B6	Kelvion	Licuefacción	245	4360525 Junta NW350 EPDM	246
EX0309	NW350H B6	Kelvion	Licuefacción	245	4360525 Junta NW350 EPDM	246
EX0418A	NW350H B6	Kelvion	Licuefacción	97	4360525 Junta NW350 EPDM	98
EX0418B	NW350H B6	Kelvion	Licuefacción	97	4360525 Junta NW350 EPDM	98
EX0419A	NW350H B6	Kelvion	Licuefacción	97	4360525 Junta NW350 EPDM	98
EX0419B	NW350H B6	Kelvion	Licuefacción	97	4360525 Junta NW350 EPDM	98
EX0601A	EC650	Alfa Laval	Evaporación	325	3900720728 Field gasket EC650-W EPDMP	325
EX0601B	EC650	Alfa Laval	Evaporación	325	3900720728 Field gasket EC650-W EPDMP	325
EX0502	TL35-SFM	Alfa Laval	Evaporación	198	3900770328 TL35S EPDMP Clip-on Peak	48
EX0602	TL35	Alfa Laval	Vinazas	234	3900770403 TL35-S EPDM Glued ISM Peak	117
EX0605	M10	Alfa Laval	Vinazas	59	3233015096 Field gasket M10-M NBRP Clip-on	58
EX0606	M10	Alfa Laval	Vinazas	59	3233015096 Field gasket M10-M NBRP Clip-on	58
EX0608	M10	Alfa Laval	Vinazas	59	3233015096 Field gasket M10-M NBRP Clip-on	58
EX0607	AC800	Alfa Laval	Vinazas	119	3900424506 Field gasket AC800-W NBRP Flat	116
EX0501	T20MW	Alfa Laval	Evaporación	81	3900690528 T20P-EPDMP/C-RIB-HP	80
EX0503	T20MW	Alfa Laval	Evaporación	80	3900690528 T20P-EPDMP/C-RIB-HP	79
EX0418C / EX0419C	WideGap 350X-FM	Alfa Laval	Licuefacción	—	EPDM Clip-Grip)	196

Tabla 40 Relevamiento de Junta de Intercambiadores

Grupo	Equipos	Total juntas x regasketing	Total anillos	Lead time	Estrategia de stock
Kelvion NW350H grande (×6)	EX0304–EX0309	1.476	12	45–75 días	Stock mínimo 246 un. (1 equipo grande). Compra planificada lote completo con 2×LT de anticipo.
Kelvion NW350H chico (×4)	EX0418A/B · EX0419A/B	392	8	45–75 días	Stock mínimo 98 un. (1 equipo chico). Compra planificada lote completo con 2×LT de anticipo.
Alfa Laval EC650 (×2)	EX0601A · EX0601B	650	4	60–90 días	Compra por campaña kit completo OEM por equipo.
Alfa Laval TL35 (×2)	EX0502 · EX0602	165	4	60–90 días	Compra por campaña sin stock permanente.
Alfa Laval M10 (×3)	EX0605 · EX0606 · EX0608	174	6	60–90 días	Stock emergencia: 60 un. (1 equipo completo).
Alfa Laval AC800 + T20MW (×3)	EX0607 · EX0501 · EX0503	275	1	60–90 días	Compra por campaña sin stock permanente.
TOTAL PLANTA	24 equipos	3132	35	—	—

Tabla 41 Análisis de Reposición de Junta

La junta 4360525 (Kelvion NW350 EPDM) es el ítem de mayor volumen y mayor criticidad de la planta con 1.868 unidades para el regasketing completo del grupo Kelvion. Su clasificación ABC es Clase A. Se configura en Finnegan con PR = 246 unidades y pre-alerta al doble del PR dado el LT de 45–75 días. Es la única junta que justifica stock permanente en el pañol; el resto se gestiona bajo demanda dependiente programada.

4.3.7.6. Plan de reemplazo de cangilones en norias de elevación

Las norias de cangilones presentes en los sectores de Secado, Molienda y Acopio son equipos de transporte vertical de sólidos cuyo componente de mayor desgaste (el cangilón se degrada de forma gradual y predecible por el contacto continuo con el material transportado). Esta predictibilidad es lo que hace posible diseñar un plan de reemplazo preventivo bianual: a diferencia de un sello mecánico que puede fallar en cualquier momento, un cangilón desgastado da señales visuales claras y su reemplazo puede programarse con anticipación.

Se identificaron 5 norias distribuidas en tres sectores, con dos dimensiones de cangilón según el sector: 180 mm para las norias de Secado y 300 mm para las norias de Molienda y Acopio. La diferencia de tamaño implica que no son intercambiables y deben gestionarse como dos SKU independientes en Finnegan. Los cangilones de 300 mm

comparten código entre Molienda y Acopio, permitiendo consolidar las compras y obtener mejor precio por volumen de lote.

Sector	Norias	Cangilones por noria	Long. cangilón	Total cangilones	SKU Finnegans	LT estimado
Secado	2	250	180 mm	500	ROT-CAN-180	30 días
Molienda	1	250	300 mm	250	ROT-CAN-300	45 días
Acopio	2	250	300 mm	500	ROT-CAN-300	45 días
TOTAL	5 norias	—	—	1.250	2 SKU	—

Tabla 42 Relevamiento de Cangilones de Norias

El stock de seguridad se fija en 100 unidades por SKU este volumen permite negociar lotes mínimos con el proveedor a mejor precio unitario y cubre con holgura los correctivos puntuales de toda la planta durante el lead time de reposición. Una rotura puntual de cangilones no detiene la noria de forma inmediata, sino que genera pérdida de eficiencia de transporte, lo que da margen suficiente para reabastecer el stock sin impacto operativo crítico.

Parámetro	Cangilón 180 mm (Secado 2 norias)	Cangilón 300 mm (Molienda + Acopio 3 norias)
Total instalados en planta	500 un.	750 un.
Demanda correctiva estimada / año (5%)	25 un. / año	38 un. / año
Lead time de aprovisionamiento	30 días	45 días
Stock de Seguridad SS	100 un. (criterio comercial fijo)	100 un. (criterio comercial fijo)
Punto de Reorden PR	102 un.	105 un.
Stock Mínimo SM	202 un.	205 un.
Lote preventivo bianual (campaña completa)	500 un. (2 norias × 250 c/u)	750 un. (3 norias × 250 c/u)
Anticipación mínima de compra	60 días antes de la parada (2 × LT 30d)	90 días antes de la parada (2 × LT 45d)

Tabla 43 Análisis de Reposición de Cangilones

4.3.8. Análisis de inventario: Clasificación ABC y XYZ

Una vez definidas las políticas específicas para los repuestos críticos y los materiales preventivos, el análisis se amplía al universo completo del inventario del pañol para diseñar políticas diferenciadas para los 1.801 materiales consumibles registrados en el sistema Finnégans durante el período 2024–2026. La herramienta utilizada es la clasificación combinada ABC–XYZ, que integra el análisis económico (ABC) con el análisis del comportamiento de la demanda (XYZ), generando una matriz de 9 celdas que permite asignar la política de control adecuada a cada grupo de materiales.

La justificación de aplicar esta clasificación radica en la heterogeneidad del inventario: intentar gestionar los 1.801 ítems con el mismo nivel de control sería ineficiente en ambas direcciones. Un control excesivo sobre ítems de bajo valor y demanda errática consumiría recursos de gestión desproporcionados. Un control insuficiente sobre ítems de alto valor y demanda estable generaría quiebres de stock en los materiales de mayor impacto.

Parámetro	Valor
Total materiales analizados	1.801 ítems
Período de análisis	2024 – 2025 – 2026 (consumos acumulados del pañol)
Fuente de datos	Vales de egreso registrados en Finnégans
Valor total consumo estimado	\$ 670.839.318 ARS
Clasificación ABC	Por valor económico acumulado (corte A=70% · B=20% · C=10%)
Clasificación XYZ	Por comportamiento de la demanda (tipo de material + volumen de consumo)

Tabla 44 Datos para análisis ABC - XYZ

4.3.8.1. Clasificación ABC Resultados

Clase	N° ítems	% ítems	Valor consumo (ARS)	% valor	Política de gestión
A	222	12,3%	\$ 469.533.137	70,0%	Control estricto: SS, PR y SM configurados en Finnegans. Revisión mensual. Compra planificada con anticipación mínima de 2×LT.
B	389	21,6%	\$ 134.041.420	20,0%	Control moderado: parámetros básicos de inventario. Revisión trimestral. Compra consolidada por lote.
C	1.190	66,1%	\$ 67.264.760	10,0%	Control mínimo: revisión semestral. Reposición bajo demanda o por lote semestral.

Tabla 45 Análisis ABC

El resultado confirma el principio de Pareto con notable claridad: el 12,3% de los materiales (222 ítems Clase A) concentra el 70% del valor total de consumo. Esto significa que al gestionar correctamente menos de un quinto del catálogo se controla casi tres cuartas partes del impacto económico del inventario. La implicancia práctica es directa: los recursos de control del pañol tiempo del pañolero, atención del programador, revisiones periódicas deben concentrarse en esos 222 ítems.

4.3.8.3. Clasificación XYZ Resultados

Clase	Criterio técnico	N° ítems	% ítems	% valor	Comportamiento
X	Consumibles de uso continuo o ferretería de alto volumen	139	7,7%	34,2%	Demanda predecible y regular. Consumo distribuido a lo largo del período.
Y	Consumibles de uso periódico o repuestos de rotación media	388	21,5%	29,7%	Demanda con variaciones moderadas. Influenciada por planes de mantenimiento preventivo.
Z	Repuestos específicos de equipos o materiales de uso puntual	1.274	70,7%	36,1%	Demanda errática. Consumo vinculado a fallas o intervenciones no planificadas.
TOTAL	—	1.801	100%	100%	—

Tabla 46 Análisis XYZ

El dato más relevante de la clasificación XYZ es que el 70,7% de los materiales presenta demanda Clase Z errática e impredecible. Este resultado no sorprende: es la expresión estadística de la naturaleza del mantenimiento industrial, donde la mayoría de

las intervenciones correctivas no son planificables con precisión. Sin embargo, este mismo resultado tiene una consecuencia importante: la mayor parte del catálogo (1.274 ítems) no justifica stock permanente, y gestionar esos ítems con un modelo de reposición continua sería más costoso que gestionar las eventuales urgencias caso por caso. La excepción son los ítems AZ alto valor y demanda errática que requieren un análisis individual específico por su combinación de impacto económico elevado y comportamiento impredecible.

4.3.8.4. Matriz combinada ABC–XYZ y políticas diferenciadas

ABC / XYZ	X Estable	Y Variable	Z Errática	Política de gestión resultante
A Alto valor	AX: 46 ítems 31,9% del valor	AY: 85 ítems 22,0% del valor	AZ: 91 ítems 16,0% del valor	AX: Stock permanente + PR automático + compra planificada 2×LT. AY: SS elevado + revisión mensual + proveedor preferente. AZ: Análisis individual + stock de emergencia mínimo (1 unidad) + proveedor alternativo.
B Valor medio	BX: 29 ítems 1,5% del valor	BY: 109 ítems 5,9% del valor	BZ: 251 ítems 12,6% del valor	BX: PR en Finnegan + compra trimestral consolidada. BY: SS básico + revisión trimestral. BZ: Reposición bajo demanda evaluar si la criticidad del equipo asociado justifica stock permanente.
C Bajo valor	CX: 64 ítems 0,8% del valor	CY: 194 ítems 1,8% del valor	CZ: 932 ítems 7,4% del valor	CX/CY: Revisión semestral + lote semestral. CZ: Sin stock + bajo pedido + evaluar obsolescencia anual de ítems sin movimiento.

Tabla 47 Matriz de Análisis ABC-XYZ

Los grupos AX (46 ítems, 31,9% del valor) y AY (85 ítems, 22,0% del valor) concentran el 54% del valor total del consumo en solo 131 ítems. Estos son los materiales que más claramente justifican la configuración automática de parámetros SS, PR y SM en Finnegan: alta importancia económica combinada con demanda suficientemente predecible para que los modelos determinísticos o estadísticos funcionen con precisión. El grupo AZ (91 ítems, 16% del valor) es el más complejo de gestionar: alto impacto económico y comportamiento errático implican que ni el modelo de stock permanente ni la política de sin stock son completamente satisfactorios. La solución es el análisis individual por código, combinando la criticidad del equipo asociado con el lead time del proveedor.

Categoría	NS	SS	PR/SM	Revisión	Modalidad de compra
AX	97,5%	Alto	Automático Finnegans	Mensual	Planificada con 2×LT
AY	97,5–98%	Muy alto	Automático + buffer	Mensual	Planificada con proveedor preferente
AZ	Mínimo emergencia	1 unidad	Manual caso por caso	Ante cada consumo	Urgente o anticipada al detectar necesidad
BX	95%	Moderado	Automático Finnegans	Trimestral	Consolidada trimestral
BY	95%	Moderado	Automático Finnegans	Trimestral	Lote trimestral
BZ	Condicional	Bajo o nulo	Manual bajo demanda	Semestral	Bajo pedido
CX/CY	90%	Bajo	Revisión periódica	Semestral	Lote semestral
CZ	Sin stock	0	Bajo pedido	Anual	Bajo pedido / evaluar obsolescencia

Tabla 48 Matriz de Categorías de Análisis ABC – XYZ

La implementación de estas políticas diferenciadas en Finnegans, integradas con los parámetros de SS, PR y SM calculados para cada código, cierra el ciclo completo de gestión de materiales propuesto en este capítulo. La combinación de la clasificación ABC–XYZ con los análisis de criticidad de equipos y componentes constituye el sistema integral de gestión de inventarios propuesto para la planta.

4.4. Diseño de Lay out y propuesta de implementación de estanterías

La organización del espacio físico del pañol es la condición habilitante para que todo el sistema de gestión de inventarios diseñado en los puntos anteriores funcione con la efectividad esperada. Los parámetros SS, PR y SM calculados para componentes críticos, las políticas ABC–XYZ definidas para los ítems y los materiales del mantenimiento preventivo necesita su almacenamiento y aseguramiento de condiciones.

4.4.1. Situación original del área de mantenimiento

Al inicio del presente trabajo, el área de mantenimiento contaba únicamente con tres sectores físicos: el Taller mecánico y eléctrico, la Oficina del área y el Pañol Interior. No existían estanterías ni racks de ningún tipo. La totalidad de los repuestos, consumibles, insumos de proceso, materiales de back up y equipos en intervención se almacenaba en el suelo del pañol interior y del galpón, apilados en un máximo de dos niveles. El espacio en altura del galpón disponible no se aprovechaba en absoluto.

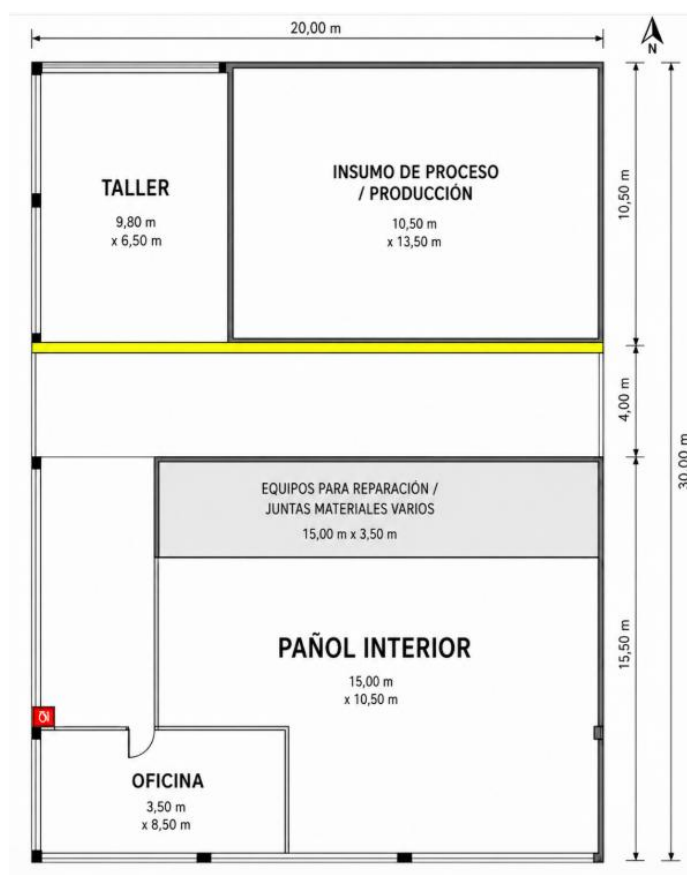


Figura 15 Dimensiones de Pañol (Situación inicial)

Problemática identificada	Descripción	Impacto operativo concreto
Almacenamiento exclusivamente en el suelo	Sin estanterías, el apilado máximo era de 2 niveles. El espacio en altura del galpón no se aprovechaba.	Capacidad efectiva de almacenamiento muy reducida respecto al espacio físico disponible. En épocas de compra masiva, el stock desbordaba los pasillos.
Materiales heterogéneos mezclados sin zonificación	Repuestos de mantenimiento, insumos de proceso (urea, glucomilasa, levaduras), materiales de back up y equipos en intervención ocupaban el mismo espacio sin separación.	Tiempos de búsqueda de 15 a 25 minutos por intervención. El personal no podía localizar un repuesto sin revisar manualmente toda el área.
Sobre stock periódico que excedía los límites de seguridad	En compras masivas por aprovechamiento de precios, el stock desbordaba el espacio disponible, obstruyendo los pasillos de circulación.	Riesgo de accidentes. Incumplimiento de normativas de seguridad industrial. Imposibilidad de circular con el auto elevador.
Materiales del proyecto biogás en el exterior	Por insuficiencia de espacio techado, los materiales del proyecto biogás debían almacenarse a la intemperie.	Deterioro de materiales de alto valor. Pérdida económica y riesgo de indisponibilidad en el momento de la instalación.
Sin punto único de despacho controlado	El personal de taller y contratistas retiraban materiales directamente del stock sin registro formal, generando diferencias entre el inventario físico y el sistema.	Exactitud del inventario inferior al 80%. Compras urgentes innecesarias por desconocimiento del stock real.

Tabla 49 Matriz de problemática / Impacto Operativo

4.4.2. La propuesta: incorporación de estanterías y rediseño del espacio

A partir del relevamiento y diagnóstico del área, se desarrolló una propuesta de reorganización integral del espacio de mantenimiento cuyo eje central es la incorporación de un sistema de estanterías metálicas que aprovecha la altura disponible del galpón. La propuesta no implica obra civil: el galpón ya existía con sus tres sectores (Taller, Pañol Interior y Oficina). La intervención consiste en instalar racks en el espacio del galpón especialmente en la zona superior que no estaba siendo utilizada y redefinir el uso de cada sector en función de la naturaleza de los materiales que aloja. Cada sector recibe una función clara y exclusiva, eliminando la convivencia desordenada que fue la causa raíz del descontrol del inventario.

