

SISTEMA MODULAR DE PERCHAS INTELIGENTES

Arquitectura técnica para el control físico de inventarios, reposición colaborativa e integración comercial



Datos de inventario en tiempo real



Integración con POS / ERP



Reposición colaborativa con proveedores

Magdalena Iralda Valero Camino
Félix Enrique Villegas Yagual
Mariana de Jesús Alvarado Márquez
Luis Alberto Villegas Yagual
Fernando Décker Díaz

Guayaquil, Ecuador · 2026

ISBN: 978-9907-851-07-6

Créditos

“SISTEMA MODULAR INTELIGENTE PARA EL CONTROL FÍSICO DE INVENTARIOS:

PERCHAS INTELIGENTES MODULARES”

AUTORES

Magdalena Iralda Valero Camino

Universidad Estatal de Milagro · Ingeniera Comercial; magíster en Administración y Dirección de Empresas; doctoranda en Administración de Empresas.

Correo: mvaleroc@unemi.edu.ec | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6001-4779>

Félix Enrique Villegas Yagual

Universidad Estatal de Milagro · Doctor en Ciencias Administrativas; magíster en Administración y Dirección de Empresas y en Docencia Universitaria; ingeniero comercial.

Correo: fvillegasy@unemi.edu.ec | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7403-1366>

Mariana de Jesús Alvarado Márquez

Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas · Doctora en Contabilidad; magíster en Finanzas y Proyectos Corporativos; ingeniera comercial.

Correo: mariana.alvaradom@ug.edu.ec | ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2024-8882>

Luis Alberto Villegas Yagual

Colegio Fiscal Arqueólogo Julio Viteri Gamboa · Ingeniero comercial; magíster en Administración de Pequeñas y Medianas Empresas; doctorando en Ciencias de la Educación.

Correo: luisa.villegas@docentes.educacion.edu.ec | ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9019-282X>

Fernando Décker Díaz

Responsable técnico de incorporación e integración de componentes físicos y electrónicos

<https://orcid.org/0000-0003-3929-6059>

Indexación

Dirección y Coordinación Editorial: Sara Díaz Villacís

Revisión de contenido Christian Armendáriz PhD

Revisión pedagógica: Fabrizzio Andrade PhD (c)

© ® Derechos de Copia y Propiedad Intelectual

Maquetación y Diseño de portada: *Sara Díaz V*

Libro bajo revisión técnica y didáctica de pares

Guayaquil - Ecuador

Octubre del 2026



Descarga:

<https://liveworkingeditorial.com/product/978-9907-851-07-6/>

Enlace del DOI:

<https://doi.org/10.63792/978-9907-851-07-6>



Certificado de autenticidad



ISBN: 978-9907-851-07-6



Primera edición: 2026

Esta obra se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Se permite la reproducción y distribución no comercial, siempre y cuando se cite la fuente original y no se realicen obras derivadas.

Distribuido digitalmente.



Índice general

Créditos	II
Indexación.....	III
Índice general	V
Índice de figuras	XI
Índice de tablas.....	XII
Prólogo	XIII
Resumen	XIV
Abstract	XIV
Resumo	XV
Introducción	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS DEL INVENTARIO FÍSICO Y EL COMERCIO INTELIGENTE	3
1.1 Inventario físico, inventario informático y discrepancias	3
1.1.1 Diferencia entre existencia real y registro digital	4
1.1.2 La posición física como unidad de observación	4
1.1.3 Inexactitud del inventario y costo de decisión.....	5
1.1.4 Caso de integración y taller de análisis	5
1.2 Tecnologías existentes y definición del problema	6
1.2.1 Tecnologías conocidas y alcance de la propuesta	6
1.2.2 Definición del problema de ingeniería.....	7
1.2.3 Requisitos, restricciones y trazabilidad.....	7
1.2.4 Caso de integración y taller de análisis	8
1.3 Arquitectura conceptual del sistema modular	8
1.3.1 Separación de capas de arquitectura	9
1.3.2 Identificadores y contratos entre componentes.....	9
1.3.3 Arquitectura orientada a fallas.....	9
1.3.4 Caso de integración y taller de análisis.....	10
1.4 Administración comercial del espacio de exhibición	11

1.4.1 Valor de la disponibilidad por espacio	11
1.4.2 Gobernanza de información entre empresas.....	11
1.4.3 Indicadores comerciales sin confundir ventas.....	12
1.4.4 Caso de integración y taller de análisis.....	13
CAPÍTULO 2. DISEÑO MECÁNICO, ELECTRÓNICO Y CONTROL LOCAL	14
2.1 Diseño de la bandeja y aislamiento de cargas.....	14
2.1.1 Bandeja desmontable y soporte rígido	15
2.1.2 Aislamiento de posiciones contiguas.....	15
2.1.3 Mantenibilidad y seguridad mecánica.....	16
2.1.4 Caso de integración y taller de análisis.....	16
2.2 Sensórica, medición y calibración	17
2.2.1 Principio de medición por deformación.....	17
2.2.2 Calibración, tara y versión del ajuste	17
2.2.3 Diagnóstico de señal y calidad de lectura	18
2.2.4 Caso de integración y taller de análisis.....	19
2.3 Detección de cambios y motor de estados	19
2.3.1 Adquisición y filtrado sin falsear eventos	19
2.3.2 Máquina de estados y confirmación diferida.....	20
2.3.3 Umbrales adaptados al producto y contexto	20
2.3.4 Caso de integración y taller de análisis.....	21
2.4 Conectividad, colas locales y sincronización	21
2.4.1 Canales y topología de comunicación.....	22
2.4.2 Publicación de eventos y mensajería.....	22
2.4.3 Autonomía y sincronización idempotente.....	22
2.4.4 Caso de integración y taller de análisis.....	23
CAPÍTULO 3. INTEGRACIÓN EMPRESARIAL Y GOBERNANZA DE DATOS	24
3.1 Modelo de información y trazabilidad histórica	24
3.1.1 Modelo conceptual de datos.....	25
3.1.2 Evento físico y movimiento confirmado	25
3.1.3 Temporalidad, vigencia y cambios de asignación	25
3.1.4 Caso de integración y taller de análisis.....	26
3.2 Conciliación con ventas, devoluciones e inventarios	26