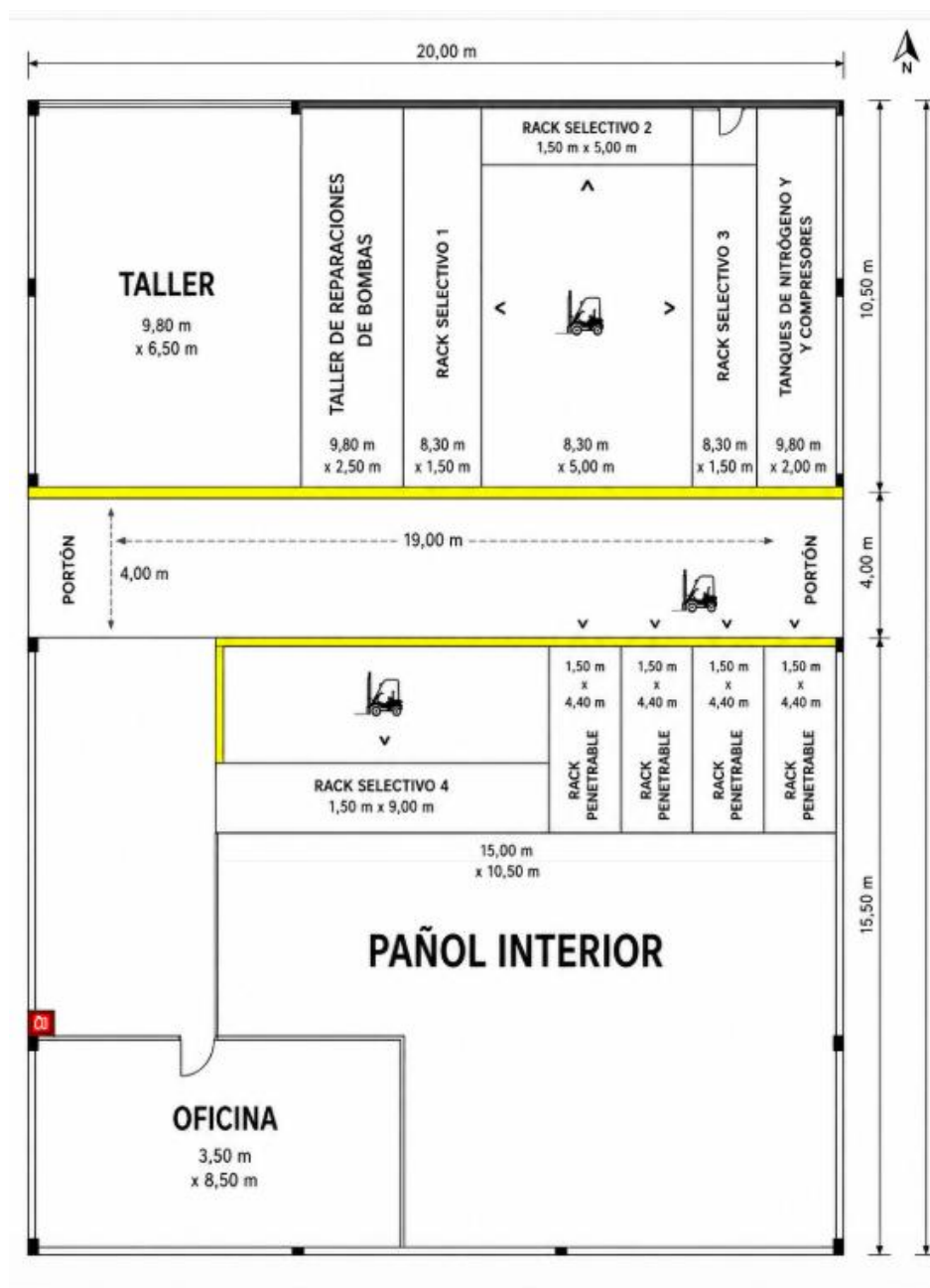


Figura 16 Distribución Propuesta de rediseño de Lay Out

Fuente Propia

Sector	Dimensión	Función en la propuesta	Estado
Taller mecánico y eléctrico	9,8m × 6,5m	Trabajo técnico sobre equipos. Límite físico claro respecto al almacenamiento: ningún material de stock puede quedar en el taller.	Existente sin modificación
Sector Lubricación	9,8m × 2,5m	Almacenamiento exclusivo de lubricantes con área demarcada y piso de contención para derrames.	Nuevo incorporado en la propuesta
Rack Selectivo 1 (RS1)	8,3m × 1,5m 20 pos.	Materiales de mantenimiento preventivo de gran porte: juntas de intercambiadores, cangilones y cintas de norias, repuestos Netzsch, mangueras, insumos calado.	Nuevo incorporado en la propuesta
Rack Selectivo 2 (RS2)	1,5m × 5m 16 pos.	Insumos del Proceso	Nuevo incorporado en la propuesta
Rack Selectivo 3 (RS3)	8,3m × 1,5m 24 pos.	Insumos de proceso: antibióticos, insumos caldera IBC, resina, botellas de muestra, espuma para incendios, tambores.	Nuevo incorporado en la propuesta
Rack Selectivo 4 (RS4)	1,5m × 9m 45 pos.	Materiales de backup y taller de gran porte: equipos Bioetanol (28 pos.) y equipos Biogás (17 pos.).	Nuevo incorporado en la propuesta
Racks Penetrables (RP1–RP4)	4 × 1,5m × 4,4m 64 pos.	Insumos de proceso de alta rotación en pallets: Urea (48 pos.) y Glucamilasa (16 pos.). Acceso exclusivo con autoelevador.	Nuevo incorporado en la propuesta
Pañol Interior	15m × 10,5m	Repuestos críticos de mantenimiento (rodamientos, sellos, retenes) y consumibles de uso diario. Acceso controlado despacho exclusivo por ventanilla vinculado a OT.	Existente reorganizado y codificado
Oficina	3,5m × 8,5m	Oficina del Programador de Mantenimiento con acceso a Finnegan.	Existente sin modificación

Tabla 50 Matriz de Distribución de Sectores Propuesta

La lógica de asignación responde a tres criterios: la naturaleza del material (repuesto de mantenimiento vs. insumo de proceso), la frecuencia de acceso (diaria vs. periódica vs. por lote) y las condiciones de almacenamiento requeridas. Los repuestos de mantenimiento los que determinan la disponibilidad de los equipos quedan en el Pañol Interior con acceso controlado. Los materiales preventivos de gran porte que no caben en el pañol van al RS1 con posición fija codificada.

Los insumos de proceso van a RS2 y RS3 separados físicamente de los repuestos, eliminando los riesgos de compatibilidad y confusión. El back up de gran porte

y los insumos masivos en pallets van a RS4 y los racks penetrables, accesibles con auto elevador.

4.4.3. Maniobrabilidad de autoelevadores y justificación de la distribución

El diseño de la distribución contempló como criterio prioritario la circulación segura y eficiente de los autoelevadores dentro del almacén. Se dispuso un corredor principal de aproximadamente 4 metros de ancho que conecta ambos portones de acceso, permitiendo un flujo lineal a través de toda la instalación. Este ancho es compatible con el radio de giro de los autoelevadores contrabalanceados convencionales (2,0 a 2,3 metros), lo que permite realizar maniobras de aproximación, posicionamiento y retiro de cargas sin interferir con las estructuras de almacenamiento ni con las áreas de trabajo. Los racks selectivos se posicionaron con acceso directo desde el pasillo principal, sin maniobras complejas. Los racks penetrables se ubicaron en el lateral del pañol para aprovechar la profundidad disponible.

4.4.4. Capacidad total del sistema propuesto

Sector / Rack	Posiciones	Material principal	Tipo de almacenamiento
Rack Selectivo 1 (RS1)	24	Materiales preventivos: juntas intercambiadores, norias, cintas, mangueras	Selectivo acceso individual por posición
Rack Selectivo 2 (RS2)	16	Insumos biogás + levaduras	Selectivo acceso individual por posición
Rack Selectivo 3 (RS3)	24	Químicos de proceso: antibióticos, insumos caldera, espuma, tambores	Selectivo acceso individual por posición
Rack Selectivo 4 (RS4)	30	Back up de gran porte: Bioetanol + Biogás	Selectivo acceso con autoelevador
Racks Penetrables RP1–RP4	64	Urea en pallets (48) + Glucomilasa bins (16)	Penetrable, acceso con autoelevador
Pañol Interior (reorganizado)	Capacidad interior existente	Repuestos críticos + consumibles diarios de mantenimiento	Estantería interior + control de acceso por ventanilla
TOTAL Nuevas Posiciones	158	—	—

Tabla 51 Matriz de capacidad de sistema propuesto

La implementación de las 158 posiciones representa el paso de un almacenamiento en dos niveles en el suelo a un sistema tridimensional que aprovecha la altura total del galpón. El resultado es un incremento de la capacidad efectiva de almacenamiento considerablemente superior respecto a la situación original, sin necesidad de obra civil ni ampliación del espacio físico. Más importante que el incremento de capacidad bruta es el cambio cualitativo: por primera vez, cada material tiene un lugar asignado, identificado y registrado en el sistema digital.

4.4.5. Sistema de codificación de posiciones e integración con Finnegan

Para que el sistema de localización funcione de manera autónoma, es decir, que cualquier integrante del equipo de mantenimiento pueda localizar cualquier ítem sin depender del conocimiento individual del pañolero cada posición de los racks y del Pañol Interior tiene asignado un código alfanumérico único que se carga en Finnegan como campo de ubicación física de cada código de material.

Elemento	Identificador	Ejemplo completo
Rack o sector	RS1, RS2, RS3, RS4, RP1–RP4, PI (Pañol Interior)	RS1
Fila (horizontal, de izquierda a derecha)	A, B, C, D	A
Nivel (vertical: 1=inferior, 2=medio, 3=superior)	1, 2, 3	2
Posición dentro del nivel (correlativo)	01, 02, 03...	04
Código completo	RS1-A2-04	RS1 · Fila A · Nivel 2 · Posición 04

Este código se configura en el módulo de inventarios de Finnegan como campo de ubicación para cada código de material. Al emitir una OT que requiere un material, el sistema indica la posición exacta donde debe buscarse, eliminando los recorridos de búsqueda que en la situación original consumían entre 15 y 25 minutos por intervención.

4.4.6. Proyección de largo plazo Pañol independiente del taller

La propuesta de implementación de racks en el galpón existente resuelve las problemáticas operativas inmediatas y habilita el correcto funcionamiento del sistema de gestión de inventarios. Sin embargo, la coexistencia del taller mecánico y el área de almacenamiento en el mismo galpón mantiene una limitación estructural que la reorganización no puede eliminar completamente: el polvo abrasivo del taller, las vibraciones y la circulación de equipos en intervención siguen afectando los repuestos sensibles almacenados en el pañol contiguo. A medida que la planta crezca con el proyecto biogás ya incorporado y la expansión de TCO en curso esta limitación se agravará.

Aspecto	Especificación recomendada	Por qué es necesario
Superficie útil mínima	120–150 m ² con 30% de reserva	El crecimiento de biogás (30%) y TCO superará la capacidad del galpón actual aun con los racks implementados.
Separación total del taller	Acceso exclusivo por ventanilla o mostrador, sin paso directo desde taller	Elimina contaminación por polvo abrasivo, vibraciones y mezcla de materiales entre trabajo técnico y stock.
Altura libre mínima	4,5 m para racks de 3 niveles	Aprovechamiento del espacio cúbico sin las limitaciones del techo del galpón actual.
Estación Finnegans integrada	PC o Tablet + impresora de etiquetas + lector QR en el puesto del pañolero	Todo movimiento registrado en tiempo real sin dependencia del registro manual.
Capacidad de almacenamiento	220–250 posiciones en racks vs. 169 actuales	Incorpora los materiales de biogás (17 posiciones identificadas) y reserva capacidad para expansión TCO.

Tabla 52 Matriz de Proyección a Largo plazo de Pañol



4.4.7. Impacto esperado sobre los indicadores de gestión

Indicador	Situación original	Con racks implementados (corto plazo)	Pañol independiente (largo plazo)
Exactitud de inventario	< 80% movimientos sin registro	≥ 92%	≥ 97%
Tiempo promedio de búsqueda	15–25 min sin posición asignada	< 5 min código de posición en Finnegan	< 3 min estación Finnegan integrada
Tasa de ruptura de stock	≈ 15% sin PR configurado	≤ 8%	≤ 3%
Registro en sistema (OT vinculada)	< 60% retiros informales	≥ 85%	≥ 98%
Materiales en intemperie		0 RS2 y RS4 absorben materiales biogás	0 pañol diseñado con sector biogás propio

Tabla 53 Matriz de impacto esperado sobre los indicadores

4.5. Diseño e implementación del sistema de gestión de mantenimiento en Finnegan ERP

La implementación del sistema de gestión de mantenimiento en Finnegan ERP cierra el ciclo de la propuesta: es el componente digital que integra en una única plataforma la gestión de los equipos, las intervenciones de mantenimiento y el consumo de materiales del pañol.

El desarrollo abarcó tres etapas interdependientes: el relevamiento y carga de los datos maestros que alimentan el sistema, el diseño de las interfaces operativas (formulario de Solicitud de Trabajo, formulario de Orden de Trabajo y módulo de reportes) y la definición de la dinámica operativa que establece cómo cada actor interactúa con el sistema. Las tres etapas son inseparables: sin los maestros cargados, los formularios no pueden operar; sin el diseño correcto de las interfaces, el sistema no refleja la realidad de la planta; sin la dinámica operativa clara, los usuarios no saben qué hacer ni cuándo.

El desarrollo se documentó en dos procedimientos operativos estándar: MTTO04-PRO-0001 REV.D (Solicitudes de Trabajo en Finnegan) y MTTO04-PRO-0002 REV.0 (Órdenes de Trabajo en Finnegan) que establecen los pasos, responsabilidades y criterios de uso del sistema para todo el personal de la planta (Anexos II).

4.5.2. Estructura del módulo de Mantenimiento en Finnegan

Sección	Contenido	Función en el sistema
MAESTROS	Criticidad / Estados / Impacto / Máquinas / Prioridad / Problemas / Sectores Industriales / Tipos de OT / Subtipos de OT / Estatus / Modelo Rutinas	Datos de referencia que alimentan todos los formularios del sistema. Sin estos maestros cargados, el sistema no puede clasificar ni vincular las intervenciones.
PANELES	Gestión de Rutinas · Gestión SMST · Gestión OT	Interfaces de trabajo en tiempo real. Desde aquí se gestiona el flujo de ST y OT, se visualiza el estado de las intervenciones y se generan nuevas órdenes a partir de solicitudes.
INFORMES	Solicitudes de Mejoras / Trabajo · Orden de Trabajo	Reportes de seguimiento. Permiten filtrar, exportar y analizar el universo de ST y OT por período, sector, equipo, prioridad o estado.
TRANSACCIONES	Solicitud de Taller · Orden de Trabajo	Formularios de carga de datos para el registro de necesidades y la generación y cierre de órdenes.

Tabla 54 Estructura del Módulo de Mantenimiento Diseñado

4.5.3. Etapa 1 Relevamiento y carga de datos maestros

La primera etapa fue la más demandante en términos de tiempo y trabajo de campo. El relevamiento sistemático de los datos necesarios para alimentar el sistema implicó recorrer físicamente cada sector de la planta, identificar cada equipo con su TAG en los planos P&ID, verificar el estado operativo al momento del relevamiento y validar la información con el equipo de mantenimiento. Sin esta base de datos cargada y validada, ningún formulario puede operar correctamente: al seleccionar una máquina, el sistema no puede completar automáticamente su sector ni su criticidad; al elegir un tipo de OT, no puede sugerir subtipos.

Campo cargado en Finnigans	Descripción	Origen del dato
TAG (código del equipo)	Código alfanumérico único que identifica cada activo	Relevamiento de campo planos P&ID y planillas de equipos de la planta
Descripción / Nombre del equipo	Nombre técnico del equipo	Documentación técnica y relevamiento in situ
Sector industrial	Sector de la planta al que pertenece el equipo (ej. Etanol Fermentación, Biogás Compresión)	Estructura de sectores definida en el análisis de criticidad de la presente tesis
Criticidad	Clasificación C1/C2/C3 según el índice de criticidad (IC) calculado en el punto 4.3.3	Resultado del análisis de criticidad por sectores
Estado operativo inicial	Condición de base del equipo al momento de la carga	Relevamiento del estado de la planta al momento de la implementación

Tabla 55 Relevamiento de datos (Carga de Maestro)

Prioridad	Código Finnigans	Tiempo objetivo	Criterio de aplicación
Urgente	URG-1D	1 día	Falla que detiene la producción o representa riesgo inmediato de seguridad. Ej: bomba PC0304 fuera de servicio (sin redundancia, fermentador detenido).
Seguridad A	INMEDIATO-3D	3 días	Riesgo de seguridad que no detiene la producción, pero requiere acción prioritaria. Ej: fuga de gas, falla en sistema de extinción.
Alta	ALT-7D	7 días	Falla que reduce el rendimiento del equipo o puede escalar a parada si no se interviene. Ej: bomba con redundancia fuera de servicio.

Media	MED-15D	15 días	Intervención programable sin impacto operativo inmediato. Ej: ajuste de alineación detectado en preventivo.
Baja	BAJ-30D	30 días	Mejora o corrección menor, planificable a mediano plazo.
Seguridad B	MEJORA-30D	30 días	Mejora orientada a incrementar condiciones de seguridad operativa.

Tabla 56 Prioridad y Criterios de Aplicación para ST/OT

Estado de equipo	Código	Significado operativo
EFS No Disponible	EFS NoDis	El equipo no puede operar hasta que se realice la reparación. Dispara prioridad URG-1D en equipos sin redundancia.
EFS Solo Emergencia	EFS SolEme	El equipo opera solo para emergencias y requiere intervención pronta.
EQM Equipo Operativo con Observaciones	EQOCO	El equipo sigue operando pero presenta una falla o condición que necesita corrección.
EQP Equipo Operativo sin Observaciones	EQOSO	Se utiliza para solicitudes de mejora. El equipo funciona normalmente.

Tabla 57 Matriz de Estado de equipo

4.5.4. Etapa 2 Diseño de interfaces del sistema

El diseño de cada interfaz partió de los requerimientos operativos de la planta. El formulario de ST fue diseñado para ser utilizado por cualquier área no solo mantenimiento priorizando la simplicidad.

Diáser S.A.
Solicitud de Trabajo - 1070

Fecha: 27 / 12 / 2025 Número Interno: 1070 Estatus: Pendiente de Liberación
 Máquina: nivel en techo de gas TK_0602 Nro. Comprobante: 04-01103
 Estado: EFS | No Disponible Criticidad: Sector: Biogás
 Fecha Inicio: 27 / 12 / 2025 Fecha Fin: 27 / 12 / 2025
 Justificación Técnica:
 Justificación Económica:
 Prioridad: Media Tipo De Problema: Instrumental Responsable: Nicolas Giraudi
 Descripción: Instrumento no mide correctamente, marcha 100% cuando el gasómetro está vacío.
 Requerente: Juan Cerolini

Figura 17 Formulario de Solicitudes de Trabajo y Mejoras

Fuente Finnegan



El módulo de panel Gestión de ST es utilizado por el sector de mantenimiento para la generación de Órdenes de Trabajo (OT). Este módulo permite analizar las solicitudes de trabajo recibidas y determinar su viabilidad operativa.

Solicitudes de Mejoras / Trabajo - DIASER

Parámetros: Fecha Hasta 14-06-2026, Empresa DIASER S.A.

Grilla

Imprimir Exportar Generar ot Estatus Buscar

Formatos

Requerente	Ord trabajo	Comprobante	Fecha	Prior	Tag	Maquina	Estado	Criticidad	Sector	Problema
Thomas Fiora	04-04008	04-00076	16-11-2025	Alta	PD1707 A...E	Bombas de dosificación de químicos	EQM Equipo Operativo c	No asignada	Etanol TCO	Mecánico
Mariana Page	04-04007	04-00086	17-12-2025	Urg	EB1002	Caldera 2	EQM Equipo Operativo c	No asignada	Etanol Vapor condens	Mecánico
Juan Carolini	04-03995	04-00082	10-12-2025	Mec	TR0203	Tanque Licuefacción 1	EQM Equipo Operativo c	No asignada	Etanol Licuefaccion	Mecánico
Nicolás García	04-03994	04-00112	01-05-2026	Baja	CT0801	Tornillo inclinado alimentacion de WDGS a horn	EQP Equipo Operativo si	Media	Etanol Secado	No indicadi
Emanuel Landolt	04-03872	04-00117	01-06-2026	Alta	JC0201	Jet Cooker	No asignado	No asignada	Etanol Licuefaccion	Mecánico
Walter Meriggiola	04-03803	04-00116	28-05-2026	Mec	CT0101B	Sinfin extracción Silo 1 B	No asignado	Media	Etanol Molienda	Mecánico
Walter Meriggiola	04-03802	04-00115	28-05-2026	Mec	CT0101A	Sinfin extracción Silo 1 A	EQM Equipo Operativo c	Alta	Etanol Molienda	Mecánico
Nicolás García	04-03761	04-00110	27-04-2026	Alta	PC0414B	Bomba de fondo de mostera evaporativa B	EQM Equipo Operativo c	Baja	Etanol Destileria	Confiabili
Santiago Pereyra	04-03760	04-00109	20-04-2026	No i	ST0101	Zaranda	No Indicado	No asignada	Etanol Molienda	Confiabili
Santiago Pereyra	04-03704	04-00104	19-02-2026	Mec	KT0102	Tolva de Almacenamiento temporal	EQM Equipo Operativo c	No asignada	Etanol Molienda	Mecánico
Emiliano Mennucci	04-03703	04-00103	13-02-2026	Mec	00 Recepci	Edificio Acopio	EQM Equipo Operativo c	No asignada	Etanol Acopio	Otros
Facundo Lucero	04-03675	04-00095	19-01-2026	Alta	CN0001	Noria a redler carga de silo 1	EQM Equipo Operativo c	Alta	Etanol Acopio	Mecánico
Thomas Fiora	04-03563	04-00059	30-10-2025	Mec	CT0825	Tornillo de alimentacion enfriador linea 2	EQM Equipo Operativo c	No asignada	Etanol Secado	Mecánico
Thomas Fiora	04-03562	04-00058	30-10-2025	Mec	CT0823	Tornillo de salida de burlanda horno 2	No asignado	No asignada	Etanol Secado	Mecánico
Thomas Fiora	04-03561	04-00057	30-10-2025	Mec	CT0824	Tornillo de alimentacion Molino HM820	EQM Equipo Operativo c	No asignada	Etanol Secado	Mecánico
Jesica Angeli	04-03560	04-00031	23-10-2025	Seg	EL-033	Campana de extracción - Biobase	EQM Equipo Operativo c	No asignada	Etanol Laboratorio	Mecánico
Federico Miranda	04-03447	04-00102	05-02-2026	Baja	EX0418A	Precalentador de mosto fermentado A	No Indicado	No asignada	Etanol Preheaters	Instrument
Fernando Jaime	04-02886	04-00026	15-10-2025	Urg	CT0802	Tornillo de alimentacion de WDGS a hornos	EQM Equipo Operativo c	Media	Etanol Secado	Mecánico
Facundo Lucero	04-02532	04-00111	29-04-2026	Alta	CN0003	Noria 1 a secador de maíz	EQM Equipo Operativo c	No asignada	Etanol Acopio	Mecánico
Thomas Fiora	04-02197	04-00093	09-01-2026	Mec	TK1701*	Tanque de saturación	EQM Equipo Operativo c	No asignada	Etanol TCO	Mecánico
Thomas Fiora	04-01798	04-00108	30-03-2026	Seg	CN0801	Noria de DDGS	EQM Equipo Operativo c	Media	Etanol Secado	Inten

Figura 18 Panel de Gestión de SM/ST

En caso de que una solicitud exceda el alcance del sector, la misma es anulada mediante una justificación de carácter técnico y/o económico, garantizando así una gestión eficiente y fundamentada de los recursos disponibles.

El formulario de OT fue diseñado para el uso del área de mantenimiento, concentrando toda la información necesaria para planificar, ejecutar y cerrar una intervención. La vinculación entre materiales cargados en la OT y el stock del pañol es el mecanismo que cierra el ciclo: cada repuesto registrado en la OT genera el descuento automático del stock en Finnegans, vincula el consumo al equipo intervenido.

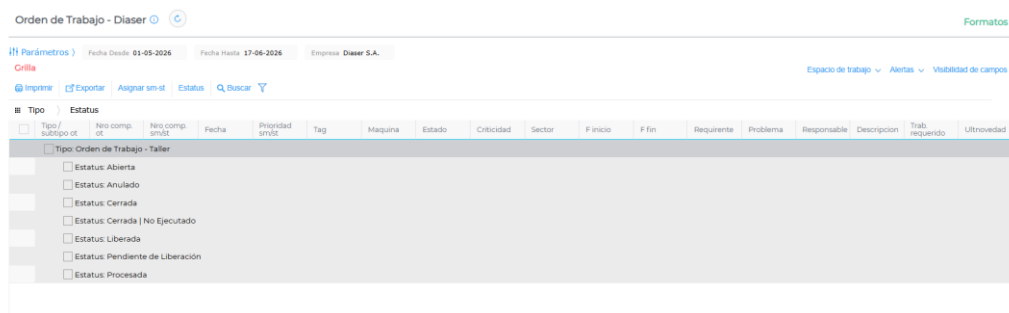
Figura 19 Formulario de Orden de Trabajo

El módulo de panel Gestión de OT permite visualizar y administrar el ciclo de vida completo de las Órdenes de Trabajo, contemplando los ocho estados (estatus) en los que puede encontrarse una OT en el sistema: Abierta, Pendiente de Liberación, Liberada, Procesada, Pendiente de Notificación, Cerrada, Cerrada | No Ejecutado y Anulado. El flujo normal de una OT recorre estos estados de manera secuencial.

La OT ingresa al sistema en estado Abierta una vez generada a partir de una ST aprobada, momento en el cual queda disponible para su planificación. Cuando la intervención requiere materiales del pañol, la OT pasa al estado Pendiente de Liberación, en el cual los repuestos necesarios quedan reservados en el inventario de Finnegans hasta que se confirme su disponibilidad. Una vez confirmados los recursos, la OT pasa a estado Liberada, habilitando su ejecución por parte del personal de mantenimiento.

Tras la intervención, la OT se transiciona a Procesada, estado en el cual queda registrado el consumo de materiales y el detalle técnico de la tarea realizada, y posteriormente a Pendiente de Notificación, en el que se aguarda la validación o conformidad del responsable correspondiente antes del cierre definitivo. Completada esta validación, la OT alcanza el estado Cerrada, lo que descuenta automáticamente el stock del pañol y deja trazabilidad completa de la intervención sobre el equipo correspondiente. Adicionalmente, el sistema contempla dos estados de excepción al flujo normal: Anulado, utilizado cuando una solicitud es cancelada antes de su ejecución por exceder el alcance del sector o no resultar viable desde el punto de vista técnico o económico, y Cerrada | No Ejecutado, reservado para OT que se cierran administrativamente sin haberse llevado a cabo la intervención planificada.

Este panel constituye la herramienta central de control del sector de mantenimiento, dado que permite identificar en cualquier momento la cantidad de OT en cada uno de los ocho estados, detectar en qué etapa específica del flujo se concentran las demoras , ya sea en la liberación de materiales, en el procesamiento técnico o en la validación final y priorizar la gestión sobre las intervenciones que permanecen más tiempo sin avanzar



Orden de Trabajo - Diáser

Parámetros: Fecha Desde: 01-05-2026, Fecha Hasta: 17-06-2026, Empresa: Diáser S.A.

Acciones: Imprimir, Exportar, Asignar sin OT, Estatus, Buscar

Filtros: Espacio de trabajo, Alertas, Visibilidad de campos

Tipo	Subtipo	OT	Nro comp	Nro comp	Fecha	Propiedad	Tag	Maquina	Estado	Criticidad	Sector	F inicio	F fin	Requerente	Problema	Responsable	Descripcion	Trab requerido	Ultimidad
Tipo: Orden de Trabajo - Taller																			
☐ Estatus: Abierta ☐ Estatus: Anulado ☐ Estatus: Cerrada ☐ Estatus: Cerrada No Ejecutado ☐ Estatus: Liberada ☐ Estatus: Pendiente de Liberación ☐ Estatus: Procesada																			

Figura 20 Interfaz de Modulo de Gestion de OT



Orden de Trabajo - Diaser

Formatos

Parámetros Fecha Desde: 01-05-2026 Fecha Hasta: 17-06-2026 Empresa: Diaser S.A.

Grilla

Espacio de trabajo Alertas Visibilidad de campos

Imprimir Exportar Asignar sm-st Estatus Buscar

Tipo	Estatus	Tipo / subtipo ot	Nro comp. ot	Nro comp. sm/st	Fecha	Prioridad sm/st	Tag	Maquina	Estado	Criticidad	Sector	F inicio	F fin	Requiente	Problema	Responsable	Descripcion	Trab. requerido	Ultrovedad
Estatus: Abierta																			
Preventivo	04-02617	02-05-2026	Alta	00	Recepci	Edificio Aco	EQM Equi	No asignad	Etanol Acc	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-INSPE			
Preventivo	04-02619	02-05-2026	Alta	00	Recepci	Edificio Aco	EQM Equi	No asignad	Etanol Acc	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-INSPE			
Preventivo	04-02680	02-05-2026	Alta	00	Recepci	Edificio Aco	EQM Equi	No asignad	Etanol Acc	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-EDI-IN			
Preventivo	04-02681	02-05-2026	Alta	01	Molienda	Edificio Mol	EQM Equi	No asignad	Etanol Mo	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-EDI-IN			
Correctivo	04-02714	04-02304	04-05-2026	Alta	BL0004	Aireador 1 d	EQM Equi	No asignad	Etanol Acc	04-05-2026	04-05-2026	Dario Altarr	Mecánico	Javier Roble	04-02021-P	BALANCEA			
Correctivo	04-02715	04-02305	04-05-2026	Alta	BL0006	Aireador 3 c	EQM Equi	No asignad	Etanol Acc	04-05-2026	07-06-2026	Dario Altarr	Mecánico	Javier Roble	04-02021-P	BALANCEA			
Correctivo	04-02719	04-02308	04-05-2026	Alta	CC0002	Redler de d	EQM Equi	Media	Etanol Acc	04-05-2026	07-06-2026	Dario Altarr	Mecánico	Javier Roble	04-02021-P	CAMBIAR R			
Correctivo	04-02721	04-02310	04-05-2026	Alta	DR0820	Horno de sa	EQM Equi	No asignad	Etanol Sec	04-05-2026	04-05-2026	Dario Altarr	Mecánico	Javier Roble	04-02029-F	REALIZAR t			
Correctivo	04-02722		04-05-2026	Alta	CN0001	Noria a redi	EQM Equi	Alta	Etanol Acc	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	04-01574-P	CAMBIAR L		
Correctivo	04-02723		04-05-2026	Alta	CN0002	Noria a prei	EQM Equi	Media	Etanol Acc	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	04-01574-P	CAMBIAR L		
Correctivo	04-02724		04-05-2026	Alta	SD0703	Decanter 3	EQM Equi	Media	Etanol Seq	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	04-01574-P	CAMBIAR L		
Correctivo	04-02725		04-05-2026	Alta	CC_0807	Redler 7 DC	EQM Equi	Media	Etanol Sec	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	04-01574-P	CAMBIAR L		
Correctivo	04-02726		04-05-2026	Alta	AC0217	Agitador ta	EQM Equi	Alta	Etanol Lici	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	04-01574-P	CAMBIAR L		
Correctivo	04-02727		04-05-2026	Alta	AC0204	Agitador ta	EQM Equi	Alta	Etanol Lici	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	04-01574-P	CAMBIAR L		
Correctivo	04-02728		04-05-2026	Alta	CC_0808	Redler 8 DC	EQM Equi	Media	Etanol Sec	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	04-01574-P	CAMBIAR L		
Correctivo	04-02729		04-05-2026	Alta	CC_0808	Redler 8 DC	EQM Equi	Media	Etanol Sec	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	04-01574-P	CAMBIAR L		
Correctivo	04-02730		04-05-2026	Alta	CC_0807	Redler 7 DC	EQM Equi	Media	Etanol Sec	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	04-01574-P	CAMBIAR L		
Correctivo	04-02731		04-05-2026	Alta	CN0004	Noria 2 a se	EQM Equi	Media	Etanol Acc	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	04-01574-P	CAMBIAR L		
Correctivo	04-02732		04-05-2026	Alta	MD0109	Tornillo sin	EQM Equi	Alta	Etanol Mo	01-05-2026	31-05-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	04-01574-P	CAMBIAR L		

Figura 21 Grilla de Ordenes de Trabajo en Modulo de Gestión de OT

El módulo de informes(ST)/ OT es una grilla dinámica que muestra en tiempo real el estado de todas las ST y OT de la planta, con filtros por fecha, sector, prioridad y estado, exportación a Excel y generación directa de OT a partir de una ST seleccionada.

Orden de Trabajo - Diaser

Formatos

Parámetros Fecha Hasta: 18-06-2026 Empresa: Diaser S.A.

Grilla

Espacio de trabajo Alertas Visibilidad de campos

Imprimir Exportar Buscar

Tipo	Estatus	Tipo / subtipo ot	Nro comp. ot	Nro comp. sm/st	Fecha	Prioridad sm/st	Tag	Maquina	Estado	Criticidad	Sector	F inicio	F fin	Requiente	Problema	Responsable	Descripcion	Trab. requerido	Ultrovedad
Estatus: Abierta																			
Estatus: Anulado																			
Estatus: Cerrada																			
Estatus: Cerrado No Ejecutado																			
Estatus: Liberada																			
Correctivo	04-01598	04-01809	20-03-2026	Alta	PC0203A	Bomba de r	EF3 Solo E	Baja	Etanol Lici	20-03-2026	20-03-2026	Thomas Fio	Mecánico	Javier Roble	PRO - Volut	Reparar Vol			
Correctivo	04-03053		18-05-2026	Urgente	T7 Separac	Edificio TCC	No Indicad	No asignad	Etanol TCC	18-05-2026	18-05-2026				Mecánico	Javier Roble	desmontaj		
Preventivo	04-03493		02-06-2026	Alta	Maquina Et	Etanol	EQM Equi	No asignad		01-06-2026	07-06-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-LUBRI			
Preventivo	04-03494		02-06-2026	Alta	Maquina Et	Etanol	EQM Equi	No asignad		08-06-2026	14-06-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-LUBRI			
Preventivo	04-03495		02-06-2026	Alta	Maquina Et	Etanol	EQM Equi	No asignad		15-06-2026	21-06-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-LUBRI			
Preventivo	04-03496		02-06-2026	Alta	Maquina Et	Etanol	EQM Equi	No asignad		22-06-2026	28-06-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-LUBRI			
Preventivo	04-03497		02-06-2026	Alta	Maquina Et	Etanol	EQM Equi	No asignad		01-06-2026	07-06-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-LUBRI			
Preventivo	04-03498		02-06-2026	Alta	Maquina Et	Etanol	EQM Equi	No asignad		08-06-2026	14-06-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-LUBRI			
Preventivo	04-03499		02-06-2026	Alta	Maquina Et	Etanol	EQM Equi	No asignad		15-06-2026	21-06-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-LUBRI			
Preventivo	04-03500		02-06-2026	Alta	Maquina Et	Etanol	EQM Equi	No asignad		22-06-2026	28-06-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-LUBRI			
Preventivo	04-03501		02-06-2026	Alta	Maquina Et	Etanol	EQM Equi	No asignad		01-06-2026	15-06-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-LUBRI			
Preventivo	04-03502		02-06-2026	Alta	Maquina Et	Etanol	EQM Equi	No asignad		16-06-2026	30-06-2026				Confiabilidad: Dario Altarr	PRV-LUBRI			
Correctivo	04-03909		05-06-2026	Urgente	PC0705B	Bomba de r	EQM Equi	Baja	Etanol Vin	05-06-2026	05-06-2026				Mecánico	Javier Roble	revisio de		
Estatus: Pendiente de Liberación																			
Correctivo	04-00078	04-00099	17-10-2025	Alta	PC0408B	Bomba refi	EF3 No Di	Baja	Etanol Der	17-10-2025	17-10-2025	Fernando J.	Mecánico	Javier Roble	Ingreso de	REP-PC/67			
Correctivo	04-00082	04-00027	20-10-2025	Alta	PC0405B	Bomba de r	No Indicad	Baja	Etanol Der	20-10-2025	20-10-2025	Florencia M.	Mecánico	Javier Roble	29/9/2025 P	REP-Realiz			

Figura 22 Grilla de Informe de ST/OT

Al momento de la elaboración de la presente tesis, el informe registraba más de 4.000 comprobantes de OT activos, con solicitudes abiertas de todos los sectores de la planta Molienda, Fermentación, Destilación, Biogás, TCO, CIP y servicios generales, lo que

confirma que el sistema está operativo y siendo utilizado por el personal de la planta en su trabajo cotidiano.

4.5.5. Etapa 3 Dinámica operativa del sistema

Etapa	Actor responsable	Acción en Finnegans	Resultado
1. Detección	Cualquier área de la planta (producción, mantenimiento, seguridad, calidad, proyectos)	Accede a Mantenimiento → Transacciones → Solicitud de Taller. Selecciona Nueva. Elige el tipo: Solicitud de Trabajo o Solicitud de Mejora.	ST creada con número interno correlativo. Estatus: Abierta.
2. Carga de la ST	Solicitante	Completa los campos obligatorios: TAG del equipo, estado del equipo, prioridad, tipo de problema y descripción. El sector y la criticidad se completan automáticamente al seleccionar el TAG.	ST con toda la información necesaria para el diagnóstico. Equipo y criticidad vinculados automáticamente.
3. Revisión y evaluación	Supervisor o Ingeniero de Mantenimiento	Revisa la ST en el Panel Gestión SMST. Verifica la descripción, confirma o ajusta la prioridad y aprueba la solicitud.	ST revisada y validada técnicamente.
4. Generación de OT	Supervisor / Programador de Mantenimiento	Desde el Panel Gestión SMST selecciona la ST y presiona Generar OT. Desde las Transacciones se genera una OT sin una Solicitud Previa .	OT creada vinculada a la ST. Número de OT visible en la columna Ord Trabajo de la grilla.
5. Planificación	Programador/ Planificador de Mantenimiento	Define tipo/subtipo de OT, fechas, descripción del trabajo, tareas específicas, materiales necesarios (vinculados al inventario del pañol) y personal asignado con horas.	OT en estado Pendiente de Liberación. Los materiales quedan reservados en el inventario del pañol.
6. Liberación	Programador/ Planificador de Mantenimiento	Confirma disponibilidad de materiales, personal y ventana operativa del equipo. Libera la OT para ejecución.	OT en estado Liberada. Autorizada para ejecución.
7. Ejecución	Personal técnico	Ejecuta la tarea según las indicaciones de la OT liberada.	Intervención realizada sobre el equipo.
8. Registro y cierre	Supervisores /Ingeniero de Mantenimiento	Registra las tareas efectuadas, materiales realmente utilizados (con descuento automático del stock), horas reales y observaciones técnicas. Cierra la OT.	OT cerrada. Historial del equipo actualizado. Stock actualizado en Finnegans. KPIs alimentados.



Figura 23 Dinámica operativa del sistema de gestión de Mantenimiento

El sistema gestiona simultáneamente intervenciones reactivas y proactivas en el mismo flujo, diferenciando el origen de cada OT mediante el tipo y subtipo seleccionado. Una falla urgente en una bomba sin redundancia genera una OT tipo Correctivo/Emergencia (URG-1D) que tiene prioridad máxima sobre cualquier otra OT en curso. Un plan de lubricación semestral genera una OT tipo Preventivo/Programado. Esta coexistencia de la gestión reactiva y proactiva en una única plataforma es el resultado concreto más visible de la implementación.

4.5.6. Conclusión

El sistema de gestión de mantenimiento implementado en Finnegans ERP es el componente que da coherencia y sostenibilidad a toda la propuesta desarrollada en este capítulo. Cada análisis realizado criticidad de equipos, AMFE, componentes críticos, materiales preventivos, ABC XYZ genera parámetros o políticas que solo pueden aplicarse de forma sistemática si existe un sistema digital que los ejecute automáticamente. La integración entre el sistema de OT, el inventario del pañol y los parámetros de stock calculados en la presente tesis convierte a Finnegans en la plataforma central sobre la cual descansa la confiabilidad operativa de la planta de bioetanol de Diaser S.A. Al momento de la elaboración del presente trabajo, el sistema registra más de 4.000 OT activas, cubre la totalidad de los equipos relevados en el análisis de criticidad y gestiona tanto las intervenciones correctivas urgentes como el plan de mantenimiento preventivo y predictivo de la planta. El pasaje de las planillas de Google Sheets a este sistema estructurado es, en términos operativos, el cambio más profundo e impactante que produjo el presente proyecto de ingeniería.



CAPÍTULO V: CONCLUSIONES, RESULTADOS, Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusión general sobre el Trabajo Final

La gestión de materiales constituye un elemento estratégico dentro de la gestión del mantenimiento industrial, debido a que la disponibilidad de repuestos e insumos condiciona la capacidad de intervenir oportunamente sobre los activos. Desde esta perspectiva, el inventario no debe entenderse únicamente como un conjunto de materiales almacenados, sino como un recurso que debe ser planificado, controlado y vinculado con las necesidades reales de mantenimiento.

El presente Trabajo Final de Grado tuvo como punto de partida la necesidad de analizar y mejorar la gestión de materiales del pañol de mantenimiento de la planta de bioetanol de Diaser S.A. El diagnóstico inicial permitió identificar que las dificultades no se encontraban únicamente en el almacenamiento físico, sino en la falta de integración entre la información del inventario, los procesos de mantenimiento y la utilización de los recursos. A partir de allí se desarrollaron seis propuestas, que se detallan a continuación junto con el alcance efectivamente implementado en cada caso.

1. **Sistema de gestión de inventarios.** Se definió el sistema sobre tres principios de diseño control, trazabilidad y disponibilidad estructurado en cinco procesos clave: recepción, almacenamiento, control, ajustes y despacho. Su regla central establece que todo egreso de material debe estar vinculado a una Orden de Trabajo en Finnegans, eliminando los retiros informales identificados como causa raíz del descontrol de inventario.
2. **Estructura documental de procedimientos estandarizados.** Se elaboraron e implementaron un Procedimiento Operativo Estándar de gestión de materiales del pañol y cuatro Instructivos de Trabajo bajo los lineamientos de la norma ISO 9001:2015. A ellos se sumaron los procedimientos MTTO04-PRO-0001 y MTTO04-PRO-0002, que formalizan la operación de Solicitudes y Órdenes de Trabajo para todo el personal de planta.
3. **Tablero de indicadores de gestión del pañol.** Se diseñó un conjunto de cinco indicadores exactitud de ubicación (I1), stock negativo (I2), tasa de quiebre (I3), calidad de configuración del punto de reorden (I4) y trazabilidad de movimientos (I5), cada uno con fórmula de cálculo, frecuencia de revisión y meta de gestión definida, tomando como línea base la situación heredada al 30 de septiembre de 2025.
4. **Políticas de inventario diferenciadas por criticidad.** Se aplicó el modelo de criticidad de García Garrido para clasificar el parque de activos en categorías C1,

C2 y C3; se vinculó esa criticidad al nivel del repuesto mediante el análisis de 1.694 órdenes de trabajo históricas; se desarrolló el AMFE de los seis grupos de equipos de mayor recurrencia; se relevaron 275 códigos de componentes críticos sobre 916 unidades instaladas, definiendo un stock permanente de Fase 1 de 157 códigos; se diferenció la demanda dependiente de los materiales de mantenimiento preventivo; y se clasificaron 1.801 ítems mediante el análisis ABC–XYZ, identificando los 222 materiales Clase A que concentran el 70 % del valor consumido.

5. **Rediseño del lay out y del sistema de almacenamiento.** Se proyectó la incorporación de racks selectivos y penetrables que suman 158 nuevas posiciones de almacenamiento, aprovechando la altura del galpón sin obra civil ni ampliación del espacio físico, con un sistema de codificación de posiciones integrado a Finnegans que permite localizar cada material desde el sistema.
6. **Diseño e implementación del sistema de gestión de mantenimiento en Finnegans ERP.** Se relevaron y cargaron los datos maestros de los activos (TAG, sector, criticidad y estado operativo), se diseñaron los formularios de Solicitud y Orden de Trabajo, se definió la matriz de prioridades con tiempos objetivo y la matriz de estados de equipo, y se estableció la dinámica operativa que vincula cada intervención con el activo intervenido y con los materiales consumidos del pañol.

Estas propuestas fueron implementadas y se encuentran en operación desde octubre de 2025, lo que permitió medir su impacto sobre la situación heredada. Los resultados se desarrollan en los apartados.

Desde una perspectiva de Ingeniería Industrial, el principal aporte del trabajo radica en abordar la problemática desde una visión sistémica, entendiendo que los resultados del mantenimiento dependen de la interacción entre materiales, procesos, información, personas y activos. En síntesis, el trabajo permitió evolucionar desde una gestión predominantemente reactiva hacia un modelo sustentado en procesos formalizados, información confiable y decisiones basadas en datos, demostrando que gestionar adecuadamente los materiales no significa solamente asegurar que un repuesto esté disponible, sino garantizar que el recurso correcto se encuentre identificado, localizado y disponible en el momento en que el mantenimiento lo necesita. Esta integración constituye la base para una gestión de activos más eficiente, planificada y sostenible.

5.2. Análisis del sistema de Solicitudes de Trabajo

El análisis del sistema de Solicitudes de Trabajo (ST) implementado en Finnegans abarca el período comprendido entre octubre de 2025 y junio de 2026, representando los

primeros nueve meses de operación. A lo largo de este período se registraron un total de 2.648 Solicitudes de Trabajo, con una Tasa de Cumplimiento acumulada del 83,91%.

Es importante aclarar la naturaleza de este indicador: la tasa de cumplimiento mensual no mide exclusivamente las ST ingresadas y cerradas en el mismo mes, sino que refleja la resolución acumulada sobre el universo total de solicitudes activas en cada período. Una ST ingresada en un mes puede resolverse semanas después, impactando favorablemente en el cumplimiento de ese mes posterior. Esta lógica acumulativa implica que los valores mensuales deben interpretarse como una fotografía del estado del sistema en cada corte, y no como una medición de eficiencia puntual.