3.2.1 Interfaz POS y autoridad transaccional	27
3.2.2 Recepciones y devoluciones como procesos distintos	27
3.2.3 Política de excepciones y supervisión humana	28
3.2.4 Caso de integración y taller de análisis	28
3.3 Reposición colaborativa y procesos con proveedores	29
3.3.1 Reposición orientada a disponibilidad	29
3.3.2 Circuito autorizado de comunicación al proveedor	30
3.3.3 Planificación colaborativa y métricas de servicio	30
3.3.4 Caso de integración y taller de análisis	31
3.4 Seguridad de dispositivos y permisos empresariales	32
3.4.1 Identidad digital de equipos y usuarios	32
3.4.2 Integridad, cifrado y registros de auditoría	32
3.4.3 Protección de datos y segmentación comercial	33
3.4.4 Caso de integración y taller de análisis	34
CAPÍTULO 4. VERIFICACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y PROTECCIÓN DEL DESARROLLO	35
4.1 Diseño de ensayos y validación funcional	35
4.1.1 Protocolo metrológico de caracterización	36
4.1.2 Verificación del clasificador de eventos	36
4.1.3 Ensayos de interrupción y recuperación	36
4.1.4 Caso de integración y taller de análisis	37
4.2 Despliegue piloto, soporte y adopción	37
4.2.1 Plan de instalación progresiva	38
4.2.2 Responsabilidades de operación y soporte	38
4.2.3 Formación y adopción por los trabajadores	39
4.2.4 Caso de integración y taller de análisis	39
4.3 Evaluación económica y ciclo de vida	39
4.3.1 Estructura de costos del sistema modular	40
4.3.2 Escalamiento y mantenimiento de la calidad	40
4.3.3 Sostenibilidad material y ciclo de vida	41
4.3.4 Caso de integración y taller de análisis	41
4.4 Innovación, documentación técnica y estrategia de patente	42

4.4.1 Estado de la técnica y diferenciación responsable	42
4.4.2 Memoria técnica frente al discurso divulgativo.....	42
4.4.3 Secuencia de protección, investigación y publicación.....	43
4.4.4 Caso de integración y taller de análisis.....	44
Conclusiones generales.....	45
Recomendaciones técnicas y editoriales	45
Referencias bibliográficas	47
Glosario técnico	49
ANEXO A. Ficha de identificación del módulo	52
ANEXO B. Registro de calibración.....	53
ANEXO C. Protocolo de manipulación controlada	54
ANEXO D. Matriz de conciliación POS/ERP	55
ANEXO E. Control de permisos de proveedor	56
ANEXO F. Plan de pruebas de resiliencia.....	57
ANEXO G. Registro de incidentes y mantenimiento.....	58
ANEXO H. Guía de revisión previa a publicación.....	59
APÉNDICE I. Fichas técnicas del sistema modular (FT-01 a FT-36)	60
FT-01 Arquitectura general y fronteras del sistema	60
FT-02 Bastidor, soportes y estructura portante.....	62
FT-03 Bandeja individual desmontable.....	63
FT-04 Base rígida y transferencia de carga	64
FT-05 Aislamiento mecánico entre posiciones.....	65
FT-06 Topes de sobrecarga y protección ambiental	66
FT-07 Conexión eléctrica desmontable y arnés.....	67
FT-08 Identificación física de módulos, espacios y artículos.....	68
FT-09 Celda de carga por posición.....	69
FT-10 Acondicionamiento y filtrado analógico	70
FT-11 Conversión analógico–digital (ADC).....	71
FT-12 Fuente de alimentación y protecciones eléctricas	72
FT-13 Microcontrolador o unidad de control de estante.....	73

FT-14 Memoria no volátil y reloj de eventos	74
FT-15 Conectividad local y pasarela de red.....	75
FT-16 Filtrado digital y diagnóstico de calidad	76
FT-17 Calibración, tara y trazabilidad metrológica.....	77
FT-18 Máquina de estados de detección de movimiento.....	78
FT-19 Estructura del evento físico y diccionario de datos.....	79
FT-20 Cola local de eventos y operación sin línea	80
FT-21 Sincronización idempotente y control de duplicados	81
FT-22 Interfaz de existencias y recepción con ERP.....	82
FT-23 Interfaz de punto de venta (POS).....	83
FT-24 Motor de conciliación físico-comercial.....	84
FT-25 Gestión de excepciones y revisión humana	85
FT-26 Reglas de reposición por espacio y proveedor.....	86
FT-27 Portal restringido de proveedores y alertas	87
FT-28 Administración comercial de posiciones.....	88
FT-29 Identidad, autenticación y control de acceso.....	89
FT-30 Bitácora inalterable y auditoría operativa	90
FT-31 Plan de ensayos mecánicos y metrológicos.....	91
FT-32 Ensayos de eventos y conciliación comercial.....	92
FT-33 Ensayos de continuidad, fallos y recuperación.....	93
FT-34 Instalación, mantenimiento y reemplazo de módulos	94
FT-35 Lista de materiales, compras y configuración de prototipo	95
FT-36 Trazabilidad técnica y expediente para protección.....	96
APÉNDICE J. Relación de materiales y componentes para el prototipo	97
APÉNDICE K. Matriz de aceptación y documentación de pruebas	98
APÉNDICE L. Once láminas de ingeniería complementarias.....	99
Lámina técnica DT-01	99
Lámina técnica DT-02	100
Lámina técnica DT-03	101

Lámina técnica DT-04	102
Lámina técnica DT-05	103
Lámina técnica DT-06	104
Lámina técnica DT-07	105
Lámina técnica DT-08	106
Lámina técnica DT-09	107
Lámina técnica DT-10	108
Lámina técnica DT-11	109
APÉNDICE M. Control documental y revisión técnica.....	110
APÉNDICE N. Visualizaciones del producto desde varios ángulos.....	111
APÉNDICE O. Diagramas ampliados y otras vistas del conjunto.....	115

Índice de figuras

Figura 1. Arquitectura por capas del módulo y su intercambio con sistemas de empresa.....	3
Figura 2. Secuencia conceptual de tecnologías existentes y definición del problema ...	6
Figura 3. Secuencia conceptual de arquitectura conceptual del sistema modular.....	8
Figura 4. Secuencia conceptual de administración comercial del espacio de exhibición	11
Figura 5. Vista constructiva preliminar de la bandeja y sus conexiones	15
Figura 6. Cadena electrónica de adquisición, procesamiento y comunicaciones	17
Figura 7. Estados propuestos para la detección de cambios físicos	19
Figura 8. Secuencia conceptual de conectividad, colas locales y sincronización	21
Figura 9. Secuencia conceptual de modelo de información y trazabilidad histórica	25
Figura 10. Secuencia conceptual de conciliación con ventas, devoluciones e inventarios	27
Figura 11. Secuencia de reposición colaborativa autorizada por la tienda	29
Figura 12. Secuencia conceptual de seguridad de dispositivos y permisos empresariales	32
Figura 13. Secuencia conceptual de diseño de ensayos y validación funcional	35
Figura 14. Secuencia conceptual de despliegue piloto, soporte y adopción.....	38
Figura 15. Secuencia conceptual de evaluación económica y ciclo de vida	40
Figura 16. Secuencia conceptual de innovación, documentación técnica y estrategia de patente	42

Índice de tablas

Para ir a una tabla desde Word, pulse Ctrl y haga clic en su título o número de página.

Tabla 1. Matriz operativa del apartado 1.1: decisiones y evidencia.....	5
Tabla 2. Matriz operativa del apartado 1.2: decisiones y evidencia.....	8
Tabla 3. Matriz operativa del apartado 1.3: decisiones y evidencia.....	10
Tabla 4. Matriz operativa del apartado 1.4: decisiones y evidencia.....	12
Tabla 5. Matriz operativa del apartado 2.1: decisiones y evidencia.....	16
Tabla 6. Matriz operativa del apartado 2.2: decisiones y evidencia.....	18
Tabla 7. Matriz operativa del apartado 2.3: decisiones y evidencia.....	21
Tabla 8. Matriz operativa del apartado 2.4: decisiones y evidencia.....	23
Tabla 9. Matriz operativa del apartado 3.1: decisiones y evidencia.....	26
Tabla 10. Matriz operativa del apartado 3.2: decisiones y evidencia.....	28
Tabla 11. Matriz operativa del apartado 3.3: decisiones y evidencia.....	30
Tabla 12. Matriz operativa del apartado 3.4: decisiones y evidencia.....	33
Tabla 13. Matriz operativa del apartado 4.1: decisiones y evidencia.....	37
Tabla 14. Matriz operativa del apartado 4.2: decisiones y evidencia.....	39
Tabla 15. Matriz operativa del apartado 4.3: decisiones y evidencia.....	41
Tabla 16. Matriz operativa del apartado 4.4: decisiones y evidencia.....	43
Tabla 17. Plantilla de ficha de identificación del módulo	52
Tabla 18. Plantilla de registro de calibración	53
Tabla 19. Plantilla de protocolo de manipulación controlada.....	54
Tabla 20. Plantilla de matriz de conciliación pos/erp.....	55
Tabla 21. Plantilla de control de permisos de proveedor.....	56
Tabla 22. Plantilla de plan de pruebas de resiliencia	57
Tabla 23. Plantilla de registro de incidentes y mantenimiento	58
Tabla 24. Plantilla de guía de revisión previa a publicación	59

Prólogo

Una percha representa mucho más que un soporte para productos. En ella se encuentran la experiencia de compra, la disponibilidad de artículos, las decisiones de reposición y una parte visible de la relación entre fabricantes, distribuidores y comerciantes. Sin embargo, los sistemas administrativos suelen registrar con claridad las transacciones, mientras que los cambios físicos que anteceden o no llegan a convertirse en ventas permanecen incompletos. La obra examina ese intervalo. Su punto de partida es una arquitectura que propone observar el peso por posición, conservar los cambios relevantes y transmitir evidencia a la infraestructura del establecimiento. La información no se transforma automáticamente en una venta: se contrasta con tickets de caja, movimientos de almacén y autorizaciones de recepción. Al separar esas responsabilidades, la propuesta evita el equívoco de tratar como equivalentes un objeto retirado y un producto vendido.

La exposición combina administración, ingeniería, tecnologías de información y prácticas de comercialización. En los cuatro capítulos de esta obra se explican el problema de la inexactitud de inventario, la construcción de módulos, el tratamiento de señales, la conciliación empresarial, el gobierno de permisos y los protocolos de validación. Cada capítulo incorpora un caso aplicado, una matriz de especificaciones y preguntas para revisar decisiones técnicas y operativas.

También se reconoce una frontera necesaria entre hipótesis y resultados. El proyecto tiene elementos de arquitectura definidos, pero no se aportaron datos de ensayos que permitan afirmar exactitud metrológica, ahorro demostrado o reducción efectiva de pérdidas. El libro presenta los procedimientos para obtener esas evidencias y conserva los vacíos como tareas de investigación, en lugar de convertirlos en cifras aparentemente concluyentes. El valor formativo de esta monografía reside precisamente en su capacidad para mostrar cómo se documenta una innovación responsable: qué se sabe, qué se diseña, qué falta medir y quién tiene autoridad para decidir. El lector encontrará una ruta de construcción y análisis que puede adaptarse a contextos comerciales diversos sin atribuir a esta propuesta una exclusividad tecnológica todavía no reconocida.

Resumen

Esta monografía estudia una arquitectura modular de perchas inteligentes para observar cambios físicos en productos exhibidos, preservar eventos trazables y apoyar la conciliación de inventarios y la reposición comercial. La propuesta diferencia lecturas de sensores, ventas confirmadas y recepciones administrativas, sin inferir transacciones a partir de variaciones de masa. Se describen el diseño de bandejas desmontables, el aislamiento mecánico, la adquisición electrónica, la calibración, el diagnóstico, el procesamiento por estados, las comunicaciones y la integración con sistemas POS/ERP. También se analizan permisos contractuales que limitan los datos accesibles a proveedores. Se plantean protocolos de ensayo para valorar exactitud, repetibilidad, clasificación, resiliencia y viabilidad de instalación. Los ejemplos son didácticos, no resultados de prototipos. Finalmente, se presenta una ruta de documentación técnica y protección intelectual previa a la divulgación pública.

Palabras clave: perchas inteligentes; inventario físico; sensores de carga; Internet de las cosas; conciliación de inventarios; reposición colaborativa; innovación tecnológica.

Abstract

This monograph examines a modular smart-shelf architecture designed to observe physical changes in displayed products, preserve traceable events, and support inventory reconciliation, replenishment, and business collaboration. The design separates instrument readings from confirmed sales and administrative receiving transactions; weight variations alone are never treated as proof of a commercial operation. The book describes removable trays, mechanical isolation between shelf positions, electronic signal acquisition, calibration, diagnostic quality flags, state-based event processing, intermittent-connectivity synchronization, and integration with point-of-sale and enterprise resource planning systems. It also addresses data models and contractual permissions that limit information shared with suppliers. From a methodological standpoint, the work outlines protocols to assess accuracy, repeatability, event classification, communication resilience, and deployment feasibility. The practical scenarios are illustrative rather than experimental results. The final unit outlines a cautious

pathway for documenting technical contributions, reviewing prior art, filing a potential patent application, and determining the appropriate timing of public disclosure.

Keywords: smart shelves; physical inventory; load cells; Internet of Things; inventory reconciliation; collaborative replenishment; technological innovation.

Resumo

Esta monografia examina uma arquitetura modular de prateleiras inteligentes destinada a observar mudanças físicas dos produtos expostos, preservar eventos rastreáveis e apoiar a conciliação de estoques, a reposição e a colaboração comercial. A proposta separa as leituras instrumentais das vendas confirmadas e dos recebimentos administrativos, evitando considerar variações de massa como prova automática de uma operação comercial. Descrevem-se bandejas removíveis, isolamento mecânico entre posições, aquisição eletrônica de sinais, calibração, diagnóstico, processamento de eventos por estados, sincronização durante interrupções de conectividade e integração com sistemas de ponto de venda e gestão empresarial. Também são discutidos modelos de dados e permissões contratuais que restringem a informação compartilhada com fornecedores. A obra apresenta protocolos para avaliar exatidão, repetibilidade, classificação de movimentos, resiliência e viabilidade de instalação. Os exemplos são ilustrativos, não resultados experimentais. Por fim, propõe-se uma estratégia de documentação técnica e proteção intelectual anterior à divulgação pública.

Palavras-chave: prateleiras inteligentes; estoque físico; células de carga; Internet das Coisas; conciliação de estoques; reposição colaborativa; inovação tecnológica.