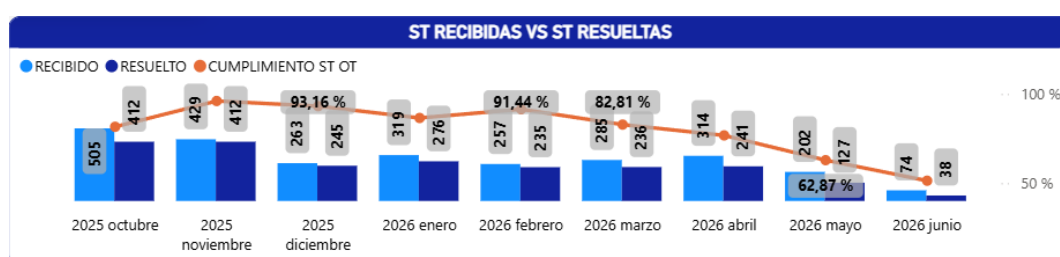


Figura 24 Indicador de Cumplimiento

5.1.1. Evolución mensual

Período	ST Recibidas	ST Resueltas	Cumplimiento (%)
Oct 2025	505	412	81,58%
Nov 2025	429	412	93,16%
Dic 2025	263	245	93,16%
Ene 2026	319	276	86,52%
Feb 2026	257	235	91,44%
Mar 2026	285	236	82,81%
Abr 2026	314	241	76,75%
May 2026	202	127	62,87%
Jun 2026 (*)	74	38	51,35%
TOTAL PERÍODO	2.648	2.222	83,91%

Tabla 58 Evolución Mensual

(*) junio 2026 corresponde a un mes parcial al momento del análisis.

El mes de octubre 2025 mes de lanzamiento registró el mayor volumen de ST recibidas (505), lo que es esperable: la organización comenzó a canalizar formalmente necesidades que antes circulaban de manera informal. A partir de noviembre el sistema se estabiliza con tasas de cumplimiento que oscilan entre el 82% y el 93%, reflejando la consolidación del modelo de gestión en la operación diaria. La caída observada en los meses de mayo y junio de 2026 responde en parte a la lógica acumulativa del indicador: las ST ingresadas en esos meses aún tienen resoluciones pendientes que se materializarán en los períodos siguientes, elevando el cumplimiento final cuando se cierre el ciclo.

La Tasa de Cumplimiento acumulada del 83,91% sobre 2.648 ST registradas en 9 meses es el resultado concreto más representativo del período: refleja que el sistema fue adoptado masivamente por la organización y que el área de mantenimiento logró dar respuesta efectiva a la gran mayoría de las solicitudes generadas durante la etapa de implementación.

5.2.2. Distribución por naturaleza del problema

La distribución de las ST según la naturaleza del problema reportado confirma el perfil de fallas identificado en el análisis histórico del Capítulo 4:

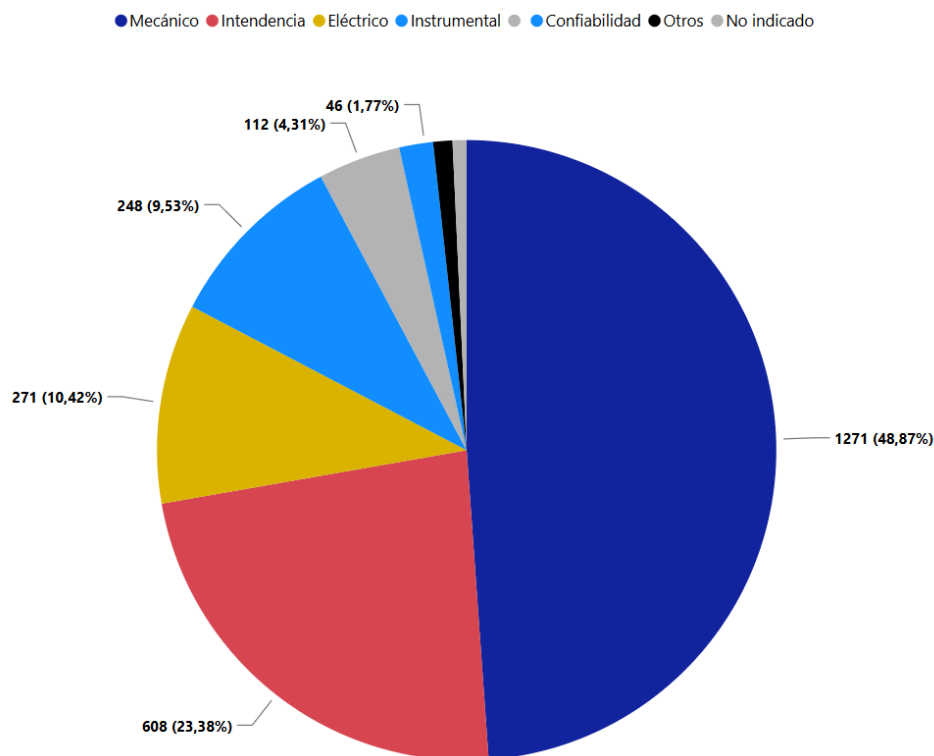


Tabla 59 Distribución por naturaleza de problema (Junio)

Fuente propia (Power Bi)

Naturaleza del problema	ST (%)	Observación
Mecánico	48,72%	Modo de falla dominante, consistente con el 65,34% mecánico del análisis histórico de OT. Valida el foco del inventario del pañol en rodamientos, sellos y retenes.
Intendencia	23,53%	Segunda categoría. Incluye limpieza, reparaciones edilicias y soporte general, generadas principalmente por Producción.
Eléctrico	10,31%	Participación estable y predecible a lo largo del período.
Instrumental	9,55%	Alta participación en fermentación y destilería, donde el control de variables de proceso es crítico.
Confiabilidad	4,27%	Solicitudes generadas a partir del monitoreo de condición. Categoría con mayor potencial de crecimiento al consolidarse el programa predictivo.
Otros / No indicado	2,65%	Mejoras, proyectos y ST sin clasificación. El 0,72% sin clasificar es una oportunidad de mejora en la calidad de carga del formulario.
TOTAL	100%	

Tabla 60 Observaciones por naturaleza de Falla

La concentración del 48,72% de las ST en problemas mecánicos ratifica las decisiones de gestión de inventarios adoptadas en el Capítulo 4: concentrar el stock permanente del pañol en componentes mecánicos de desgaste rodamientos, sellos y retenes y aplicar el AMFE con mayor profundidad sobre equipos rotativos es la estrategia correcta para la planta.

5.2.3. Distribución por área solicitante

El análisis por área solicitante evidencia la cobertura transversal que alcanzó el sistema en la organización:

● Producción ● Mantenimiento ● Procesos, Calidad y Servicios ● Administración ● SHE ● Logística ● Proyectos ● (En blanco) ● Compras

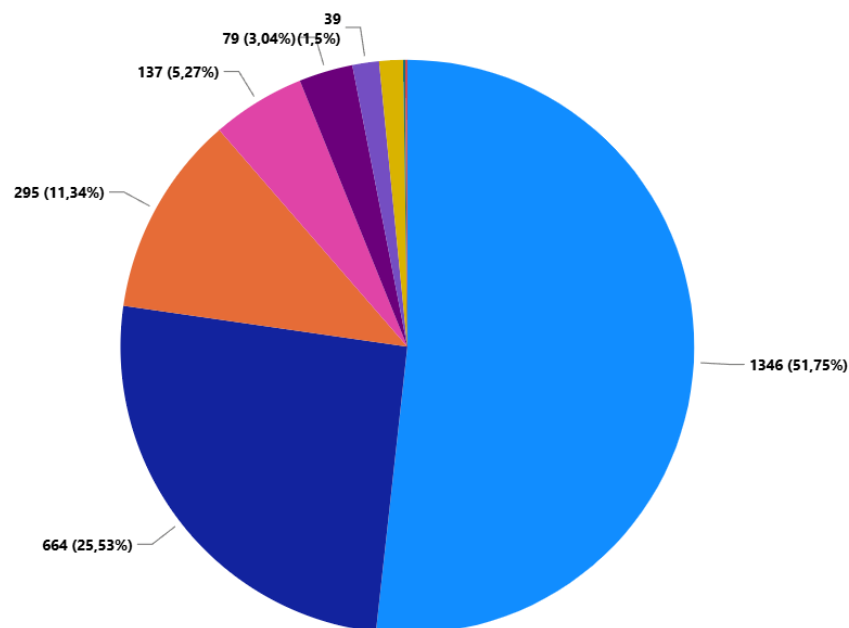


Figura 25 Grafico de Distribución de St Por Sectores

Área solicitante	ST	% del total
Producción	1.346	51,75%
Mantenimiento	664	25,53%
Procesos, Calidad y Servicios	300	11,33%
Administración	137	5,48%
SHE	79	2,98%
Logística	39	1,47%
Proyectos y Compras	42	1,58%
TOTAL	2.648	100%

Tabla 61 Matriz de Cantidad de Solicitudes por Sector

El resultado más significativo es que el 74,49% de las ST fueron generadas por áreas ajenas al departamento de Mantenimiento. En la situación previa con las planillas de Google Sheets estos sectores no disponían de un canal formal para registrar sus



necesidades de intervención. La adopción del sistema por parte del área de Producción (51,81% del total) es el indicador más concreto del impacto cultural de la implementación: los operadores de proceso, que son los primeros en detectar anomalías en los equipos, ahora generan solicitudes formales con TAG del equipo, prioridad y tipo de problema asignado, reemplazando las comunicaciones informales por registros trazables en Finnegans.

5.1.4. Conclusiones del análisis de ST

- Se registraron 2.648 ST en 9 meses con una Tasa de Cumplimiento acumulada del 83,91%, cerca del objetivo inicial del 85%.
- La distribución por tipo de problema (48,72% mecánico) valida el análisis de criticidad y AMFE del Capítulo 4 y confirma que las políticas de inventario están correctamente orientadas.
- El 74,66% de las ST fueron generadas por áreas externas a Mantenimiento, confirmando que el sistema se consolidó como plataforma transversal de gestión de solicitudes de intervención de toda la planta.
- La lógica acumulativa del indicador de cumplimiento implica que los valores de los últimos meses mejorarán a medida que se cierran las ST pendientes, por lo que la tasa global del 83,91% debe entenderse como un piso y no como un techo del sistema.

5.3. Análisis de Órdenes de Trabajo

El sistema de Órdenes de Trabajo (OT) en Finnegans registró un total de 4.018 órdenes en el período analizado, con una tasa de cierre del 87,7% (3.523 OT cerradas). Este volumen, generado durante los primeros meses de operación del sistema, representa el historial de intervenciones de mantenimiento más completo y trazable que ha tenido la planta hasta la fecha: cada OT vincula una intervención específica con el equipo intervenido, el tipo de mantenimiento realizado, el personal asignado y Cuando corresponde los materiales consumidos del pañol.

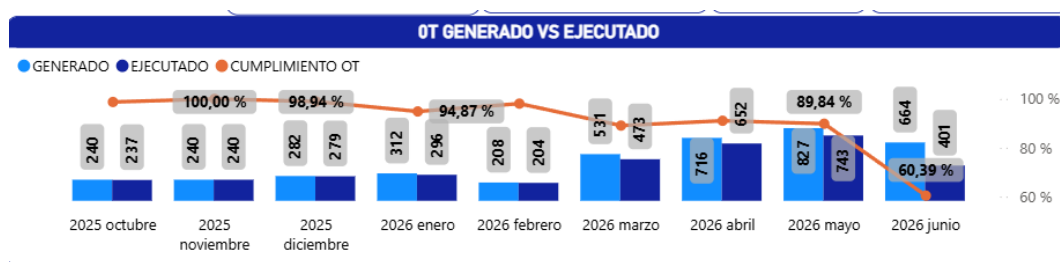


Figura 26 Tendencia de Ordenes de Trabajo a lo largo del tiempo

5.3.1. Distribución por tipo y subtipo de OT

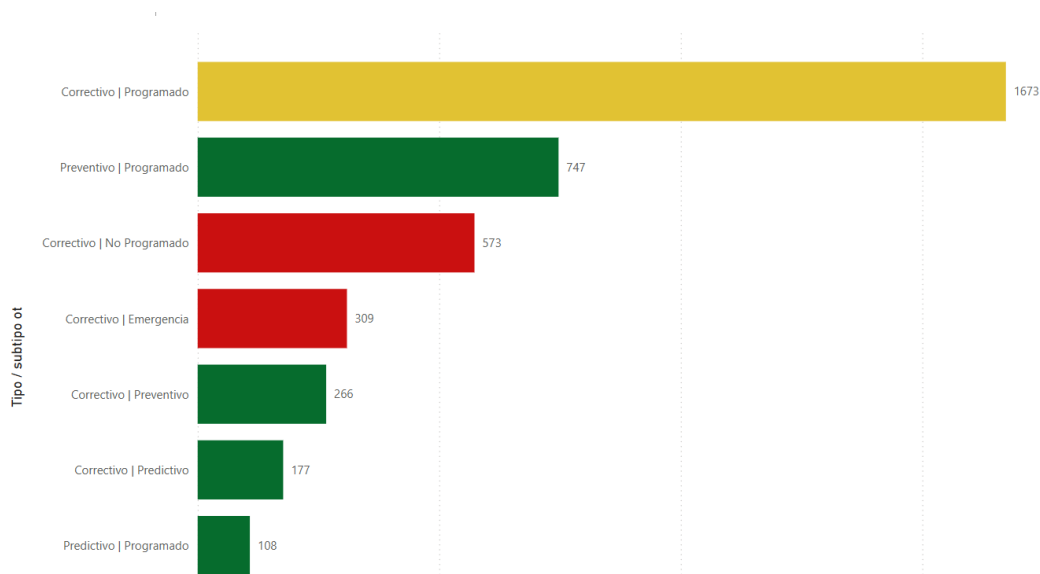


Figura 27 Distribución por tipo de Subtipo de OT

Tipo / Subtipo OT	Total	% del total	Cerradas	% cierre	Abiertas	Pend. Lib.
Correctivo Programado	1.673	41,6%	1.469	87,8%	124	70
Preventivo Programado	747	18,6%	698	93,4%	28	—
Correctivo No Programado	573	14,3%	566	98,8%	3	1
Correctivo Emergencia	309	7,7%	305	98,7%	2	—
Correctivo Preventivo	266	6,6%	166	62,4%	92	1
Correctivo Predictivo	177	4,4%	130	73,4%	35	6
Sin clasificar	155	3,9%	94	60,6%	61	—
Predictivo Programado	108	2,7%	85	78,7%	23	—
Preventivo Inspección	10	0,2%	10	100%	—	—

Tipo / Subtipo OT	Total	% del total	Cerradas	% cierre	Abiertas	Pend. Lib.
Correctivo Programado	1.673	41,6%	1.469	87,8%	124	70
Preventivo Programado	747	18,6%	698	93,4%	28	—
Correctivo No Programado	573	14,3%	566	98,8%	3	1
Correctivo Emergencia	309	7,7%	305	98,7%	2	—
Correctivo Preventivo	266	6,6%	166	62,4%	92	1
Correctivo Predictivo	177	4,4%	130	73,4%	35	6
Sin clasificar	155	3,9%	94	60,6%	61	—
Predictivo Programado	108	2,7%	85	78,7%	23	—
TOTAL	4.018	100%	3.523	87,7%	368	78

Tabla 62 Matriz de análisis de tipos de OT

5.2.2. Balance reactivo vs. proactivo

Uno de los indicadores de mayor valor estratégico que surge del análisis de OT es la relación entre intervenciones reactivas y proactivas. Este balance refleja el nivel de madurez del sistema de mantenimiento: cuanto mayor es la proporción de OT proactivas, menor es la dependencia del mantenimiento correctivo de emergencia y mayor el control sobre la disponibilidad de los equipos.

Categoría	OT	% del total	Interpretación
Reactivas (todas las OT Correctivas)	2.998	74,6%	Intervenciones originadas en fallas detectadas durante la operación, ya sean emergencias, fallas programables o fallas detectadas en preventivos y predictivos.
Proactivas (Preventivo + Predictivo programado)	865	21,5%	Intervenciones planificadas: mantenimiento preventivo programado (747), predictivo programado (108) e inspecciones (10).
Sin clasificar	155	3,9%	OT generadas sin asignación de tipo. Representan una oportunidad de mejora en la disciplina de carga del sistema.
TOTAL	4.018	100%	—

Tabla 63 Comparativa en OT Proactivas / OT Reactiva

La proporción 74,6% reactiva / 21,5% proactiva es el resultado esperado para el primer período de operación del sistema en una planta que históricamente no contaba con un plan de mantenimiento preventivo formalizado. Sin embargo, este balance también



señala el camino de mejora más importante para los próximos ciclos: incrementar el peso relativo de las OT proactivas, reduciendo la dependencia del correctivo no programado y de emergencia. Cada OT de Preventivo Programado ejecutada a tiempo equivale, en promedio, a evitar entre 2 y 3 OT correctivas futuras sobre el mismo equipo.

El objetivo para el próximo ciclo operativo es alcanzar una proporción de al menos 30% de OT proactivas (Preventivo + Predictivo) sobre el total. Esto implica consolidar el plan de mantenimiento preventivo cargado en el Modelo de Rutinas de Finnegan y aumentar la cobertura del programa de monitoreo de condición en los equipos críticos C1.

5.2.3. Análisis por tipo hallazgos clave

Correctivo | Programado (1.673 OT —41,6%): Es el tipo de OT más frecuente del sistema y refleja la capacidad del equipo de planificar y programar las intervenciones correctivas antes de que escalen a emergencias. El 87,8% de tasa de cierre es sólido. Las 70 OT en estado Pendiente de Liberación representan intervenciones que aguardan disponibilidad de materiales o ventana operativa, lo que confirma que el sistema está operando como fue diseñado: reservando los recursos antes de autorizar la ejecución.

Correctivo | Emergencia (309 OT — 7,7%): La tasa de cierre del 98,7% en este tipo de OT es el resultado más contundente del período. Las intervenciones de emergencia —que corresponden a fallas que detienen la producción o representan riesgo de seguridad— fueron resueltas casi en su totalidad (305 de 309). Las 2 OT abiertas y las 2 liberadas al momento del análisis representan intervenciones en curso. Este resultado valida la efectividad del sistema de priorización URG-1D implementado en Finnegan.

Preventivo | Programado (747 OT — 18,6%): Con una tasa de cierre del 93,4% — la segunda más alta del sistema— el mantenimiento preventivo programado muestra un nivel de ejecución muy superior al que existía antes de la implementación. Las 10 OT de Preventivo|Inspección alcanzaron el 100% de cierre, lo que indica que las rutinas de inspección están completamente incorporadas en la operación diaria del equipo de mantenimiento.

Correctivo | Preventivo y Correctivo | Predictivo: Estas dos categorías registran las tasas de cierre más bajas del sistema (62,4% y 73,4% respectivamente). Ambas corresponden a fallas detectadas durante la ejecución de preventivos o durante el monitoreo de condición, que requieren planificación adicional para su corrección. El alto número de OT abiertas en estas categorías (92 y 35 respectivamente) no indica



ineficiencia sino que refleja el proceso natural de planificación de intervenciones que aún se encuentran en etapa de evaluación o aguardan la próxima parada de planta.

5.2.4. Conclusiones del análisis de OT

- 4.018 OT registradas con una tasa de cierre global del 87,7% (3.523 OT cerradas) constituyen el historial de mantenimiento más completo y trazable que ha tenido la planta, reemplazando definitivamente las planillas de Google Sheets.
- La tasa de cierre del 98,7% en OT de Correctivo|Emergencia confirma que el sistema de priorización URG-1D funciona correctamente: las intervenciones críticas se resuelven casi en su totalidad.
- El balance reactivo/proactivo (74,6% / 21,5%) es el punto de partida para la mejora: el objetivo del próximo ciclo es elevar las OT proactivas al 30% del total mediante la consolidación del plan preventivo en el Modelo de Rutinas de Finnégans.
- Las 78 OT en estado Pendiente de Liberación reflejan intervenciones correctamente planificadas que aguardan recursos o ventana operativa, confirmando que el flujo ST → OT → planificación → liberación → ejecución está operando según el diseño del sistema.
- Las 155 OT sin clasificar (3,9%) representan una oportunidad de mejora operativa: configurar el campo Tipo/Subtipo como obligatorio en el formulario de OT de Finnégans reduciría este porcentaje a cero en el próximo ciclo.