Introducción

La integración digital en los establecimientos comerciales no elimina por sí sola las diferencias entre los registros y la mercancía que permanece realmente disponible en la sala de venta. DeHoratius y Raman (2008) estudiaron la inexactitud de los inventarios en el comercio minorista y aportaron evidencia de la importancia del control operativo. El problema resulta especialmente relevante cuando las decisiones de compra o reposición dependen de datos informáticos que no describen oportunamente el estado físico de la exhibición.

Las tecnologías de percepción sobre estantes cuentan con antecedentes. Jose et al. (2024) documentaron una estantería inteligente para analizar interacciones en supermercados combinando datos de sensores. Su estudio constituye una referencia útil para entender que las celdas de carga y la observación de productos ya integran el estado de la técnica. La presente obra, por tanto, no fundamenta su interés académico en la novedad aislada de esos componentes, sino en las dificultades concretas de combinarlos y operarlos.

La especificación que motiva este libro plantea medir por posición, aislar mecánicamente cargas vecinas, clasificar transiciones físicas estables y mantener registros durante interrupciones de conectividad. La información viaja desde el módulo a las aplicaciones empresariales, pero las ventas se verifican mediante POS y las recepciones mediante operaciones validadas del ERP. Las alertas al proveedor se subordinan a permisos y acuerdos del comerciante, sin convertir cada cambio de masa en una orden externa.

El propósito general consiste en sistematizar la base conceptual y técnica necesaria para diseñar, integrar y evaluar dicha arquitectura como una solución de observación física y soporte a decisiones comerciales. Los objetivos particulares comprenden delimitar sus funciones, caracterizar sus componentes, formular reglas de conciliación, establecer controles de seguridad y proponer un programa de ensayos reproducible. La aproximación es documental, técnica y propositiva; no se formula aquí un estudio de eficacia con resultados empíricos inexistentes.

El contenido se organiza en cuatro capítulos. El primero estudia el entorno comercial, los antecedentes y la arquitectura funcional. El segundo desarrolla

mecánica, electrónica, estados y comunicaciones. El tercero aborda entidades de datos, POS/ERP, reposición y acceso entre compañías. El cuarto explica las pruebas, el piloto, las implicaciones económicas y los pasos de documentación ante una posible protección industrial. Se incluyen casos didácticos, matrices y anexos operativos para ayudar a la reproducción del razonamiento de diseño.

La normalización sugerida procede de referencias internacionales pertinentes. GS1 (2022) sirve como orientación para vocabularios de eventos comerciales; OASIS (2019) documenta MQTT como mecanismo de mensajería; NIST (2020, 2021) aporta criterios sobre seguridad de dispositivos IoT, e ISO/IEC 25010:2023 permite estructurar características de calidad del producto informático. Estas fuentes no certifican el sistema propuesto, pero ayudan a especificar propiedades que pueden evaluarse.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS DEL INVENTARIO FÍSICO Y EL COMERCIO INTELIGENTE

Este capítulo presenta la distancia existente entre el registro digital y la realidad material de la percha. Se estudia la delimitación del problema, el papel de tecnologías conocidas y la forma en que una solución modular puede aportar evidencia para tomar decisiones sin sustituir los controles contables.

El análisis considera la posición como unidad de observación y al comercio como responsable final de validar su información. Se distingue la dimensión técnica de las oportunidades de gestión de espacios comerciales, evitando que el valor de un servicio determine artificialmente lo que el sensor puede probar.

Propósito y orientación del capítulo

Al concluir los cuatro apartados principales de este capítulo, el lector estará en condiciones de interpretar los componentes del sistema, distinguir evidencia e inferencia, formular preguntas de ingeniería y seleccionar verificaciones proporcionales al problema. Se recomienda consultar las figuras como modelos de diseño y las tablas como instrumentos de trabajo; ninguno de estos materiales constituye, por sí mismo, prueba de rendimiento alcanzado.

1.1 Inventario físico, inventario informático y discrepancias

La inexactitud del inventario no siempre proviene del registro de ventas. DeHoratius y Raman (2008) permiten situar el problema en la distancia entre lo anotado y lo disponible.

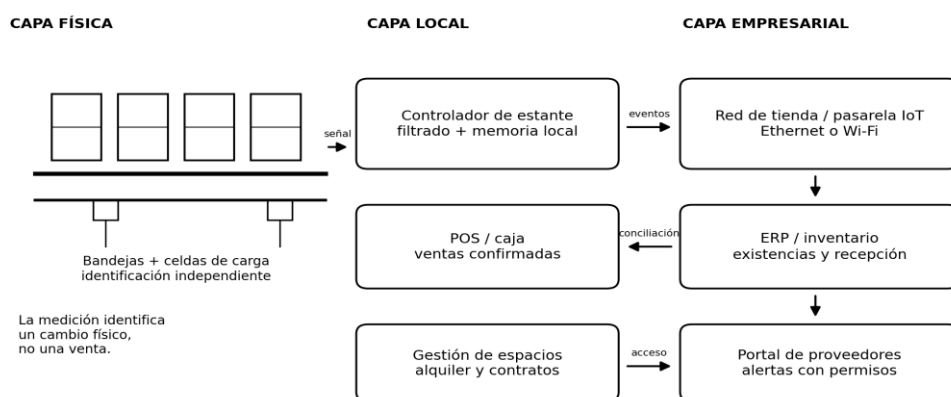


Figura 1. Arquitectura por capas del módulo y su intercambio con sistemas de empresa

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

Aquí se estudia cómo una lectura física puede aportar evidencia sin desplazar la autoridad del sistema comercial. La Figura 1 permite distinguir qué información pertenece a la capa física y cuál requiere confirmación empresarial.

1.1.1 Diferencia entre existencia real y registro digital

El establecimiento puede mostrar una existencia positiva en el ERP mientras la ubicación correspondiente está vacía, porque la salida física y la transacción comercial ocurren en momentos distintos. La corrección indiscriminada del kardex confundiría pérdidas, traslados, reservas y ventas; la operación necesita una decisión documentada antes de modificar el stock formal.

La observación por posición se organiza como una capa de evidencia independiente de las existencias administrativas; cada lectura conserva el identificador espacial y su estado de calidad. El procedimiento de evaluación consiste en Contrastar la existencia observada, el conteo manual y las transacciones registradas, dejando constancia de las discrepancias no resueltas. En una situación de aplicación, un cliente devuelve a otra percha un producto que había tomado; el retiro inicial y la devolución posterior forman dos eventos y ninguna de las dos operaciones prueba una venta.

1.1.2 La posición física como unidad de observación

Los inventarios tradicionales se agregan por artículo o bodega y suelen perder la localización exacta en la que ocurrió una modificación de carga. El mismo producto puede distribuirse entre distintas posiciones, y la posición puede cambiar de proveedor durante una campaña sin perder su historial técnico.

Cada espacio incorpora un slot_id persistente relacionado con mobiliario, módulo, categoría de producto y rango de capacidad; la ubicación queda separada del código comercial del artículo. El procedimiento de evaluación consiste en Comprobar que el traslado de un módulo conserva el identificador físico y actualiza la ubicación mediante una operación autorizada y auditable. En una situación de aplicación, una tienda mueve una bandeja del pasillo central a una góndola de temporada; se conserva la continuidad de mediciones y se registra el cambio de contexto.

1.1.3 Inexactitud del inventario y costo de decisión

Una diferencia aparentemente pequeña entre el inventario declarado y el disponible provoca compras mal programadas, reposiciones tardías y valoraciones poco confiables del servicio. La visibilidad física adicional no sustituye el conteo cíclico ni la depuración del maestro de productos, de modo que el diseño debe convivir con controles preexistentes.

Conviene distinguir indicadores de exactitud del registro, quiebre de exhibición, disponibilidad al cliente y oportunidad de reposición; cada indicador responde a una pregunta operativa diferente. El procedimiento de evaluación consiste en Calcular discrepancias observables por intervalo, clasificar su origen cuando sea posible y no atribuir ahorros sin un experimento comparativo. En una situación de aplicación, el ERP muestra ocho unidades de una referencia, pero la bandeja contiene cuatro y otras dos están en una exhibición temporal todavía no inventariada.

Tabla 1

Matriz operativa del apartado 1.1: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Diferencia entre existencia real y registro...	La observación por posición se organiza como una capa de evidencia independiente de las existencias...	Contrastar la existencia observada, el conteo manual y las transacciones registradas, dejando constancia de...
La posición física como unidad de observación	Cada espacio incorpora un slot_id persistente relacionado con mobiliario, módulo, categoría de...	Comprobar que el traslado de un módulo conserva el identificador físico y actualiza la ubicación mediante...
Inexactitud del inventario y costo de decisión	Conviene distinguir indicadores de exactitud del registro, quiebre de exhibición, disponibilidad al...	Calcular discrepancias observables por intervalo, clasificar su origen cuando sea posible y no atribuir...

La Tabla 1 organiza la diferencia entre registro informático y disponibilidad efectiva, junto con las comprobaciones que permitirían esclarecerla. Sus criterios son de evaluación propuesta, no resultados medidos.

1.1.4 Caso de integración y taller de análisis

Un cliente devuelve a otra percha un producto que había tomado; el retiro inicial y la devolución posterior forman dos eventos y ninguna de las dos operaciones prueba una venta. El lector debe establecer qué observaciones pueden conciliarse mediante comprobantes y cuáles deben mantenerse como excepciones abiertas.

1.2 Tecnologías existentes y definición del problema

Los sensores de carga y las estanterías instrumentadas cuentan con antecedentes; Jose et al. (2024) presentan una realización que combina instrumentos de pesaje y seguimiento del comportamiento. La arquitectura analizada debe distinguir las tecnologías conocidas de su forma concreta de integración, antes de discutir una posible protección. La Figura 2 ordena los antecedentes técnicos y las preguntas que debe resolver la propuesta.

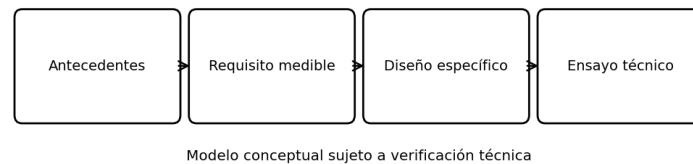


Figura 2. Secuencia conceptual de tecnologías existentes y definición del problema

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

1.2.1 Tecnologías conocidas y alcance de la propuesta

Las estanterías con sensores de carga, RFID, cámaras y conectividad ya han sido descritas por terceros; presentar cualquier sensor como completamente inédito distorsionaría el estado de la técnica. La cámara introduce preocupaciones de privacidad; RFID depende del etiquetado y la radiofrecuencia, mientras el peso agregado dificulta distinguir productos con masas similares.

La propuesta se concentra en la configuración modular, aislamiento de posiciones, registros persistentes, conciliación de eventos y facultades de intercambio controlado con proveedores. El procedimiento de evaluación consiste en Construir una matriz de tecnologías que compare costo de integración, error por interferencia, mantenimiento y alcance de la evidencia producida. En una situación de aplicación, en una percha de artículos de peso idéntico, un cambio de 400 gramos permite inferir una variación de unidades, pero no identificar por sí mismo qué persona tomó el artículo.

1.2.2 Definición del problema de ingeniería

Un enunciado exclusivamente comercial, como automatizar pedidos o alquilar espacios, no describe todavía el problema tecnológico que la solución resolvería mediante componentes verificables. Sin esta delimitación, las funcionalidades de mercadeo pueden ocupar la descripción y ocultar riesgos mecánicos, eléctricos y de integridad de datos.

La formulación técnica delimita cómo aislar masas entre espacios, detectar cambios estables, conservar eventos sin red y reconciliar observaciones con sistemas de empresa. El procedimiento de evaluación consiste en Definir entradas físicas, salidas informáticas, restricciones de instalación y ensayos que permitan refutar una hipótesis de funcionamiento. En una situación de aplicación, el personal retira una bandeja para limpieza; el sistema debe reconocer mantenimiento y no clasificar la ausencia completa de carga como consumo del público.

1.2.3 Requisitos, restricciones y trazabilidad

Un prototipo convincente requiere una lista de requisitos verificables y no una acumulación de componentes adquiridos sin criterio de aceptación. El presupuesto y la facilidad de recambio pueden entrar en conflicto con precisión, resistencia a humedad o autonomía energética.

Los requisitos se distribuyen entre instalación, rango de carga, calibración, continuidad, autenticación, integración POS y control de acceso; cada uno recibe responsable y evidencia. El procedimiento de evaluación consiste en Relacionar cada requisito con un método de verificación, una condición de funcionamiento y un registro de resultados todavía pendiente. En una situación de aplicación, en un plan de mantenimiento, el reemplazo de una celda de carga debe forzar recalibración y conservar qué versión de calibración respaldó cada observación anterior.

Tabla 2*Matriz operativa del apartado 1.2: decisiones y evidencia*

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Tecnologías conocidas y alcance de la propuesta	La propuesta se concentra en la configuración modular, aislamiento de posiciones, registros...	Construir una matriz de tecnologías que compare costo de integración, error por interferencia,...
Definición del problema de ingeniería	La formulación técnica delimita cómo aislar masas entre espacios, detectar cambios estables,...	Definir entradas físicas, salidas informáticas, restricciones de instalación y ensayos que permitan refutar...
Requisitos, restricciones y trazabilidad	Los requisitos se distribuyen entre instalación, rango de carga, calibración, continuidad,...	Relacionar cada requisito con un método de verificación, una condición de funcionamiento y un registro de...

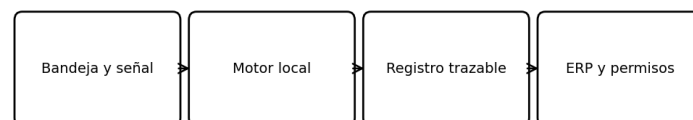
La Tabla 2 relaciona las tecnologías consideradas con las decisiones pendientes de integración. La comparación requiere documentar las condiciones de instalación y los criterios de verificación.