5.4. Análisis de Equipos Fuera de Servicio (EFS)

5.4.1. Contexto y línea de base

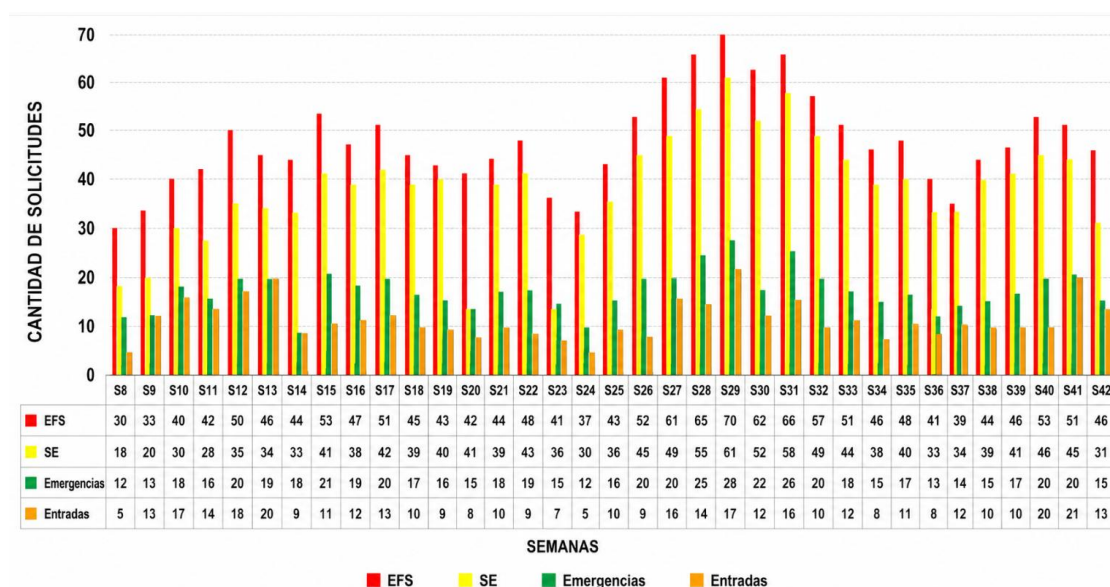


Figura 28 Análisis de Solicitudes EFS/SE Año 2025

El análisis de la evolución de los activos fuera de servicio (EFS) constituye el indicador más directo del impacto operativo del sistema implementado. Como se documentó en el Capítulo 3, el período comprendido entre las semanas S23 y S29 del año 2025 representó el punto crítico de la gestión previa: el stock de equipos fuera de servicio creció un 92%, alcanzando un máximo histórico de 73 unidades en la semana S29. Durante ese período, el ingreso semanal de equipos a reparación con picos de 22 unidades superó ampliamente la capacidad de restitución del sistema, que no superaba las 9 entregas semanales efectivas. Este desequilibrio estructural entre la tasa de ingreso y la tasa de restitución fue identificado como consecuencia directa de la falta de disponibilidad oportuna de materiales y de la ausencia de un sistema formalizado de gestión de intervenciones.

5.4.2. Evolución post-implementación (S1–S23, año 2026)

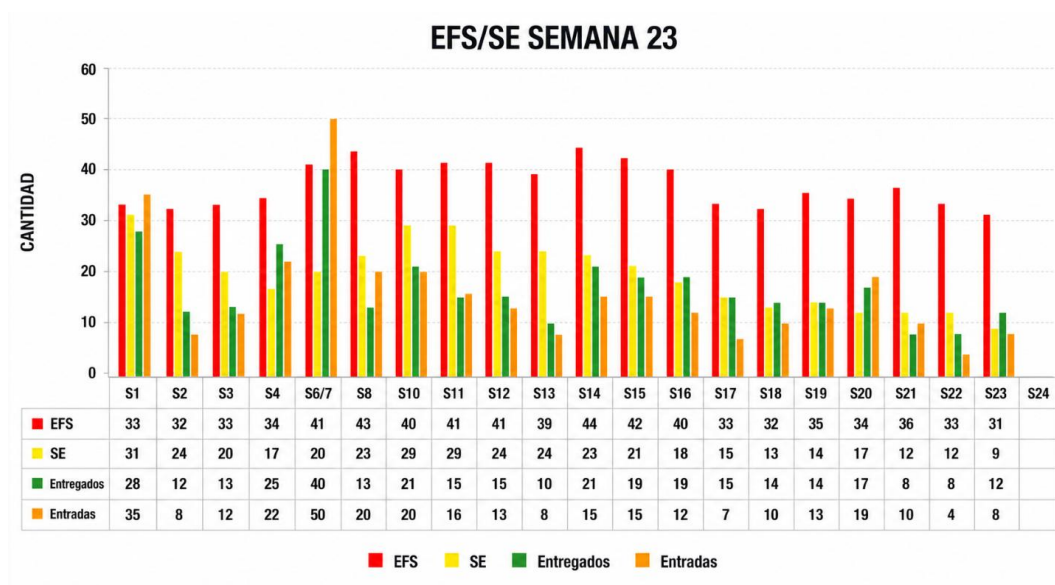


Figura 29 Análisis de Solicitudes EFS SE

El análisis de la serie temporal correspondiente al período enero–junio de 2026 evidencia una transformación sustancial en el comportamiento del sistema. El stock de EFS se estabilizó en una banda operativa de entre 31 y 44 unidades, con un valor promedio cercano a las 36 unidades, representando una reducción del 57,5% respecto al pico histórico de 73 unidades registrado en S29/2025.

El dato más significativo del período no es el valor absoluto de EFS, sino la capacidad de respuesta del sistema ante eventos de alta demanda. Durante la semana S6/7 del año 2026, la planta registró el mayor volumen de ingresos del período analizado: 50 equipos ingresaron al sistema de mantenimiento en una sola semana. En el escenario previo a la implementación, un evento de esta magnitud habría generado un colapso del stock de EFS comparable o superior al pico de S29/2025. Sin embargo, el sistema respondió con 40 entregas efectivas en la misma semana, absorbiendo el pico de demanda sin que el stock de EFS superara las 41 unidades. Esta capacidad de absorción, inédita en el historial de la planta, es el resultado directo de la disponibilidad de materiales garantizada por el nuevo modelo de gestión del pañol y la trazabilidad provista por el sistema de OT en Finnegans.

5.4.3. Enfoque por Criticidad de Equipo

El análisis comparativo de las Solicitudes de Trabajo clasificadas por criticidad de equipo entre los cortes de semana S29/2025 y S23/2026 evidencia una reducción transversal y significativa en todas las categorías, con una disminución del 72,3% en el volumen total de ST abiertas (de 137 a 38 solicitudes). La siguiente tabla resume la evolución por categoría de criticidad:

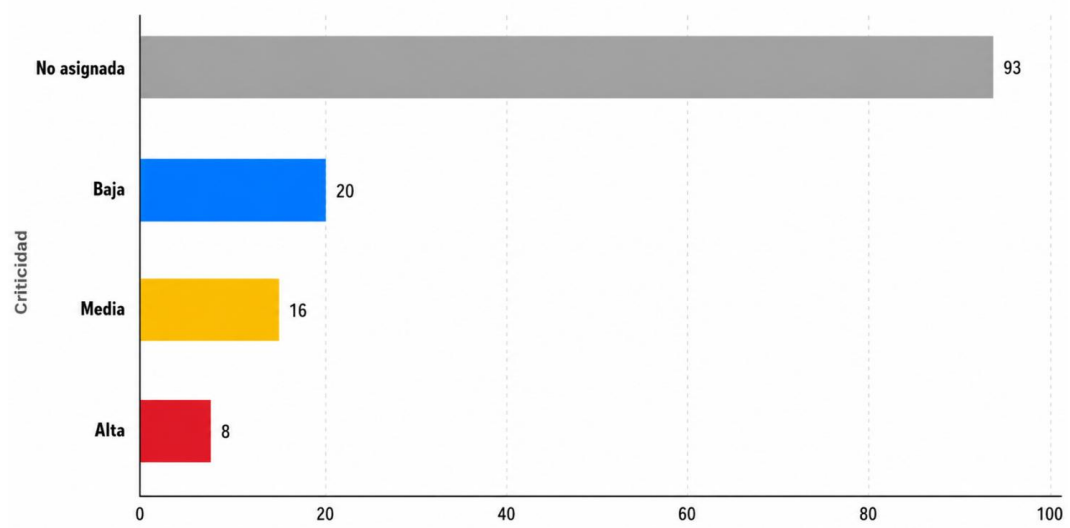


Figura 30 Análisis de Cantidad St EFS/SE Según Criticidad Semana 29 / 2025

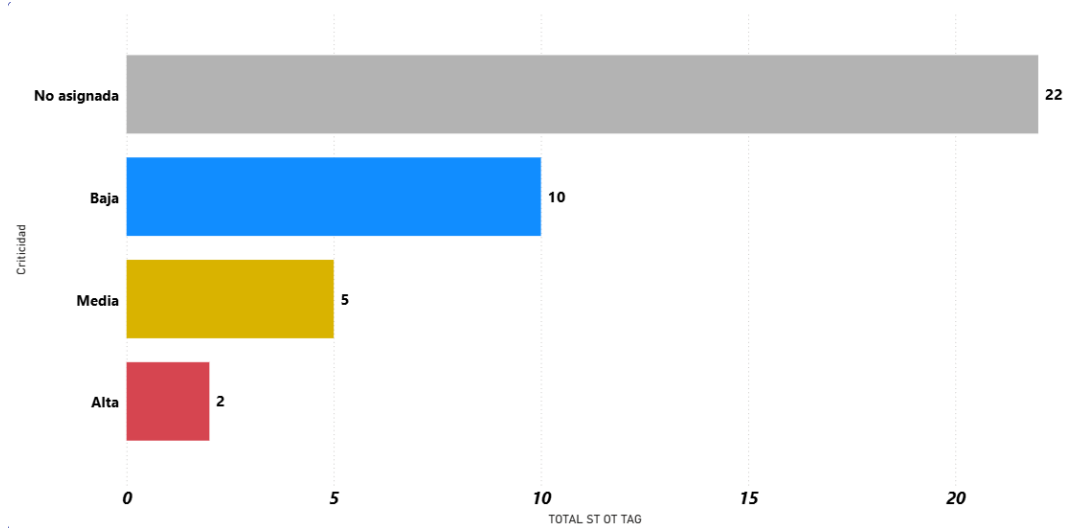


Figura 31 Análisis de Cantidad St EFS / SE Según Criticidad Semana 23 / 2026

Criticidad	S29/2025	S23/2026	Var. Abs.	Var. %	Tendencia
ALTA	8	2	-6	-75,0%	Mejora significativa

Criticidad	S29/2025	S23/2026	Var. Abs.	Var. %	Tendencia
MEDIA	16	5	-11	-68,7%	Mejora significativa
BAJA	20	9	-11	-55,0%	Mejora
AUXILIAR / No asignada	93	22	-71	-76,3%	Mejora significativa
TOTAL	137	38	-99	-72,3%	

Tabla 64 Tabla comparativa Por Criticidad de Tareas

5.3.3.1. Análisis por categoría de criticidad

La reducción más relevante desde el punto de vista del riesgo operativo se observa en la categoría de criticidad Alta, que pasó de 8 a 2 solicitudes activas (-75%). Este resultado no implica la eliminación completa de demandas sobre equipos críticos lo cual sería esperable en cualquier planta industrial en operación, sino que refleja que el sistema de gestión está canalizando y resolviendo estas solicitudes con mayor velocidad que en el período previo.

Significativamente, las 2 ST de criticidad Alta vigentes al corte de S23/2026 no representan demandas sin atención: En ambos casos, el sistema de OT está gestionando (Condición de “Pendiente de Liberación “activamente la resolución, lo que diferencia estructuralmente la situación actual del modelo reactivo que caracterizaba el período de diagnóstico.

Las categorías de criticidad Media y Baja también registran caídas proporcionales (-68,7% y -55% respectivamente), confirmando que la mejora no se concentró únicamente en los equipos de mayor impacto, sino que se distribuyó a lo largo de todo el espectro de criticidad. La categoría Auxiliar que agrupa observaciones sobre instalaciones y subequipos no directamente vinculados a la continuidad del proceso redujo su stock de ST abiertas de 93 a 22 (-76,3%), lo que indica que el sistema absorbió y procesó de manera efectiva el mayor volumen histórico de demandas, que correspondía precisamente a esta categoría.

5.3.3.4. Conclusiones

El volumen total de ST abiertas se redujo un 72,3% (de 137 a 38 solicitudes) entre S29/2025 y S23/2026, evidenciando que el sistema de gestión de mantenimiento



implementado resolvió el backlog histórico de manera sostenida y sin colapso de capacidad.

La categoría de criticidad Alta registró la mayor reducción absoluta (-75%), pasando de 8 a 2 solicitudes activas. Ambas ST vigentes tienen gestión activa documentada (OC emitida y reparación en proceso respectivamente), por lo que no representan demandas sin atención.

La mejora fue transversal a todas las categorías de criticidad, con variaciones que oscilan entre -55% (Baja) y -76,3% (Auxiliar), confirmando que el impacto del sistema no se limitó a los equipos prioritarios sino que alcanzó la totalidad del parque de activos gestionados.

La distribución de ST activas al corte S23/2026 (2 Alta, 5 Media, 9 Baja, 22 Auxiliar) sobre un total de 38 solicitudes representa un sistema con baja carga de backlog, condición que no existía al inicio del período analizado y que habilita al equipo de mantenimiento a operar de manera predominantemente planificada en lugar de reactiva.

La persistencia de 22 solicitudes sin criticidad asignada (categoría No asignada en S23/2026) representa la principal oportunidad de mejora en la trazabilidad del sistema: completar la asignación de criticidad al 100% de los activos garantizará que todas las decisiones de priorización se apoyen en criterios técnicos formalizados.

5.4.4. Enfoque por tipo de equipo

El análisis desarrollado en las secciones precedentes permite extender el criterio de priorización de repuestos del pañol más allá de las bombas centrífugas, incorporando al resto de los tipos de equipo relevados en la comparativa de stock de EFS entre S29/2025 y S23/2026. Esta comparación no solo confirma una mejora generalizada, sino que aporta un criterio objetivo para definir qué repuestos deben recibir tratamiento prioritario en el pañol.

El comportamiento observado por tipo de equipo permite distinguir tres grupos con implicancias distintas para la política de inventario.

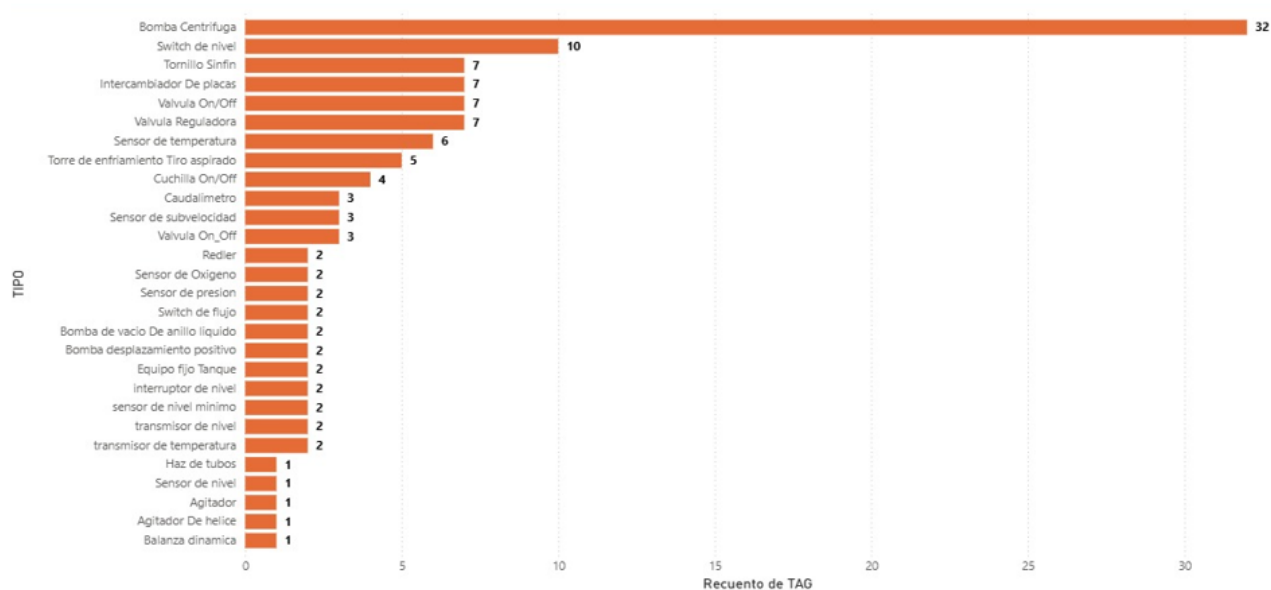


Figura 32 Referencia de Equipos Fuera de Servicio Semana 29 2025

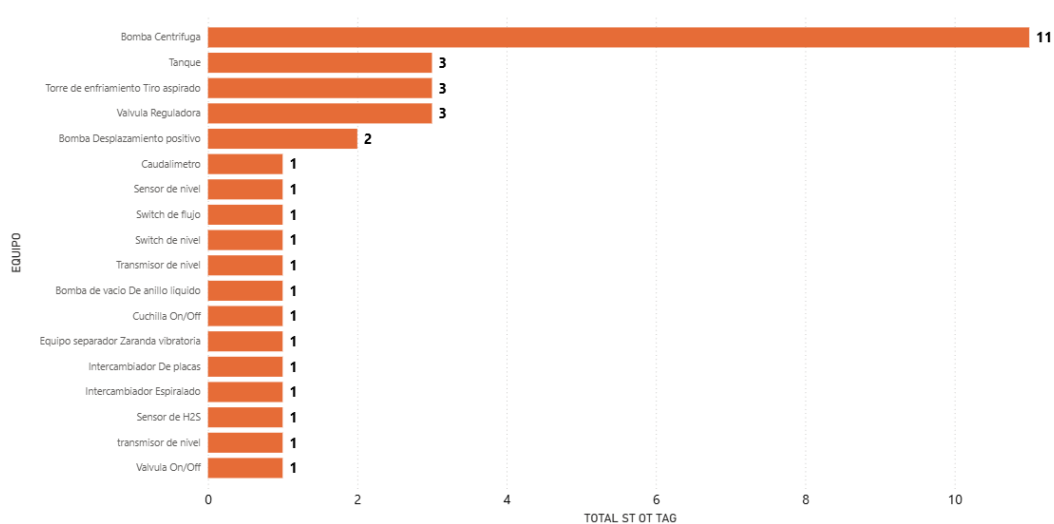


Figura 33 Referencia de Equipos Fuera de Servicio Semana 23 2026

Equipos de alta frecuencia residual. Las bombas centrífugas (32→11 unidades) y los switches de nivel (10→1 unidad) continúan siendo, aun después de la mejora, los tipos de equipo con mayor presencia en el stock de EFS. Esto indica que sus componentes de desgaste rodamientos y retenes en el caso de las bombas, y los propios switches como

repuesto completo en el segundo caso deben mantenerse en la Clase A del análisis ABC del pañol, con stock de seguridad permanente, dado que la probabilidad de que un nuevo equipo de este tipo ingrese a reparación sigue siendo la más alta de todo el sistema.

Equipos con resolución completa. Los tornillos sinfín y los sensores de temperatura pasaron de 7 y 6 unidades respectivamente en S29/2025 a 0 unidades en S23/2026, es decir, su stock de EFS se resolvió en su totalidad. Este resultado sugiere que los repuestos asociados a estos equipos (componentes de transmisión y elementos de medición) alcanzaron un nivel de disponibilidad adecuado en el pañol durante el período analizado, y que la política actual de stock para estas familias puede mantenerse sin cambios, utilizándose como caso de referencia para las demás categorías.

Equipos de mejora parcial. Intercambiadores de placas (7→2), válvulas On/Off (7→1), válvulas reguladoras (7→3), torres de enfriamiento de tiro aspirado (5→3) y cuchillas On/Off (4→1) muestran reducciones significativas pero no completas. Para este grupo, se recomienda una revisión específica de los tiempos de reposición de sus componentes críticos (sellos, juntas, actuadores y elementos de corte), dado que la persistencia de unidades en EFS aunque en menor cantidad puede estar asociada a repuestos de menor rotación que no fueron incorporados con la misma prioridad que las bombas centrífugas en la política de stock mínimo.

Esta lectura diferenciada por tipo de equipo es coherente con el criterio de clasificación ABC desarrollado en el Capítulo 4 (sección 4.3.8) y con el objetivo específico de este trabajo de definir stocks mínimos por criticidad: la mejora general del sistema no debe interpretarse como un resultado homogéneo, sino como el resultado de una priorización más efectiva sobre los equipos de mayor impacto, que ahora debe extenderse de manera sistemática a las categorías de mejora parcial para sostener la tendencia descendente del stock de EFS documentada en la sección 5.3.2.

Cabe señalar que, si bien el presente trabajo no cuenta aún con una medición consolidada del tiempo promedio de reposición desagregada por tipo de componente que permita cuantificar con precisión la mejora lograda en cada familia de repuestos, la reducción transversal del stock de EFS y la mayor capacidad de absorción de picos de demanda documentada en la sección 5.3.2 son consistentes con una mejora efectiva en la disponibilidad de materiales críticos. Se recomienda incorporar el tiempo de reposición desagregado por tipo de componente como indicador específico de seguimiento en el tablero de KPIs del pañol, lo que permitiría aislar y cuantificar el impacto de esta priorización sobre cada familia de equipos en futuras revisiones del sistema.

5.3.4. Conclusiones del análisis de EFS

- La cantidad de equipos fuera de servicio se redujo un 57,5% respecto al pico histórico (de 73 a 31 unidades), consolidando una banda operativa sostenida de entre 31 y 44 unidades a lo largo del primer semestre de 2026.
- La capacidad de respuesta del sistema ante picos de demanda se transformó cualitativamente: el evento de S6/7 2026 (50 ingresos, 40 entregas) demostró que el sistema puede absorber volúmenes extraordinarios sin colapsar el stock de EFS, situación que era estructuralmente imposible en el escenario previo a la implementación.
- El perfil de criticidad del stock actual (solo 2 equipos de criticidad Alta sobre 42 totales) confirma que el sistema de priorización de OT está canalizando los recursos hacia los activos de mayor impacto, manteniendo bajo control el riesgo de parada de proceso por equipos críticos no atendidos.
- La persistencia de 24 unidades sin criticidad asignada en el stock actual representa la principal oportunidad de mejora operativa: completar la clasificación de todos los activos registrados en el sistema garantizará que el 100% de las decisiones de priorización se apoyen en criterios técnicos formalizados y no en criterios individuales.
- La tendencia sostenida de EFS en la banda de 31–44 unidades, con un cierre de S23/2026 en 31 equipos, constituye el resultado operativo más representativo del período: la planta gestiona hoy su inventario de activos fuera de servicio con información trazable, criterios de priorización explícitos y un sistema de abastecimiento que anticipa la demanda de materiales, reemplazando definitivamente el modelo reactivo que caracterizó la gestión histórica

5.5 Análisis de Indicadores de Pañol de Mantenimiento

5.5.1. Resultados a siete meses de gestión (octubre 2025 – abril 2026)

Con el sistema de indicadores propuesto en la sección 4.2.3 ya en operación, se realizó la primera medición consolidada sobre siete meses de gestión del Pañol 04, tomando como línea base la situación heredada al 30 de septiembre de 2025 y como cierre el corte al 30 de abril de 2026. La siguiente tabla resume la variación de los indicadores clave respecto a la situación heredada:

Indicador	Sep-25 (heredado)	Abr-26 (actual)	Variación	% Mejora
I1. Exactitud de ubicación	64%	89%	+25 p.p.	+39,1%
I2. Stock negativo (códigos)	234	63	-171	-73,1%
I3. Quiebre total (códigos)	856	668	-188	-22,0%
I5. Trazabilidad de movimientos	No medida	100%	—	Meta alcanzada

Tabla 65 Comparativas de Indicadores Situación original / Situación actual

El soporte operativo de estos resultados se compone de 172 ajustes masivos de saneamiento ejecutados en el mes de octubre de 2025 que corrigieron buena parte del arrastre de errores heredado del sistema anterior, 10 recuentos físicos implementados como rutina de control bajo el procedimiento IT-03, y un total de 6.465 movimientos de pañol (ingresos, egresos y ajustes) registrados con trazabilidad completa en Finnegans durante los siete meses analizados.