1.2.4 Caso de integración y taller de análisis

En una percha de artículos de peso idéntico, un cambio de 400 gramos permite inferir una variación de unidades, pero no identificar por sí mismo qué persona tomó el artículo. Por su parte, en un plan de mantenimiento, el reemplazo de una celda de carga debe forzar recalibración y conservar qué versión de calibración respaldó cada observación anterior. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

1.3 Arquitectura conceptual del sistema modular

La solución se distribuye en niveles que cumplen responsabilidades diferentes: soporte físico, adquisición de señal, motor local, comunicación y sistemas de empresa.



Modelo conceptual sujeto a verificación técnica

Figura 3. Secuencia conceptual de arquitectura conceptual del sistema modular

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

Esta separación se examina desde las conexiones que cada nivel necesita y desde los fallos que debe resistir. La Figura 3 representa la separación funcional entre bandeja, registro de eventos e integración empresarial.

1.3.1 Separación de capas de arquitectura

Una solución monolítica que mezcla adquisición, contabilidad y mensajes a proveedores dificulta explicar errores e incrementa el costo de mantenimiento. Un aviso comercial puede ser oportuno sin tener autoridad para modificar ventas o registrar una orden de compra firme.

El diseño divide capa física, adquisición, motor local de eventos, integración empresarial y servicios comerciales; cada interfaz transmite mensajes con responsabilidades explícitas. El procedimiento de evaluación consiste en Revisar mediante pruebas de integración qué operaciones puede iniciar cada capa y cuáles deben quedar bloqueadas ante información incompleta. En una situación de aplicación, la capa local informa un retiro estable durante una caída de red; la capa comercial espera confirmación del ERP antes de emitir un pedido.

1.3.2 Identificadores y contratos entre componentes

Los eventos pierden utilidad cuando un fabricante, un integrador y un comerciante interpretan de modo diferente la identidad de espacio, artículo o dispositivo. Un espacio puede cambiar de SKU; un SKU puede ocupar muchas bandejas y un proveedor autorizado no equivale al propietario de todos los datos.

Se adopta un diccionario que distinga `module_id`, `slot_id`, SKU, GTIN cuando exista, `supplier_id`, `event_uuid` y `calibration_id`, manteniendo reglas de unicidad y vigencia. El procedimiento de evaluación consiste en Verificar referencias cruzadas con altas, traslados, bajas y reasignaciones, así como conflictos provocados por mensajes retrasados. En una situación de aplicación, un proveedor termina su contrato mientras existe un evento en cola: la lectura histórica persiste, pero la notificación se rige por el permiso vigente aplicable.

1.3.3 Arquitectura orientada a fallas

Los fallos no son episodios excepcionales en un comercio: se desconectan equipos, se reinician controladores y se modifican exhibiciones a diario. El

diseño no debe prometer disponibilidad absoluta; cada falla necesita un alcance acotado y una recuperación observable.

La arquitectura incorpora degradación controlada, bitácoras no alterables por operaciones ordinarias, versiones de configuración y colas durables para la transmisión diferida. El procedimiento de evaluación consiste en Provocar reinicios, cortes de energía, mensajes repetidos y cambios de configuración sin permitir pérdida silenciosa de eventos. En una situación de aplicación, tras un apagón, el controlador restablece la secuencia local, detecta los eventos no confirmados y evita contabilizar dos veces el mismo retiro.

Tabla 3

Matriz operativa del apartado 1.3: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Separación de capas de arquitectura	El diseño divide capa física, adquisición, motor local de eventos, integración empresarial y...	Revisar mediante pruebas de integración qué operaciones puede iniciar cada capa y cuáles deben quedar...
Identificadores y contratos entre componentes	Se adopta un diccionario que distinga module_id, slot_id, SKU, GTIN cuando exista, supplier_id,...	Verificar referencias cruzadas con altas, traslados, bajas y reasignaciones, así como conflictos provocados...
Arquitectura orientada a fallas	La arquitectura incorpora degradación controlada, bitácoras no alterables por operaciones...	Provocar reinicios, cortes de energía, mensajes repetidos y cambios de configuración sin permitir pérdida...

Las responsabilidades de cada capa y las comprobaciones asociadas se reúnen en la Tabla 3. Esta distinción facilita reconocer el origen de un fallo sin atribuirlo a otros subsistemas.

1.3.4 Caso de integración y taller de análisis

La capa local informa un retiro estable durante una caída de red; la capa comercial espera confirmación del ERP antes de emitir un pedido. Por su parte, tras un apagón, el controlador restablece la secuencia local, detecta los eventos no confirmados y evita contabilizar dos veces el mismo retiro. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

1.4 Administración comercial del espacio de exhibición

La asignación comercial de una posición de percha no equivale al evento detectado por el sensor. En este apartado se examinan permisos, vigencias contractuales, indicadores de disponibilidad y límites de información compartida con proveedores. La Figura 4 resume las relaciones entre el espacio de exhibición, su seguimiento y la gestión comercial.

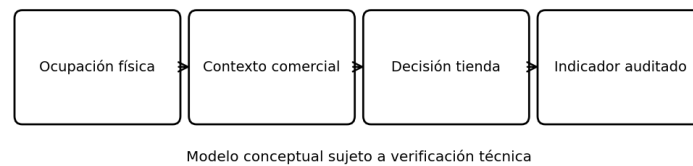


Figura 4. Secuencia conceptual de administración comercial del espacio de exhibición

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

1.4.1 Valor de la disponibilidad por espacio

La posición en la percha es un recurso escaso cuyo valor depende de presencia efectiva, rotación y experiencia de búsqueda del consumidor. Una bandeja llena puede corresponder a poca rotación y una bandeja vacía a reposición deficiente; la señal de masa requiere contexto.

La medición física ofrece indicadores de ocupación y quiebre por slot, útiles para contratos de exhibición sin atribuir causalidad comercial indebida. El procedimiento de evaluación consiste en Relacionar los indicadores del espacio con inventarios confirmados, periodicidad de visitas y registro de promociones antes de concluir sobre su rendimiento. En una situación de aplicación, dos marcas comparten una zona: la administración evalúa cuánto tiempo permanecieron disponibles sus productos sin revelar información reservada de otras categorías.

1.4.2 Gobernanza de información entre empresas

La colaboración con distribuidores puede facilitar el abastecimiento y, al mismo tiempo, exponer estrategias del comercio si el acceso no se restringe. La fábrica podría necesitar un agregado por familia y el distribuidor una alerta por artículo; compartir ambos niveles sin consentimiento sería un exceso.

Las alertas se emiten por contrato, proveedor asignado, SKU autorizado, vigencia y propósito, con revocación inmediata de permisos al concluir la relación. El procedimiento de evaluación consiste en Probar perfiles y restricciones con identidades simuladas para confirmar que ningún proveedor consulte posiciones ajenas. En una situación de aplicación, el comercio envía al distribuidor una advertencia de reposición aprobada, pero no comparte la venta detallada de marcas competidoras.

1.4.3 Indicadores comerciales sin confundir ventas

El retiro físico no se identifica necesariamente con la venta, y una reposición no equivale automáticamente a una compra recibida en el sistema contable. El riesgo principal es construir paneles atractivos que mezclan aproximaciones de sensor con cifras financieras auditables.