5.5.2. Diagnóstico del catálogo activo (relevamiento Nov-2025 a Abr-2026)

De manera complementaria a la medición de la mejora de gestión, se realizó un relevamiento del catálogo completo del Pañol 04 sobre el período noviembre 2025 – abril 2026, con el objetivo de caracterizar la composición real del inventario y dimensionar el trabajo de depuración pendiente. El universo analizado comprende 3.147 ítems activos en el catálogo, de los cuales únicamente 1.396 (44,4%) registraron al menos un movimiento de consumo en los seis meses relevados.

La segmentación del catálogo por estado de stock confirma dos hallazgos relevantes para la gestión. Por un lado, persiste una situación de riesgo concentrada en 318 ítems (10%) sin stock disponible y 97 ítems (3%) en estado de bajo stock; en conjunto, una tasa de quiebre del 13% sobre el catálogo total. Por otro lado, el extremo opuesto del espectro presenta un volumen aún mayor: 801 ítems (25%) con exceso de stock y 1.751 ítems (56%) sin ningún movimiento registrado en seis meses, lo que evidencia un catálogo sobredimensionado en el que más de la mitad de los códigos no aporta valor de gestión y, en cambio, consume capacidad de almacenamiento y de control.

El análisis de Pareto sobre el consumo del período identificó que solo 47 ítems (3,4% del catálogo activo) concentran el 80% del consumo total registrado. Esta alta concentración confirma que la gestión de inventario debe priorizarse en función del impacto económico y operativo de cada código, y no de manera uniforme sobre la totalidad del catálogo: un quiebre de stock en cualquiera de estos 47 ítems tiene impacto directo sobre la operación, mientras que un quiebre en uno de los 1.751 ítems sin movimiento no genera ningún efecto productivo.

Respecto a la calidad de la configuración del indicador I4 (Punto de Reorden), el relevamiento detectó que 254 ítems con consumo activo tienen el PR en cero, es decir, nunca fue configurado, 203 ítems tienen un PR por debajo del 50% del valor calculado estadísticamente, y 564 ítems superan el 200% del valor calculado. En conjunto, 1.021 de los 1.396 ítems con consumo (73,1%) tienen su Punto de Reorden mal configurado, lo que explica en gran medida la coexistencia de quiebres de stock y excesos de inventario detectada en el mismo catálogo. Adicionalmente, 1.142 ítems (36% del catálogo activo) no tienen precio cargado en el sistema, lo que impide valorizar económicamente las decisiones de compra y reposición.

5.5.3. Conclusiones del análisis de indicadores de pañol

- La exactitud de ubicación mejoró de 64% a 89% (+25 puntos porcentuales) entre el inicio de la gestión y el corte de abril de 2026, acercándose a la meta de gestión del 95% definida en la sección 4.2.3. La brecha remanente se concentra en materiales con devoluciones recientes que aún no fueron reubicados formalmente y en repuestos de baja rotación reposicionados de manera transitoria durante el saneamiento de octubre de 2025.
- El stock negativo se redujo un 73,1% (de 234 a 63 códigos), impulsado principalmente por los 172 ajustes masivos de saneamiento realizados en octubre de 2025. Los 63 casos remanentes deben resolverse mediante inventario físico dirigido, dado que constituyen un error de registro que invalida parcialmente cualquier análisis de quiebre mientras no se corrija, conforme al criterio cero definidos para el indicador I2.
- El quiebre total de stock se redujo un 22,0% (de 856 a 668 códigos), una mejora más moderada que la de los demás indicadores, lo que indica que la resolución de quiebres de stock requiere un ciclo de gestión más largo que el de la corrección de errores de registro, al depender de los tiempos de reposición de proveedores y no únicamente de ajustes administrativos.
- La trazabilidad de movimientos alcanzó el 100% sobre 6.465 movimientos registrados en siete meses, cumpliendo la meta de gestión definida para el



indicador I5 y confirmando que el sistema de OT vinculado a Finnegans eliminó los egresos informales identificados como causa raíz en el diagnóstico del Capítulo 3.

- El relevamiento del catálogo completo expuso una oportunidad de mejora que excede el alcance de los ajustes correctivos aplicados hasta el momento: el 56% de los ítems del pañol (1.751 códigos) no tuvo movimiento en seis meses, mientras que solo 47 ítems (3,4%) concentran el 80% del consumo real. Se recomienda iniciar un proceso de depuración del catálogo sin movimiento y reorientar el esfuerzo de control hacia los ítems de mayor impacto, en línea con el criterio de clasificación ABC desarrollado en el Capítulo 4 (sección 4.3.8).
- El indicador I4 (calidad de configuración del PR) reveló que el 73,1% de los ítems con consumo activo tiene su Punto de Reorden mal configurado en el sistema, lo que explica estructuralmente la coexistencia de quiebres de stock y excesos de inventario sobre el mismo catálogo. La carga de los valores de PR y Stock de Seguridad calculados estadísticamente ya disponibles para su incorporación a Finnegans constituye la acción correctiva de mayor impacto esperado para el próximo período de gestión.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid, España.
- Tenaris University. (2008). *El Mantenimiento en Tenaris. Introducción a la Gestión del Mantenimiento. Volumen Primero*. Tenaris University. Buenos Aires, Argentina. © 2008 TENARIS. Todos los derechos reservados.
- Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Ediciones USTA — Universidad Santo Tomás. Bucaramanga, Colombia.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R. y Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros* (12.^a ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores, S. A. de C. V. México.
- Vidal Holguín, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Programa Editorial Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- Carreño Solís, A. (2011). *Logística de la A a la Z*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. ISBN.
- Arata Andreani, A. (2009). *Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. Aplicación de la Plataforma R-MES* (1.^a ed.). RIL editores. Santiago de Chile, Chile.
- Muller, M. (2005). *Fundamentos de administración de inventarios*. Grupo Editorial Norma. Bogotá, Colombia.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015. Sistemas de gestión de la calidad—Requisitos. ISO*.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015. Sistemas de gestión de la calidad -Requisitos. ISO*.



ANEXOS

Anexo I. Listado completo de componentes críticos

Listado de Rodamientos Críticos

Código	Descripción	C	Stock Perm.	Qty inst.	LT (días)	SS	PR	SM	Equipos (principales)	Área
ROT-ROD-0014	NA 4922	A	SÍ	3	15	1	2	3	SD0701, SD0702, SD0703	Separación
ROT-ROD-0015	NU 1021	A	SÍ	3	15	1	2	3	SD0701, SD0702, SD0703	Separación
ROT-ROD-0018	6406	A	SÍ	1	15	1	2	3	MD0109	Molienda
ROT-ROD-0022	SKF H316	A	SÍ	2	15	1	2	3	CN0101	Molienda
ROT-ROD-0030	SKF 22216	A	SÍ	2	15	1	2	3	CN0101	Molienda
ROT-ROD-0032	22220 E/C3	A	SÍ	4	15	1	2	3	HM0101, HM0102	Molienda
ROT-ROD-0044	6206 ZZ	A	SÍ	4	15	1	2	3	CC0003, PL0001, CN0801	Acopio, Secado
ROT-ROD-0053	6218	A	SÍ	2	15	1	2	3	CN0001, MD0109	Acopio, Molienda
ROT-ROD-0057	6309 ZZ	A	SÍ	9	15	1	2	3	PV0504A, PV0504B, AG0204...	Anhidración, Licuefacción, Molienda
ROT-ROD-0065	6319 C3	A	SÍ	2	15	1	2	3	HM0101, HM0102	Molienda
ROT-ROD-0086	SNL 520-617	A	SÍ	4	15	1	2	3	HM0101, HM0102	Molienda
ROT-ROD-0088	UCF-211	A	SÍ	2	15	1	2	3	CN0101	Molienda
ROT-ROD-0093	6207 ZZ	A	SÍ	26	15	1	3	4	CC0003, CC0004, PL0001...	Acopio, Destilación, Playa de tanques, Secadero, Secado
ROT-ROD-0163	YAR209-2F	A	SÍ	2	15	1	2	3	WT0101	Molienda
ROT-ROD-0164	6322 C3	A	SÍ	2	15	1	2	3	HM0101, HM0102	Molienda
ROT-ROD-0217	6212 ZZ	A	SÍ	3	15	1	2	3	SD0701, SD0702, SD0703	Separación
ROT-ROD-0218	6313 ZZ	A	SÍ	3	15	1	2	3	SD0701, SD0702, SD0703	Separación
ROT-ROD-0231	UC210	A	SÍ	2	15	1	2	3	WT0101	Molienda
ROT-ROD-0312	6216 Z	A	SÍ	1	15	1	2	3	MD0109	Molienda
ROT-ROD-0334	6000 ZZ	A	SÍ	2	15	1	2	3	DR0810, DR0810B	Secadero
ROT-ROD-0342	6309 2RS	A	SÍ	1	15	1	2	3	PL0001	Acopio
ROT-ROD-0367	N312 ZKL	A	SÍ	2	15	1	2	3	MD0109	Molienda
ROT-ROD-0368	NS 516	A	SÍ	2	15	1	2	3	CN0101	Molienda
ROT-ROD-0371	P210	A	SÍ	2	15	1	2	3	WT0101	Molienda
ROT-ROD-0372	6209 ZZ SEW	A	SÍ	1	15	1	2	3	MD0109	Molienda
ROT-ROD-0373	T209	A	SÍ	2	15	1	2	3	WT0101	Molienda
ROT-ROD-0378	6209 2RS	A	SÍ	18	15	1	2	3	CR0001, PL0001, PV0504A...	Acopio, Anhidración, Secadero
ROT-ROD-0382	22220	A	SÍ	2	15	1	2	3	MD0109	Molienda
ROT-ROD-0017	29412 E ZKL SKF	B	SÍ	2	20	1	2	3	CT0824, CT0801	Secadero, Secado
ROT-ROD-0019	UC207	B	SÍ	2	20	1	2	3	DT0812, CT0822	Secadero
ROT-ROD-0020	1215K	B	SÍ	4	20	1	2	3	XX_0813, CT0801, CT0802...	Secadero, Secado
ROT-ROD-0021	H315	B	SÍ	4	20	1	2	3	CT0802, CT0803, CT0701	Secado, Separación
ROT-ROD-0023	6015 2RS	B	SÍ	2	20	1	2	3	CC0101	Molienda
ROT-ROD-0024	32209	B	SÍ	2	20	1	2	3	CC0101	Molienda
ROT-ROD-0027	NU315 ECP	B	SÍ	1	20	1	2	3	AG0203	Licuefacción
ROT-ROD-0033	30224 J2	B	SÍ	4	20	1	2	3	AG0203, AG0204	Licuefacción
ROT-ROD-0040	6211 Z C3	B	SÍ	2	20	1	2	3	CN0002, CT0101A	Acopio



ROT-ROD-0041	6204 ZZ	B	SÍ	3	20	1	2	3	CR0001, ST0001A, ST0001B	Acopio
ROT-ROD-0042	6205 ZZ	B	SÍ	6	20	1	2	3	CR0001, ST0001A, ST0001B...	Acopio, Anhidración, Molienda
ROT-ROD-0045	6207 2RS1 C3	B	SÍ	3	20	1	2	3	CC0001, CC0002, PD0902B	Acopio, Playa de tanques
ROT-ROD-0046	6208 2RS	B	SÍ	14	20	1	2	3	PV0504A, PV0504B, CC_0801...	Anhidración, Secado
ROT-ROD-0047	6209 2RS1 C3	B	SÍ	8	20	1	2	3	CC0001, CC0002, PC0417A...	Acopio, Destilación
ROT-ROD-0051	6213	B	SÍ	1	20	1	2	3	CN0002	Acopio
ROT-ROD-0055	6308 2RS1 C3	B	SÍ	2	20	1	2	3	CC0001, CC0002	Acopio
ROT-ROD-0058	6310 2RS	B	SÍ	3	20	1	2	3	PV0504A, PV0504B, PV0401B	Anhidración, Destilación
ROT-ROD-0059	6311 C3	B	SÍ	2	20	1	2	3	CN0002, PC0611A	Acopio, Central CIP
ROT-ROD-0061	6313 C3	B	SÍ	4	20	1	2	3	PC0311A, PC0311B, PC0204A	Fermentacion, Licuefaccion
ROT-ROD-0062	6314 C3	B	SÍ	5	20	1	2	3	CN0001, BL0103, BL0102	Acopio, Molienda
ROT-ROD-0063	6316 C3	B	SÍ	1	20	1	2	3	PC0309	Fermentacion
ROT-ROD-0070	7310BEP	B	SÍ	4	20	1	2	3	PC0304, PC0305	Fermentacion
ROT-ROD-0071	7312 BEP	B	SÍ	12	20	1	2	3	PC0315A, PC0315B, PC0601A...	Central CIP, Evaporación, Fermentacion
ROT-ROD-0073	7318	B	SÍ	4	20	1	2	3	PC0403A, PC0403B	Destilación
ROT-ROD-0081	NU312 ECP/C3	B	SÍ	7	20	1	2	3	PC0315A, PC0315B, PC0601A...	Central CIP, Evaporación, Fermentacion, Licuefaccion
ROT-ROD-0083	NU 318	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0403A, PC0403B	Destilación
ROT-ROD-0091	6315 C3	B	SÍ	1	20	1	2	3	PC0309	Fermentacion
ROT-ROD-0097	3310 A	B	SÍ	4	20	1	2	3	PC0218A, PC0218B	Licuefaccion
ROT-ROD-0098	22219 E	B	SÍ	1	20	1	2	3	AG0203	Licuefaccion
ROT-ROD-0099	6408	B	SÍ	6	20	1	2	3	AG0203, AG0204, AG0218	Licuefaccion
ROT-ROD-0100	6409	B	SÍ	4	20	1	2	3	AG0203, AG0218	Licuefaccion
ROT-ROD-0102	1215K	B	SÍ	2	20	1	2	3	CT0701	Separación
ROT-ROD-0113	SN512	B	SÍ	2	20	1	2	3	CN0801	Secado
ROT-ROD-0116	NTN 4T- 3782	B	SÍ	1	20	1	2	3	CN0001	Acopio
ROT-ROD-0117	TIMKEN 02872	B	SÍ	1	20	1	2	3	CN0002	Acopio
ROT-ROD-0118	ZKL 31520	B	SÍ	1	20	1	2	3	CN0002	Acopio
ROT-ROD-0123	NJ214 ECP	B	SÍ	1	20	1	2	3	CT0801	Secado
ROT-ROD-0130	6310 C3	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0218A, PC0218B	Licuefaccion
ROT-ROD-0142	6203 ZZ	B	SÍ	6	20	1	2	3	PD0205A, PD0205B, PD0206	Licuefacción
ROT-ROD-0180	NU 313 ECP/C3 SKF	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0402A, PC0402B	Destilación
ROT-ROD-0181	7313 BEP SKF	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0402A, PC0402B	Destilación
ROT-ROD-0195	6306 ZZ	B	SÍ	1	20	1	2	3	FI0101	Molienda
ROT-ROD-0197	22210 EK	B	SÍ	2	20	1	2	3	PV0608A, PV0608B	Evaporación
ROT-ROD-0215	30209	B	SÍ	1	20	1	2	3	CN0002	Acopio
ROT-ROD-0219	2213 EK	B	SÍ	3	20	1	2	3	CN0001, CN0002, PV0413A	Acopio, Destilación
ROT-ROD-0221	6308 ZZ	B	SÍ	18	20	1	2	3	CC0004, PV0410B, PV0401A...	Acopio, Destilación, Playa de tanques, Secadero, Secado
ROT-ROD-0222	22311 C	B	SÍ	4	20	1	2	3	ST0001A, ST0001B	Acopio
ROT-ROD-0228	6204 ZZ	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0501A, CR0101	Anhidración, Molienda



ROT-ROD-0326	3310	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0414A, PC0414B	Destilación
ROT-ROD-0327	6310	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0414A, PC0414B	Destilación
ROT-ROD-0330	7312	B	SÍ	7	20	1	2	3	PC0408B, PC0603A, PC0203A...	Destilación, Evaporación, Licuefacción
ROT-ROD-0331	22210 EKQ recto FAG	B	SÍ	1	20	1	2	3	PV0608B	Evaporación
ROT-ROD-0332	23176 CC/W33 SKF	B	SÍ	2	20	1	2	3	EX0810	Secadero
ROT-ROD-0339	6211 2RS C3	B	SÍ	3	20	1	2	3	CC0001, CC0002, PC0615A	Acopio, Central CIP
ROT-ROD-0341	B	B	SÍ	6	20	1	2	3	PC0615B, PC0306, PC0307...	Central CIP, Fermentación
ROT-ROD-0345	6312 2RS C3	B	SÍ	5	20	1	2	3	PC0615B, PC0417A, PC0417B...	Central CIP, Destilación, Fermentación
ROT-ROD-0346	6312 C3	B	SÍ	5	20	1	2	3	PC0306, PC0307, PC0308...	Fermentación
ROT-ROD-0347	6314 C3	B	SÍ	6	20	1	2	3	PC0204A, PC0204B, BL0101	Licuefacción, Molienda
ROT-ROD-0348	7310 C3	B	SÍ	16	20	1	2	3	AG0308A, AG0308B, AG0309A...	Fermentación
ROT-ROD-0349	7312 C3	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0204A, PC0204B	Licuefacción
ROT-ROD-0353	NU 312	B	SÍ	9	20	1	2	3	PC0408B, PC0603A, AG0204...	Destilación, Evaporación, Licuefacción
ROT-ROD-0354	NU310	B	SÍ	10	20	1	2	3	PC0304, PC0305, AG0308A...	Fermentación
ROT-ROD-0357	3314	B	SÍ	6	20	1	2	3	PC0415A, PC0415B, PC0306...	Destilación, Fermentación
ROT-ROD-0358	6214	B	SÍ	2	20	1	2	3	AG0203	Licuefacción
ROT-ROD-0359	6314	B	SÍ	7	20	1	2	3	PC0402A, PC0415A, PC0415B...	Destilación, Fermentación
ROT-ROD-0360	6317	B	SÍ	1	20	1	2	3	PC0402A	Destilación
ROT-ROD-0361	7316	B	SÍ	8	20	1	2	3	PC0602A, PC0602B, PC0602C...	Evaporación
ROT-ROD-0362	6214 2RS	B	SÍ	4	20	1	2	3	AG0204, AG0218	Licuefacción
ROT-ROD-0365	6317 2Z/C3	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0603B	Evaporación
ROT-ROD-0366	6319 2Z C3	B	SÍ	8	20	1	2	3	PC0602A, PC0602C, PC0603A...	Evaporación
ROT-ROD-0370	NU 316	B	SÍ	4	20	1	2	3	PC0602A, PC0602B, PC0602C...	Evaporación
ROT-ROD-0374	3214 R2	B	SÍ	2	20	1	2	3	AG0218	Licuefacción
ROT-ROD-0375	NUP315EM	B	SÍ	1	20	1	2	3	AG0218	Licuefacción
ROT-ROD-0376	22219 CAC/W33	B	SÍ	1	20	1	2	3	AG0218	Licuefacción
ROT-ROD-0377	NUP2311E M	B	SÍ	1	20	1	2	3	AG0218	Licuefacción
ROT-ROD-0379	6209 C3	B *	SÍ	18	20	1	2	3	BL0001, BL0004, BL0005...	Acopio
ROT-ROD-0383	6208 2RS C3	B	SÍ	9	20	1	2	3	CC0001, CC0002, PC0704D	Acopio, Vinaza
ROT-ROD-0385	6315	B	SÍ	1	20	1	2	3	CT0801	Secado
ROT-ROD-0388	6219 2RS C3	B	SÍ	2	20	1	2	3	CC0001, CC0002	Acopio
ROT-ROD-0043	6206 2RS1 C3	C	NO	4	20	1	2	3	PC0312A, PC0312B	Fermentación
ROT-ROD-0049	6211 C3	C *	NO	2	20	1	2	3	PV0405A	Destilación
ROT-ROD-0050	6212	C	NO	14	20	1	2	3	CC_0807, CC_0808, CC_0809...	Secadero
ROT-ROD-0052	6214	C	NO	7	20	1	2	3	CC_0807, CC_0808, CC_0809...	Secadero
ROT-ROD-0056	6309 C3	C	NO	4	20	1	2	3	CT0101B, CT0102A, CT0102B...	Acopio, Molienda
ROT-ROD-0066	7306 BEP	C	NO	10	20	1	2	3	PC0314, PC0312A, PC0312B...	Fermentación, Molienda
ROT-ROD-0079	NU306C3	C	NO	3	20	1	2	3	PC0101B, PC0101A, PC0101C	Molienda



ROT-ROD-0087	UCF 209	C	NO	13	20	1	2	3	CC_0807, CC_0808, CC_0809...	Secadero, Secado
ROT-ROD-0089	UCF 212	C	NO	6	20	1	2	3	CC_0801, CC_0802, CC_0803...	Secado
ROT-ROD-0090	UCF 214	C	NO	7	20	1	2	3	CC_0807, CC_0808, CC_0809...	Secadero
ROT-ROD-0101	51208	C	NO	1	20	1	2	3	PC0313	Fermentacion
ROT-ROD-0110	1212EKT9	C	NO	2	20	1	2	3	CN_0802	Secadero
ROT-ROD-0119	6304 ZZ	C	NO	1	20	1	2	3	PC0220	Licuefaccion
ROT-ROD-0122	6201 ZZ	C	NO	1	20	1	2	3	PC0220	Licuefaccion
ROT-ROD-0125	6311 ZZ	C	NO	1	20	1	2	3	PV0401B	Destilación
ROT-ROD-0139	3306	C	NO	2	20	1	2	3	PC0412A, PC0412B	Destilación
ROT-ROD-0143	722515B	C	NO	6	20	1	2	3	CC_0801, CC_0802, CC_0803...	Secado
ROT-ROD-0152	NU207 ECJ/C3	C	NO	6	20	1	2	3	PC0701A, PC0701B, PC0704C...	Vinaza
ROT-ROD-0153	6307/C3	C	NO	6	20	1	2	3	PC0701A, PC0701B, PC0704C...	Vinaza
ROT-ROD-0213	6022	C	NO	7	20	1	2	3	CC_0807, CC_0808, CC_0809...	Secadero
ROT-ROD-0328	7307	C	NO	10	20	1	2	3	PC0408A, PC0408B, PC0404B...	Destilación
ROT-ROD-0329	7308	C *	NO	6	20	1	2	3	PV0405B, PC0404A, PC0406A	Destilación
ROT-ROD-0333	32209A	C	NO	2	20	1	2	3	CC0003	Acopio
ROT-ROD-0335	6015 2RS	C	NO	2	20	1	2	3	CC0003	Acopio
ROT-ROD-0336	6204 2RS	C	NO	1	20	1	2	3	PC0502B	Anhidración
ROT-ROD-0337	6205 2RS	C	NO	1	20	1	2	3	PC0502B	Anhidración
ROT-ROD-0338	6209 Z C3	C	NO	5	20	1	2	3	CT0101B, CT0102A, CT0102B...	Acopio, Molienda, Vinaza
ROT-ROD-0340	6211 ZC3	C	NO	1	20	1	2	3	PC0611A	Central CIP
ROT-ROD-0343	6309 C3	C	NO	1	20	1	2	3	PC0704D	Vinaza
ROT-ROD-0344	6311 2RS C3	C	NO	1	20	1	2	3	PC0615A	Central CIP
ROT-ROD-0350	NU 306 EC	C	NO	3	20	1	2	3	PC0314, PC0312A, PC0312B	Fermentacion
ROT-ROD-0351	NU 307	C	NO	5	20	1	2	3	PC0408A, PC0408B, PC0404B...	Destilación
ROT-ROD-0352	NU 308	C *	NO	3	20	1	2	3	PV0405B, PC0404A, PC0406A	Destilación
ROT-ROD-0356	5307-APNR	C	NO	1	20	1	2	3	PC0704D	Vinaza
ROT-ROD-0380	6209	C	NO	12	20	1	2	3	CC_0801, CC_0802, CC_0803...	Secado
ROT-ROD-0384	6211	C	NO	6	20	1	2	3	CC_0801, CC_0802, CC_0803...	Secado
ROT-ROD-0387	6019	C	NO	6	20	1	2	3	CC_0801, CC_0802, CC_0803...	Secado
ROT-ROD-0389	5306 ZZ	C	NO	2	20	1	2	3	PC0416A, PC0416B	Destilación

Listado de Retenes Críticos

Código	Descripción	Criticidad	Stock Perm.	Qty inst.	LT (días)	SS	PR	SM	Equipos (principales)	Área
ROT-RET-0112	(100 x 130 x 12)	A	SÍ	1	10	1	2	3	MD0109	Molienda
ROT-RET-0158	(40 x 60 x 10)	A	SÍ	1	10	1	2	3	MD0109	Molienda
ROT-RET-0168	(70 x 90 x 10)	A	SÍ	17	10	1	2	3	PC0602A, PC0602B, PC0602C...	Evaporación, Secado
ROT-RET-0022	5901 DBH (95 X 120 X 13)	B	SÍ	7	15	1	2	3	CC0001, CC_0801, CC_0802...	Acopio, Secado
ROT-RET-0037	8806 (85 x 110 x 12) tipo Lx o Mx	B	SÍ	4	15	1	2	3	PC0603A, PC0603B	Evaporación



ROT-RET-0038	5991 DBH (57 x 81 x 11)	B	SÍ	2	15	1	2	3	CN0001, CN0002	Acopio
ROT-RET-0106	(60 x 80 x 13)	B	SÍ	12	15	1	2	3	PC0203A, PC0204A, PC0204B...	Central CIP, Destilación, Fermentación, Licuefacción
ROT-RET-0108	(55 x 75 x 12)	B	SÍ	8	15	1	2	3	PC0204A, PC0311A, PC0311B...	Destilación, Evaporación, Fermentación, Licuefacción
ROT-RET-0111	(45 x 65 x 12)	B	SÍ	1	15	1	2	3	PC0304	Fermentación
ROT-RET-0114	(80 x 100 x 12)	B	SÍ	5	15	1	2	3	PC0403A, PC0403B, CT0801	Destilación, Secado
ROT-RET-0115	5573 DBH (90 X 115 X 13)	B	SÍ	1	15	1	2	3	CN0001	Acopio
ROT-RET-0116	(40 x 65 x 12)	B	SÍ	2	15	1	2	3	CR0102, CR0103	Molienda
ROT-RET-0117	(70 x 125 x 12)	B	SÍ	2	15	1	2	3	AG0204, AG0218	Licuefacción
ROT-RET-0119	(110 x 150 x 12)	B	SÍ	2	15	1	2	3	AG0203	Licuefacción
ROT-RET-0120	DBH 8268 (50 x 62 x 7)	B	SÍ	4	15	1	2	3	PV0608A, PV0608B	Evaporación
ROT-RET-0127	(44 x 60 x 7)	B	SÍ	3	15	1	2	3	CC0003, CC0101	Acopio, Molienda
ROT-RET-0141	DBH (75 x 95 x 10)	B	SÍ	2	15	1	2	3	CC0101	Molienda
ROT-RET-0147	5573 DBH (65 X 90 X 10)	B	SÍ	3	15	1	2	3	CN0002, PC0402A, PC0402B	Acopio, Destilación
ROT-RET-0163	8052 (70 x 100 x 12)	B	SÍ	2	15	1	2	3	ST0001A, ST0001B	Acopio
ROT-RET-0177	(55 x 75 x 8)	B	SÍ	7	15	1	2	3	PC0203A, PC0203B, PC0218A...	Evaporación, Licuefacción
ROT-RET-0178	5888 DBH (55 X 80 X 10)	B	SÍ	8	15	1	2	3	CC0001, CC0002, CC_0801...	Acopio, Secado
ROT-RET-0197	(90 x 110 x 13)	B	SÍ	2	15	1	2	3	PC0403A, PC0403B	Destilación
ROT-RET-0206	(55 x 90 x 13)	B	SÍ	1	15	1	2	3	CT0801	Secado
ROT-RET-0209	6162 DBH (62 X 80 X 9,5)	B	SÍ	8	15	1	2	3	CC0001, CC0002, CC_0801...	Acopio, Secado
ROT-RET-0210	5901 DBH (95 X 120 X 13)	B	SÍ	1	15	1	2	3	CC0002	Acopio
ROT-RET-0304	(110 x 150 x 13)	B	SÍ	2	15	1	2	3	AG0204, AG0218	Licuefacción
ROT-RET-0305	(55 x 75 x 10)	B	SÍ	1	15	1	2	3	PC0204B	Licuefacción
ROT-RET-0306	(70 x 50 x 10)	B	SÍ	10	15	1	2	3	PC0304, PC0305, AG0308A...	Fermentación
ROT-RET-0307	(45 x 65 x 13)	B	SÍ	9	15	1	2	3	PC0305, AG0308A, AG0308B...	Fermentación
ROT-RET-ESP-0040	(82 x 160 x 13)	B	SÍ	1	15	1	2	3	CT0801	Secado
ROT-RET-0019	(26 x 47 x 6,3)	C	NO	3	15	1	2	3	PC0101A, PC0101B, PC0101C	Molienda
ROT-RET-0020	(40 x 62 x 10)	C *	NO	4	15	1	2	3	PV0405B, PC0404A, PC0404B...	Destilación
ROT-RET-0092	(27 x 47 x 10)	C	NO	3	15	1	2	3	PC0312A, PC0312B, PC0314	Fermentación
ROT-RET-0093	(30 x 50 x 10)	C	NO	8	15	1	2	3	PC0101A, PC0101B, PC0101C...	Destilación, Fermentación, Molienda
ROT-RET-0095	(35 x 50 x 10)	C	NO	16	15	1	2	3	PC0407A, PC0407B, PC0701A...	Destilación, Vinaza
ROT-RET-0100	9292 DBR (40 x 56 x 10)	C	NO	1	15	1	2	3	CC0005	Acopio
ROT-RET-0104	(35 x 58 x 10)	C *	NO	6	15	1	2	3	PV0405B, PC0408A, PC0408B...	Destilación
ROT-RET-0105	5704 DBH (50 x 80 x 13)	C	NO	1	15	1	2	3	CR0001	Acopio



ROT-RET-0121	(55 x 45 x 4)	C *	NO	2	15	1	2	3	PV0409A, PV0409B	Destilación
ROT-RET-0138	(36 x 47 x 7) Doble labio	C	NO	4	15	1	2	3	CR0810A, CR0810B, CR0820A...	Secado
ROT-RET-0139	(22 x 40 x 7) Doble labio	C	NO	4	15	1	2	3	CR0810A, CR0810B, CR0820A...	Secado
ROT-RET-0207	(74 x 95 x 10)	C	NO	1	15	1	2	3	CC0003	Acopio
ROT-RET-0211	(76 x 105 x 12)	C	NO	7	15	1	2	3	CC_0807, CC_0808, CC_0809...	Secado
ROT-RET-0212	(110 x 130 x 13)	C	NO	7	15	1	2	3	CC_0807, CC_0808, CC_0809...	Secado
ROT-RET-0303	8154 DBR (60 x 75 x 8)	C	NO	1	15	1	2	3	CC0005	Acopio
ROT-RET-0308	(62 x 45 x 7)	C *	NO	2	15	1	2	3	PV0409A, PV0409B	Destilación
ROT-RET-0309	(55 x 17 x 12)	C	NO	1	15	1	2	3	PC0408B	Destilación
ROT-RET-0310	(25 x 35 x 10)	C	NO	2	15	1	2	3	PC0407A, PC0407B	Destilación
ROT-RET-0311	(35 x 8) Ciego	C	NO	4	15	1	2	3	CR0810A, CR0810B, CR0820A...	Secado
ROT-RET-0312	(42 x 7) Ciego	C	NO	4	15	1	2	3	CR0810A, CR0810B, CR0820A...	Secado

Listado de Sello Mecánicos Críticos

Código	Criticidad	Stock Perm.	Qty inst.	LT (días)	SS	PR	SM	Equipos (principales)	Área
ROT-SEL-503	B	SÍ	3	20	1	2	3	PV0504A, PV0504B, PC0313	Anhidración, Fermentación
ROT-MAN-0024	B	SÍ	4	20	1	2	3	PC0203A, PC0204B, PC0615A...	Central CIP, Licuefacción
ROT-SEL-0005	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0218A, PC0218B	Licuefacción
ROT-SEL-0101	B	SÍ	6	20	1	2	3	PC0304, PC0305, PC0306...	Fermentación
ROT-SEL-0102	B	SÍ	6	20	1	2	3	PC0304, PC0305, PC0306...	Fermentación
ROT-SEL-0119	B *	SÍ	2	20	1	2	3	PC0901A, PC0901B	Playa de tanques
ROT-SEL-0121	B	SÍ	10	20	1	2	3	PC0203A, PC0204B, PC0310A...	Central CIP, Fermentación, Licuefacción
ROT-SEL-0122	B	SÍ	4	20	1	2	3	PC0404A, PC0404B, PV0405A...	Destilería
ROT-SEL-0127	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0403A, PC0403B	Destilería
ROT-SEL-0133	B	SÍ	3	20	1	2	3	PC0601B, PC0611D, PC0611E	Central CIP, Evaporación
ROT-SEL-0135	B	SÍ	8	20	1	2	3	PC0304, PC0305, PC0306...	Evaporación, Fermentación
ROT-SEL-0142	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0402A, PC0402B	Destilería
ROT-SEL-0143	B	SÍ	1	20	1	2	3	PC0204A	Licuefacción
ROT-SEL-0171	B	SÍ	3	20	1	2	3	PC0601A, PC0603A, PC0603B	Evaporación
ROT-SEL-0179	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0602A, PC0602B	Evaporación
ROT-SEL-0180	B	SÍ	3	20	1	2	3	PC0601A, PC0603A, PC0603B	Evaporación
ROT-SEL-0315	B	SÍ	2	20	1	2	3	PC0602A, PC0602B	Evaporación
ROT-SEL-ESP-0126	B *	SÍ	6	20	1	2	3	PC0902A, PC0902B, PC1001A...	Caldera, Playa de tanques
ROT-SEL-ESP-0167	B	SÍ	2	20	1	2	3	PD0207A, PD0207B	Licuefacción
ROT-SEL-ESP-0205	B	SÍ	1	20	1	2	3	PC0203B	Licuefacción
ROT-SEL-0124	C	NO	2	25	1	2	3	PC0408A, PC0408B	Destilería
ROT-SEL-0144	C	NO	6	25	1	2	3	PC0611A, PC0701A, PC0701B...	Central CIP, Vinaza
ROT-SEL-0145	C	NO	8	25	1	2	3	PC0101A, PC0101B, PC0101C...	Central CIP, Fermentación, Molienda
ROT-SEL-0170	C	NO	2	25	1	2	3	PV0401A, PV0401B	Destilería
ROT-SEL-0177	C	NO	2	25	1	2	3	PC0407A, PC0407B	Destilería
ROT-SEL-0201	C	NO	1	25	1	2	3	PC0313	Fermentación
ROT-SEL-0213	C	NO	4	25	1	2	3	PC0302A, PC0302B, PC0706A...	Propagación, Separación
ROT-SEL-ESP-0008	C	NO	3	25	1	2	3	PC0604, PC0704A, PC0704B	Evaporación, Vinaza



ROT-SEL-ESP-0009	C	NO	1	25	1	2	3	PC0605	Evaporación
ROT-SEL-ESP-0206	C	NO	1	25	1	2	3	PC0704D	Vinaza

Anexos II. Procedimientos/ Instructivo



Procedimiento de Gestión Integral de Pañol

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO		
	PROCEDIMIENTO DE GESTION INTEGRAL DE PAÑOL	PAGINA	1
	CODIGO: DEP04-PRO-0001	REV.0	FECHA: 23/10/2025

PROCEDIMIENTO GESTION INTEGRAL DE DEPOSITO

REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION
A	23/10/2025	Emisión inicial

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Planificador (DA)	Jefe de Mantenimiento (WG)	Gerente de Planta

Figura 34 Portada de Procedimiento de Pañol



	PROCEDIMIENTO DE PAÑOL	PAGINA	1
	PROCEDIMIENTO DE GESTION INTEGRAL DE PAÑOL	FECHA:	
	CODIGO: DEP04-PRO-0001	REV.0	23/10/2025

PROCEDIMIENTO GESTION INTEGRAL DE DEPOSITO

REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION
0	23/10/2025	Emisión inicial

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para la gestión integral de los materiales de mantenimiento en el pañol, asegurando el control, la trazabilidad y la disponibilidad de los insumos, repuestos y herramientas necesarios para la operación de las plantas.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica a todos los materiales gestionados en el pañol de materiales de Diaser S.A (Villa Mercedes S.L). Incluye repuestos mecánicos y eléctricos, lubricantes, consumibles, herramientas y equipos menores. El procedimiento se integra con el Sistema de Gestión Finnegans, asegurando coherencia entre el inventario físico y digital.

3. REFERENCIAS

- Norma ISO 9001:2015 – Sistemas de Gestión de la Calidad.
- Norma ISO 55000 – Gestión de Activos.
- Ordenes de Trabajo (OT).
- Sistema de Gestión Finnegans.

4. DEFINICIONES

- Pañol: área destinada al almacenamiento y gestión de materiales de mantenimiento.
- OT (Orden de Trabajo): documento que autoriza la ejecución de tareas y el consumo de materiales.
- Stock crítico: materiales cuya falta genera impacto significativo en la operación.
- Finnegans: ERP sistema informático de gestión de mantenimiento, compras e inventarios.

5. RESPONSABILIDADES

Rol	Responsabilidades
Pañolero	Ejecutar recepción, almacenamiento, despacho y registro de materiales. Solicitar reposiciones.
Supervisor	Validar ajustes, supervisar el procedimiento, analizar indicadores y solicitar reposiciones.
Area de Compras	Proveer órdenes de compra y coordinar reposiciones.
Planificador / Supervisores / Técnicos de Mantenimiento	Solicitar y devolver materiales mediante OT.

6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La gestión de materiales del pañol se desarrolla a través de los siguientes procesos:

1. Recepción de materiales
2. Almacenamiento
3. Control de stock
4. Ajustes de inventario
5. Entrega y devolución de materiales

Cada proceso se ejecuta conforme a este procedimiento y se detalla operativamente en los Instructivos de Trabajo (IT) asociados.

6.1 Diagrama de Flujo del Proceso

Figura 36 Referencia a Hoja 1 Procedimiento de Pañol

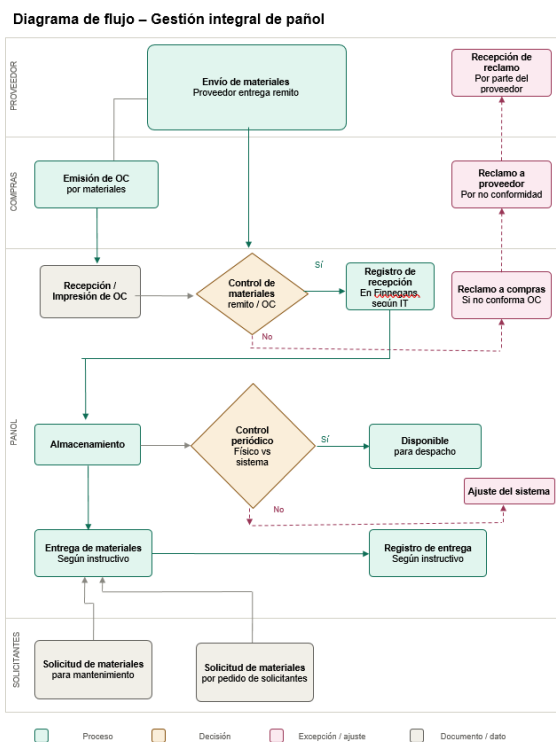


Figura 35 Diagrama de Flujo de Procedimiento de Pañol



7. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

7.1 Recepción de materiales

- Todo material recibido debe contar con remito y orden de compra aprobada.
- Se verifica cantidad, estado y conformidad técnica.
- Se realiza inspección visual o técnica según tipo de material.
- El material se etiqueta y se le asigna una ubicación física.
- El ingreso se registra de manera inmediata en el sistema ~~Finnegans~~.
- No se permite el almacenamiento de materiales sin registro previo.

7.2 Almacenamiento

- Los materiales se almacenan según ~~layout~~ definido y zonificación por criticidad.
- Se mantiene orden por tipo de material y familia de repuestos.
- Se controlan condiciones ambientales para materiales sensibles.
- Toda reubicación interna debe registrarse en ~~Finnegans~~.

7.3 Control de stock

- Se realizan conteos cíclicos según rotación del material.
- Se comparan los resultados físicos con el sistema ~~Finnegans~~.
- Se documentan las diferencias detectadas.

7.4 Ajustes de inventario

- Las diferencias detectadas deben ser analizadas para identificar causas.
- Los ajustes requieren aprobación del Supervisor.
- Todo ajuste queda documentado y registrado en ~~Finnegans~~.
- El objetivo del ajuste es corregir el desvío y prevenir su recurrencia.

7.5 Despacho y devolución de materiales

- El despacho / entrega de materiales se realiza exclusivamente mediante una OT válida.
- El pañolero verifica disponibilidad y registra la salida en el sistema.
- Las devoluciones se inspeccionan y se registran como reingreso.
- Todo movimiento queda vinculado a la OT correspondiente.

8. REGISTROS

- Registros de ingreso y egreso en ~~Finnegans~~.
- Ordenes de Trabajo.
- Informes de ajustes de inventario.
- Registros de conteos cíclicos.

9. INDICADORES DE DESEMPEÑO

- Exactitud del inventario (% físico vs sistema).
- Tasa de ruptura de stock.
- Cumplimiento de registro en sistema.

10. CONTROL DE CAMBIOS Y MEJORA CONTINUA

El presente procedimiento debe revisarse periódicamente considerando:

- Resultados de los indicadores.
- Cambios en la operación.
- Observaciones del personal operativo.

11. DOCUMENTOS ASOCIADOS

- DEP04-IT-01 REV.0 – Recepción de materiales.
- DEP04-IT-02 REV.0 – Almacenamiento y orden del pañol.
- DEP04-IT-03 REV.0 – Control de stock y ajustes.
- DEP04-IT-04 REV.0 – Entrega y devolución de materiales.