Los indicadores se calculan desde hechos bien etiquetados: ocupación observada, venta POS confirmada, recepción ERP validada y disponibilidad temporal. El procedimiento de evaluación consiste en Comprobar que el informe muestra fuentes, fechas, niveles de confianza y razones de discrepancia para cada indicador. En una situación de aplicación, una marca solicita ventas por metro lineal; el informe utiliza tickets POS conciliados y no la sola disminución de masa de la bandeja.

Tabla 4

Matriz operativa del apartado 1.4: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Valor de la disponibilidad por espacio	La medición física ofrece indicadores de ocupación y quiebre por slot, útiles para contratos de...	Relacionar los indicadores del espacio con inventarios confirmados, periodicidad de visitas y registro de...
Gobernanza de información entre empresas	Las alertas se emiten por contrato, proveedor asignado, SKU autorizado, vigencia y propósito, con...	Probar perfiles y restricciones con identidades simuladas para confirmar que ningún proveedor consulte...
Indicadores comerciales sin confundir ventas	Los indicadores se calculan desde hechos bien etiquetados: ocupación observada, venta POS...	Comprobar que el informe muestra fuentes, fechas, niveles de confianza y razones de discrepancia para cada...

La Tabla 4 vincula la administración de espacios con evidencias de disponibilidad y reglas de intercambio entre empresas; sus indicadores deben interpretarse dentro de los acuerdos vigentes.

1.4.4 Caso de integración y taller de análisis

Dos marcas comparten una zona: la administración evalúa cuánto tiempo permanecieron disponibles sus productos sin revelar información reservada de otras categorías. Por su parte, una marca solicita ventas por metro lineal; el informe utiliza tickets POS conciliados y no la sola disminución de masa de la bandeja. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

CAPÍTULO 2. DISEÑO MECÁNICO, ELECTRÓNICO Y CONTROL LOCAL

El segundo capítulo se concentra en la realización instrumental del sistema. Parte de la construcción física de las bandejas y llega al tratamiento local de señales, al registro de eventos y a su transmisión a la infraestructura de información. El montaje y la electrónica se tratan como un solo problema porque una lectura errónea puede originarse tanto en el apoyo mecánico como en el circuito.

Los criterios de funcionamiento se formularán como requisitos y ensayos, no como resultados definitivos. La responsabilidad del especialista técnico comprende seleccionar componentes, identificar interferencias, documentar versiones de calibración y asegurar que el mantenimiento no destruya la trazabilidad previamente generada.

Propósito y orientación del capítulo

Al concluir los cuatro apartados principales de este capítulo, el lector estará en condiciones de interpretar los componentes del sistema, distinguir evidencia e inferencia, formular preguntas de ingeniería y seleccionar verificaciones proporcionales al problema. Se recomienda consultar las figuras como modelos de diseño y las tablas como instrumentos de trabajo; ninguno de estos materiales constituye, por sí mismo, prueba de rendimiento alcanzado.

2.1 Diseño de la bandeja y aislamiento de cargas

El diseño comienza en la trayectoria que sigue el peso, desde la bandeja hasta el elemento sensor. Una fijación incorrecta puede transmitir fuerza entre posiciones y alterar las lecturas, aun cuando la electrónica funcione. Se describen las decisiones mecánicas que requieren comprobación experimental. La Figura 5 muestra los elementos constructivos previstos para sostener la bandeja y conectar el sensado.

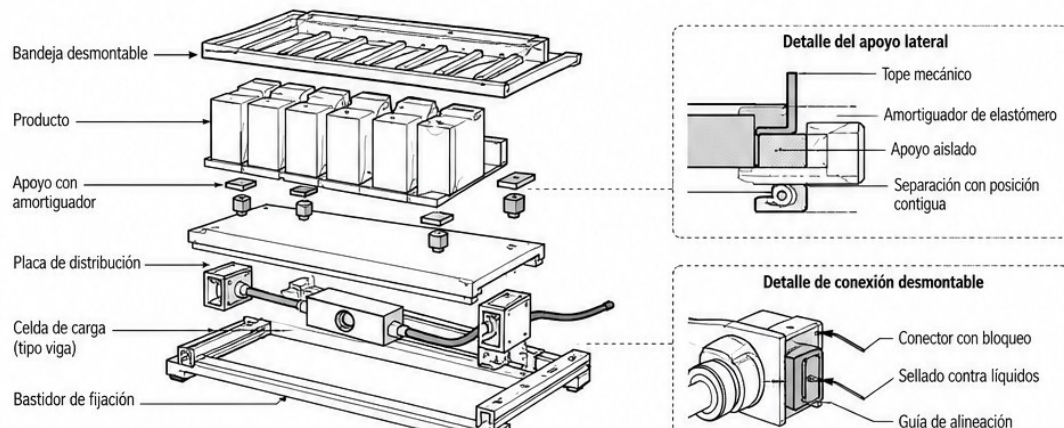


Figura 5. Vista constructiva preliminar de la bandeja y sus conexiones

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

2.1.1 Bandeja desmontable y soporte rígido

La deformación propia del soporte o el apoyo de productos sobre un lateral puede desviar fuerza fuera de la celda y deformar la lectura. El diseño exige equilibrar limpieza, resistencia a golpes y facilidad de recambio, sin asumir tolerancias dimensionales que aún no se han ensayado.

La unidad se plantea con bandeja intercambiable, superficie de distribución, apoyos definidos, topes mecánicos y conexión protegida durante el desmontaje. El procedimiento de evaluación consiste en Ejecutar carga central, periférica y asimétrica, midiendo desvío, repetibilidad e integridad posterior a una sobrecarga controlada. En una situación de aplicación, una botella apoyada en el borde de una bandeja produce una lectura distinta a la de una botella centrada: la causa se investiga antes de ajustar software.

2.1.2 Aislamiento de posiciones contiguas

Si las bandejas comparten una ruta de carga no controlada, la retirada de una unidad puede producir señales en dos sensores vecinos. Una estructura muy rígida puede preservar forma pero transportar esfuerzos; aislar no significa simplemente aumentar espesor de todas las piezas.

La geometría de apoyo y la separación funcional deben minimizar acoplamiento lateral; las pruebas han de caracterizar transferencia de fuerza en diversas ubicaciones. El procedimiento de evaluación consiste en Aplicar cargas individuales y simultáneas en un diseño factorial simple y documentar correlaciones no deseadas entre canales. En una situación de aplicación, se

retiran seis paquetes del slot A y el slot B muestra una perturbación momentánea; la especificación define cómo distinguir interferencia y movimiento legítimo.

2.1.3 Mantenibilidad y seguridad mecánica

Una plataforma capaz de funcionar en laboratorio puede fracasar en tienda si cambiar una bandeja exige desmontar cables expuestos o manipular partes cortantes. La protección frente a humedad, corrosión y vibración debe evaluarse según el ambiente real y la vida esperada del mobiliario.

Los conectores con guía, fijación protegida y procedimientos de reemplazo deben integrarse desde el diseño preliminar, junto con materiales compatibles con limpieza. El procedimiento de evaluación consiste en Registrar tiempos y errores de intervención, verificar recuperación de calibración y comprobar que el reemplazo no compromete módulos vecinos. En una situación de aplicación, durante una limpieza nocturna se retira un sensor averiado, se instala otro y el sistema exige identificación del nuevo componente antes de reanudar medidas.