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Planificador (DA)	Jefe de Mantenimiento (WG)	Gerente de Planta

Figura 37 Referencia a Hoja 2 de Procedimiento de Pañol



Instructivo de Recepción de Materiales DEP04-IT-01 REV.0

	INSTRUCTIVO DE DEPOSITO	PAGINA	1
	INSTRUCTIVO DE DEPOSITO DE PAÑOL	FECHA:	
	CODIGO: DEP04-IT-01 REV.0	REV.0	23/10/2025

1. OBJETIVO

Establecer la metodología operativa para la recepción de materiales de mantenimiento en el pañol, asegurando la correcta verificación, identificación, registro y trazabilidad de los mismos, conforme a los lineamientos del Procedimiento de Gestión de Pañol.

2. ALCANCE

Aplica a todos los materiales recibidos en el pañol de mantenimiento de la planta de bioetanol: repuestos mecánicos y eléctricos, lubricantes, consumibles, herramientas y equipos.

3. RESPONSABLES

- Pañolero: ejecuta la recepción, verificación, etiquetado y registro.
- Supervisor de Pañol: asiste en la validación técnica ante no conformidades.
- Área de Compras: provee la orden de compra correspondiente.

4. DOCUMENTACIÓN Y ELEMENTOS NECESARIOS

Remito del proveedor, orden de compra aprobada, sistema de gestión Finnegans, elementos de identificación (etiquetas / códigos).

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Recepción física del material

- Recibir el material únicamente en el área designada del pañol.
- Verificar que el proveedor entregue remito y orden de compra asociada.

5.2 Verificación administrativa

- Comparar el remito con la orden de compra: cantidad, descripción y código del material.

5.3 Inspección visual y técnica

- Realizar inspección visual del material recibido: daños, golpes, faltantes y condición del embalaje.
- En materiales críticos o especiales, solicitar validación técnica al supervisor o solicitante del pedido.

5.4 Identificación y ubicación

- Etiquetar el material con código interno, descripción y fecha de ingreso.
- Asignar ubicación física según layout y criticidad.

5.5 Registro en sistema

- Registrar el ingreso del material en el sistema Finnegans de forma inmediata.
- Verificar que el stock físico coincida con el stock del sistema.

5.6 Gestión de no conformidades

- Si se detectan desvíos (cantidad, daño o error): no almacenar el material, informar al supervisor y registrar la observación correspondiente.

6. REGISTROS GENERADOS

Registro de ingreso en sistema Finnegans, remito firmado, registro de no conformidad.

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Planificador (DA)	Jefe de Mantenimiento (WG)	Jefe de Mantenimiento (W.G)

Figura 38 Referencia de hoja 1 de Instructivo DEP04-IT-01 REV.0

Instructivo de almacenamiento y orden de pañol DEP04-IT-02 REV.0

	INSTRUCTIVO DE DEPOSITO		PAGINA	1
	INSTRUCTIVO DE ALMACENAMIENTO Y ORDEN DEL PAÑOL		FECHA:	
	CODIGO: DEP04-IT-02		REV.0	23/10/2025

1. OBJETIVO

Establecer la metodología operativa para el almacenamiento, orden y conservación de los materiales de mantenimiento en el pañol, garantizando su correcta identificación, fácil localización, preservación de condiciones técnicas y coherencia entre el stock físico y el sistema de gestión.

2. ALCANCE

Aplica a todos los materiales almacenados en el pañol de mantenimiento de la planta de bioetanol: repuestos mecánicos, repuestos eléctricos e instrumentación, lubricantes, consumibles, herramientas y equipos menores.

3. RESPONSABLES

- Pañolero: ejecuta el almacenamiento, orden, identificación y reubicaciones.
- Supervisor de Mantenimiento: supervisa el cumplimiento del instructivo y autoriza cambios de layout o zonificación.

4. DOCUMENTACIÓN Y ELEMENTOS NECESARIOS

Sistema de gestión Finnegan, layout del pañol aprobado, etiquetas de identificación, racks, estanterías y contenedores normalizados.

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Criterios generales de almacenamiento

- Almacenar los materiales únicamente en las ubicaciones definidas en el layout del pañol.
- Mantener pasillos libres y accesibles para circulación y manipulación segura.
- Respetar las capacidades máximas de carga de racks y estanterías.

5.2 Clasificación de materiales

- Organizar los materiales según: tipo (mecánico, eléctrico, lubricación, consumibles), familia de repuestos y criticidad operativa.
- Identificar claramente cada ubicación con código y descripción.

5.3 Almacenamiento por criticidad

- Almacenar los materiales críticos en zonas de fácil acceso y rápida identificación.
- Priorizar la cercanía a los puntos de despacho para repuestos de alta rotación.

5.4 Condiciones ambientales

- Lubricantes protegidos de temperatura extrema; componentes eléctricos protegidos de humedad y polvo; sellos y elastómeros protegidos de deformaciones.

5.5 Identificación y trazabilidad

- Todo material almacenado debe contar con: código interno, descripción y ubicación física asignada.
- No se permite almacenar materiales sin identificación.

5.6 Reubicaciones internas

- Toda reubicación debe ser realizada por personal autorizado, registrarse en el sistema Finnegan y mantener la trazabilidad del material.

5.7 Orden y limpieza

- Mantener el pañol ordenado bajo criterios de 5S: materiales correctamente ubicados, eliminación de elementos obsoletos y limpieza periódica de estanterías y pisos.

6. REGISTROS GENERADOS

Ubicaciones de materiales en sistema Finnegan, registros de reubicación, layout actualizado del pañol.

7. PUNTOS CRÍTICOS / CONSIDERACIONES

- No se permite almacenar materiales fuera de las ubicaciones asignadas.
- No se permite reubicar sin actualizar el sistema.
- El orden del pañol impacta directamente en tiempos de despacho y exactitud de inventario.

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Planificador (DA)	Jefe de Mantenimiento (WG)	Jefe de Mantenimiento (W.G)

Figura 39 Referencia de hoja 1 de Instructivo DEP04-IT-02 REV.0



Instructivo de control y Ajuste de Stock DEP04-IT-03 REV.0

	INSTRUCTIVO DE DEPOSITO	PAGINA	1
	INSTRUCTIVO DE CONTROL Y AJUSTE DE STOCK	FECHA:	
	CODIGO: DEP04-IT-03	REV.0	23/10/2025

1. OBJETIVO

Establecer la metodología operativa para el control periódico del stock y la gestión de ajustes de inventario en el pañol de mantenimiento, con el fin de asegurar la exactitud entre el inventario físico y el sistema de gestión, prevenir quiebres de stock y reducir desvíos que impacten en la operación y los costos.

2. ALCANCE

Aplica a todos los materiales gestionados en el pañol de mantenimiento de la planta de bioetanol, incluyendo repuestos críticos y no críticos, lubricantes, consumibles, herramientas y equipos menores.

3. RESPONSABLES

- Pañolero: ejecuta los conteos físicos, registra resultados y detecta desvíos.
- Supervisor de Mantenimiento: analiza desvíos, autoriza ajustes y define acciones correctivas.
- Planificador / Supervisor: analiza impacto operativo ante desvíos de stock crítico.

4. DOCUMENTACIÓN Y ELEMENTOS NECESARIOS

Sistema de gestión Finnegans, listado de materiales por criticidad, formatos de registro de conteos cíclicos, Órdenes de Trabajo (OT).

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Planificación de conteos

- Realizar conteos cíclicos según la rotación y criticidad del material: material crítico (alta frecuencia), rotación media (frecuencia intermedia), baja rotación (baja frecuencia).
- Definir cronograma de conteos aprobado por el Supervisor.

5.2 Ejecución del conteo físico

- Realizar el conteo físico en la ubicación asignada, verificando cantidad real, estado del material e identificación correcta.
- Registrar el resultado del conteo.

5.3 Comparación con sistema

- Comparar el stock físico con el stock registrado en Finnegans.
- Identificar diferencias positivas o negativas.

5.4 Análisis de desvíos

- Analizar posibles causas: errores de despacho o devolución, falta de registro en sistema, pérdidas, deterioro u obsolescencia, errores administrativos.
- Evaluar impacto operativo, especialmente en materiales críticos.

5.5 Ajustes de inventario

- Los ajustes deben contar con justificación documentada, ser aprobados por el Supervisor de Mantenimiento y registrarse en el sistema Finnegans.
- No se permite realizar ajustes sin autorización.

5.6 Acciones correctivas y preventivas

- Definir acciones para evitar recurrencia: refuerzo de controles, capacitación del personal, mejora en registros o layout.

6. REGISTROS GENERADOS

Registros de conteos cíclicos, informes de diferencias de inventario, registros de ajustes en sistema Finnegans, acciones correctivas implementadas.

7. INDICADORES ASOCIADOS

- Exactitud del inventario (% físico vs sistema).
- Cantidad de ajustes realizados.
- Incidencia de desvíos en materiales críticos.

8. PUNTOS CRÍTICOS / CONSIDERACIONES

- No se permite ajustar stock sin análisis previo.
- No se permite ajustar stock sin aprobación.
- El control periódico reduce paradas no programadas y sobrestock.

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Planificador (DA)	Jefe de Mantenimiento (WG)	Jefe de Mantenimiento (W.G)

Figura 40 Referencia de hoja 1 de Instructivo DEP04-IT-03 REV.0

Instructivo de entrega y devolución de materiales DEP04-IT-03 REV.0

	INSTRUCTIVO DE DEPOSITO		PAGINA	1
	INSTRUCTIVO DE ENTREGA Y DEVOLUCIÓN DE MATERIALES		FECHA:	01/10/2025
	CODIGO: DEP04-IT-04		REV.0	

1. OBJETIVO

Establecer la metodología operativa para la entrega y devolución de materiales de mantenimiento desde y hacia el pañol, asegurando la correcta trazabilidad, registro en el sistema de gestión y control del consumo de materiales asociados a las Órdenes de Trabajo.

2. ALCANCE

Aplica a todos los materiales despachados y devueltos al pañol de mantenimiento de la planta de bioetanol, incluyendo repuestos mecánicos y eléctricos, lubricantes, consumibles, herramientas y equipos menores.

3. RESPONSABLES

- **Pañolero:** ejecuta la entrega y recepción de materiales, y registra los movimientos.
- **Técnicos / Supervisores / Planificador de Mantenimiento:** solicitan materiales mediante OT y gestionan devoluciones.
- **Supervisor de Mantenimiento:** supervisa el cumplimiento del instructivo y analiza consumos.

4. DOCUMENTACIÓN Y ELEMENTOS NECESARIOS

Órdenes de Trabajo (OT) aprobadas, sistema de gestión Finnegan, materiales identificados y almacenados.

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Solicitud de materiales

- La solicitud de materiales debe realizarse exclusivamente mediante una OT válida y aprobada.
- No se permite la entrega de materiales sin OT.

5.2 Verificación de la OT

- El pañolero verifica en la OT: número de OT, equipo o área asociada, material solicitado y cantidad.

5.3 Entrega de materiales

- Verificar disponibilidad del material en el pañol.
- Entregar el material solicitado al personal autorizado.
- Registrar la salida del material en el sistema Finnegan, vinculando el movimiento a la OT correspondiente.

5.4 Uso y control del material

- El material entregado queda bajo responsabilidad del sector solicitante hasta su consumo o devolución.
- El consumo queda reflejado en la OT para análisis posterior.

5.5 Devolución de materiales

- Los materiales no utilizados deben ser devueltos al pañol.
- El pañolero inspecciona el material devuelto: estado físico, integridad e identificación.

5.6 Registro de devoluciones

- Registrar la devolución en el sistema Finnegan como reingreso de stock.
- Asociar la devolución a la OT correspondiente.

5.7 Gestión de materiales no aptos

- Los materiales devueltos en mal estado deben identificarse y separarse del stock disponible.
- Informar al Supervisor para su evaluación.

6. REGISTROS GENERADOS

Registros de egreso de materiales en Finnegan, registros de devoluciones, Órdenes de Trabajo con consumo asociado.

7. INDICADORES ASOCIADOS

- Consumo de materiales por OT.
- Cantidad de devoluciones.
- Desvíos entre material solicitado y consumido.

8. PUNTOS CRÍTICOS / CONSIDERACIONES

- No se entregan materiales sin OT.
- No registrar salidas o devoluciones genera desvíos de inventario.
- La correcta gestión de entregas impacta directamente en costos y confiabilidad del mantenimiento.

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Planificador (DA)	Jefe de Mantenimiento (WG)	Jefe de Mantenimiento (WG)

Figura 41 Referencia de hoja 1 de Instructivo DEP04-IT-04 REV.0

Procedimiento de Solicitudes de Trabajos

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	PAGINA	1
	PROCEDIMIENTO DE SOLICITUD DE TRABAJO FINNEGANS	FECHA:	
	CODIGO: MTTO04-PRO-0001	REV.D	08/06/2026

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UNA SOLICITUD DE TRABAJO EN FINNEGANS

REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION
A	23/09/2025	Emisión inicial
B	16/01/2025	Modificación de solicitudes sin TAG asociado
C	25/02/2026	Modificación de descripción de la ST
D	08/06/2026	Modificación de acrónimos

1. OBJETIVO

Establecer las pautas y responsabilidades para realizar solicitudes de trabajo en Finnegan, asegurando que toda necesidad de mantenimiento correctivo o de mejora sea identificada, documentada y atendida de forma ordenada, trazable y eficiente, mediante la correcta solicitud de insumos y servicios en DIASER S.A. Planta Bioetanol.

2. ALCANCE

Aplica a todas las áreas de la planta que requieran trabajos de mantenimiento o mejora, desde la detección de la necesidad hasta la aprobación y seguimiento de la solicitud en el sistema Finnegan.

3. RESPONSABILIDADES

- **Solicitante:** Detectar la necesidad, cargar la solicitud en Finnegan y aportar la información necesaria.
- **Supervisor o Jefe de Área:** Revisar, validar y aprobar la solicitud según prioridades.
- **Planificación / Mantenimiento:** Programar, coordinar y hacer seguimiento de la ejecución del trabajo.
- **Ejecutor (interno o contratista):** Realizar la tarea y registrar su finalización en el sistema.

4. DIAGRAMA DE FLUJO

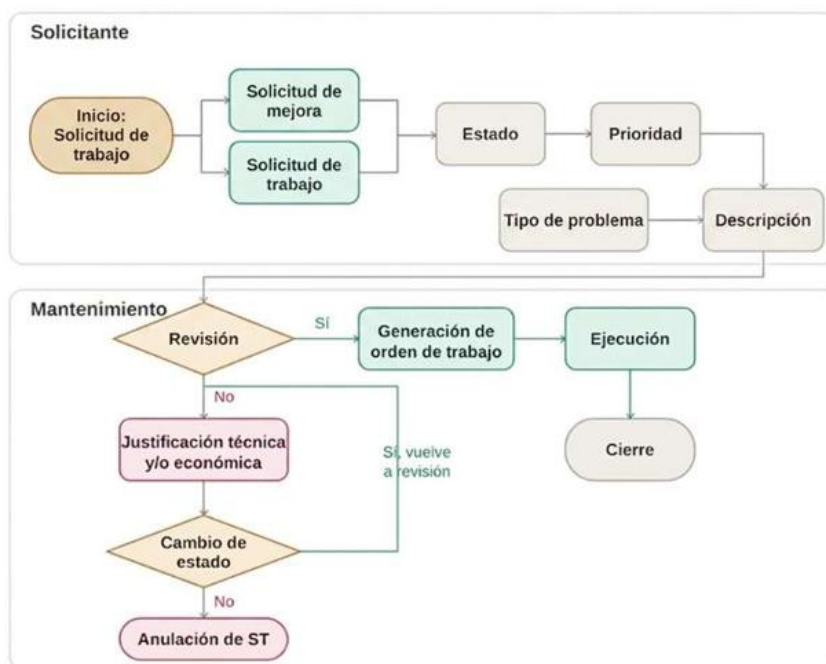


Figura 1. Flujo de solicitud de trabajo: Solicitante → Mantenimiento.

Figura 42 Referencia de hoja 1 de procedimiento MTTO04-PRO-0001 REV.0

Procedimiento de Ordenes de Trabajos

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	PAGINA	1
	PROCEDIMIENTO DE ORDEN DE TRABAJO FINNEGANS	FECHA:	
	CODIGO: MTTO04PRO-0002	REV.0	25/09/2025

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UNA ORDEN DE TRABAJO EN FINNEGANS

1. OBJETIVO

Establecer las pautas y responsabilidades para la realización de las Ordenes de Trabajo en el sistema Finnegans, a fin de asegurar que toda necesidad de mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo o de mejora de equipos, instalaciones o procesos de planta sea identificada, documentada y atendida de forma ordenada, trazable y eficiente, mediante la correcta solicitud de insumos y servicios en DIASER S.A. Planta Bioetanol.

2. ALCANCE

Aplica a todas las áreas de la planta que requieran trabajos de mantenimiento o mejora, desde la detección de la necesidad hasta la aprobación y seguimiento de la solicitud en el sistema Finnegans.

3. RESPONSABILIDADES

- **Solicitante:** Detectar la necesidad, cargar la solicitud en Finnegans y aportar la información necesaria (ST).
- **Supervisor o Jefe de Área:** Revisar, validar y aprobar la solicitud según prioridades.
- **Planificación / Mantenimiento:** Programar, coordinar y hacer seguimiento de la ejecución del trabajo.
- **Ejecutor:** Realizar la tarea solicitada para su posterior carga en el sistema; aplica al personal de mantenimiento y a equipos tercerizados.

4. DIAGRAMA DE FLUJO

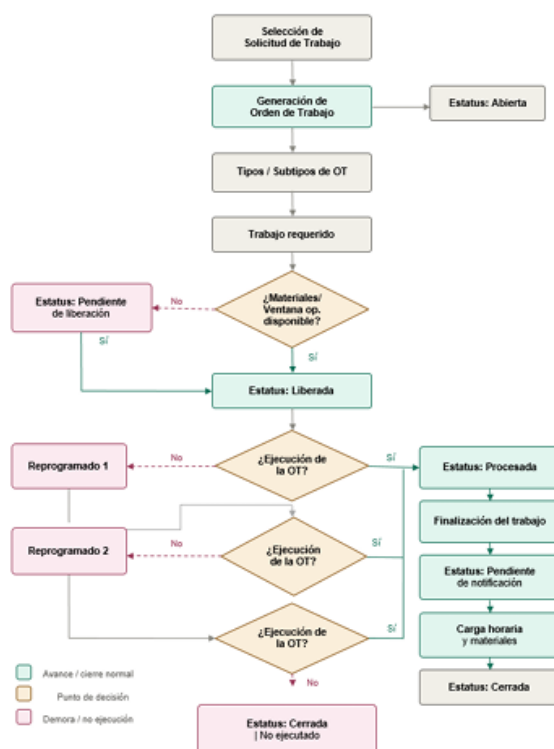


Figura 43 Referencia de hoja 1 de procedimiento MTTO04-PRO-0002 REV.0



Anexo III. ERP Finnegans: descripción de la empresa y la plataforma

El presente anexo describe la empresa proveedora del sistema de gestión empresarial utilizado como soporte digital del proyecto desarrollado en el Capítulo 4 (sección 4.5), con el objetivo de contextualizar el origen, el alcance y las capacidades de la herramienta sobre la cual se implementó el módulo de Solicitudes de Trabajo (ST) y Órdenes de Trabajo (OT) de la planta de Diaser S.A.

La empresa Finnegans

Finnegans es una empresa de tecnología argentina, fundada en Buenos Aires, dedicada al desarrollo de plataformas de gestión empresarial (ERP) y de gestión de talento humano (HCM). Con más de 30 años de trayectoria en el mercado, la compañía define su misión como la creación de plataformas de gestión simples de operar, de alto impacto en los resultados operacionales y económicos de las organizaciones, y orientadas a promover la colaboración entre sus usuarios.

Finnegans desarrolla su actividad principalmente en Argentina y en otros países de Latinoamérica, brindando soluciones a miles de clientes de distintos rubros: agronegocios, constructoras, manufacturas, comercializadoras, servicios, salud, contadores y organizaciones no gubernamentales. Su oferta se organiza en dos grandes líneas de producto: el ERP Finnegans GO, orientado a la gestión administrativa, contable, comercial y operativa de las empresas, y Quippos, su solución de gestión de recursos humanos (HCM).

La compañía sustenta su propuesta de valor en cinco principios que guían su forma de trabajo: creatividad, colaboración, compromiso, calidad y empatía, declarados como sus valores institucionales.

El ERP Finnegans GO

Finnegans GO es un sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) de tipo cloud, es decir, accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet, sin requerir instalaciones locales. Está orientado tanto a pequeñas y medianas empresas (PyMEs) como a grandes organizaciones, y su objetivo es centralizar la información de los distintos procesos de negocio en una única plataforma, facilitando la toma de decisiones y el control de la gestión.

Entre las características distintivas de la plataforma se destacan:



- **Flexibilidad de configuración:** el sistema permite ajustar el modelo de gestión a las necesidades particulares de cada organización mediante distintos niveles de personalización (no-code, low-code y guest-code), sin requerir necesariamente conocimientos de programación.
- **Escalabilidad:** la implementación puede adaptarse a distintas metodologías de trabajo según la complejidad del proyecto, desde una digitalización asistida hasta procesos de diseño e implementación a medida..
- **Generación de reportes e indicadores:** el sistema permite analizar la información registrada en distintos formatos (grillas, cubos, gráficos y tableros), lo que resulta de utilidad para el seguimiento de indicadores de gestión como los desarrollados en el Capítulo 5 del presente trabajo.

En cuanto a su alcance funcional, el ERP Finnegans GO integra módulos de gestión operativa y financiera, entre los que se incluyen tesorería, gestión de stock, ventas, contabilidad, compras e impuestos. A estos módulos de base se suman soluciones sectoriales y aplicaciones complementarias (App Store), entre las que se encuentra el módulo de Mantenimiento utilizado para el desarrollo del presente Trabajo Final de Grado.