Tabla 5

Matriz operativa del apartado 2.1: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Bandeja desmontable y soporte rígido	La unidad se plantea con bandeja intercambiable, superficie de distribución, apoyos definidos,...	Ejecutar carga central, periférica y asimétrica, midiendo desvío, repetibilidad e integridad posterior a...
Aislamiento de posiciones contiguas	La geometría de apoyo y la separación funcional deben minimizar acoplamiento lateral; las pruebas...	Aplicar cargas individuales y simultáneas en un diseño factorial simple y documentar correlaciones no...
Mantenibilidad y seguridad mecánica	Los conectores con guía, fijación protegida y procedimientos de reemplazo deben integrarse desde el...	Registrar tiempos y errores de intervención, verificar recuperación de calibración y comprobar que el...

La Tabla 5 concentra las decisiones de geometría, aislamiento y mantenimiento de la bandeja, cuya aceptación dependerá de inspecciones y ensayos físicos.

2.1.4 Caso de integración y taller de análisis

Una botella apoyada en el borde de una bandeja produce una lectura distinta a la de una botella centrada: la causa se investiga antes de ajustar software. Por su parte, durante una limpieza nocturna se retira un sensor averiado, se instala otro y el sistema exige identificación del nuevo componente antes de reanudar medidas. Se propone construir un registro temporal de las observaciones,

separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

2.2 Sensórica, medición y calibración

La medida de carga exige algo más que seleccionar una celda: debe garantizarse una excitación estable, conversión adecuada, calibración y vigilancia de la deriva. El apartado distingue características de catálogo y propiedades que solo pueden determinarse mediante ensayos del conjunto montado. La Figura 6 sigue el recorrido de la señal, desde la celda de carga hasta el controlador y los canales de comunicación.

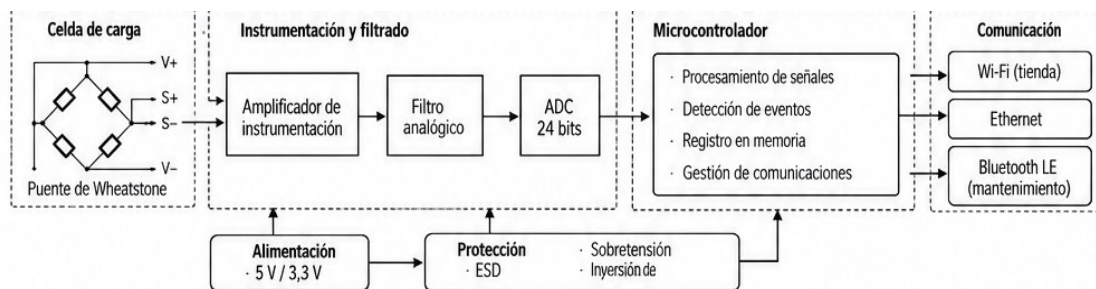


Figura 6. Cadena electrónica de adquisición, procesamiento y comunicaciones

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

2.2.1 Principio de medición por deformación

Una celda de carga transforma esfuerzos mecánicos en señales eléctricas pequeñas que necesitan acondicionamiento y estabilidad antes de representar masa. La resolución anunciada por el fabricante de un conversor no equivale a exactitud final; vibraciones y temperatura alteran la medición disponible.

La cadena incluye puente resistivo, excitación, amplificación, filtrado y conversión digital; su selección depende del rango y del ruido efectivo. El procedimiento de evaluación consiste en Contrastar masas trazables, observar deriva térmica y registrar incertidumbre o dispersión de lecturas según el procedimiento de ensayo. En una situación de aplicación, un paquete liviano se coloca sobre una bandeja aún vibrando: el controlador no consolida el dato hasta cumplir el criterio de estabilidad.

2.2.2 Calibración, tara y versión del ajuste

Sin calibración y control de tara, un valor digital puede conservar una apariencia precisa mientras representa mal la fuerza aplicada. La calibración

realizada con una sola masa puede no revelar no linealidad; la tara tras manipulación de bandeja puede ocultar un residuo físico.

El firmware debe almacenar parámetros, fecha, responsable y `calibration_id`, diferenciando ajustes iniciales y recalibraciones posteriores. El procedimiento de evaluación consiste en Evaluar puntos de carga ascendentes y descendentes, consignar histéresis y verificar conservación de los parámetros tras cortes de energía. En una situación de aplicación, después de reparar el apoyo mecánico, el técnico realiza una nueva calibración; los eventos pasados siguen vinculados a la versión previa.

2.2.3 Diagnóstico de señal y calidad de lectura

Un número transmitido sin contexto de calidad permite confundir un sensor desconectado con una bandeja vacía. El motor de reposición no debe operar sobre observaciones inválidas; las fallas necesitan atención técnica distinta de las alertas de inventario.

Cada lectura incorpora banderas de válida, inestable, saturada, desconectada o fuera de rango, y mantiene registro de la causa de descarte. El procedimiento de evaluación consiste en Inyectar condiciones de cable interrumpido, saturación y variación rápida para confirmar que la lógica suspende decisiones no justificadas. En una situación de aplicación, una conexión floja provoca valores alternantes: el panel informa falla del módulo y no genera una compra extraordinaria por supuesta desaparición del producto.

Tabla 6

Matriz operativa del apartado 2.2: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Principio de medición por deformación	La cadena incluye puente resistivo, excitación, amplificación, filtrado y conversión digital; su...	Contrastar masas trazables, observar deriva térmica y registrar incertidumbre o dispersión de lecturas...
Calibración, tara y versión del ajuste	El firmware debe almacenar parámetros, fecha, responsable y <code>calibration_id</code> , diferenciando ajustes...	Evaluar puntos de carga ascendentes y descendentes, consignar histéresis y verificar conservación de los...
Diagnóstico de señal y calidad de lectura	Cada lectura incorpora banderas de válida, inestable, saturada, desconectada o fuera de rango, y...	Inyectar condiciones de cable interrumpido, saturación y variación rápida para confirmar que la lógica...

En la Tabla 6 se especifican controles para lectura, calibración y diagnóstico; ninguno sustituye el registro metrológico correspondiente a un prototipo.

2.2.4 Caso de integración y taller de análisis

Un paquete liviano se coloca sobre una bandeja aún vibrando: el controlador no consolida el dato hasta cumplir el criterio de estabilidad. Por su parte, una conexión floja provoca valores alternantes: el panel informa falla del módulo y no genera una compra extraordinaria por supuesta desaparición del producto. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

3 Detección de cambios y motor de estados

Un cliente puede mover un producto y devolverlo sin comprarlo. El motor local debe reconocer esa secuencia como observaciones físicas sujetas a estabilidad y posterior conciliación; el apartado examina estados, umbrales y causas de eventos erróneos. En la Figura 7 se identifican las transiciones necesarias para diferenciar una fluctuación de una observación estable.

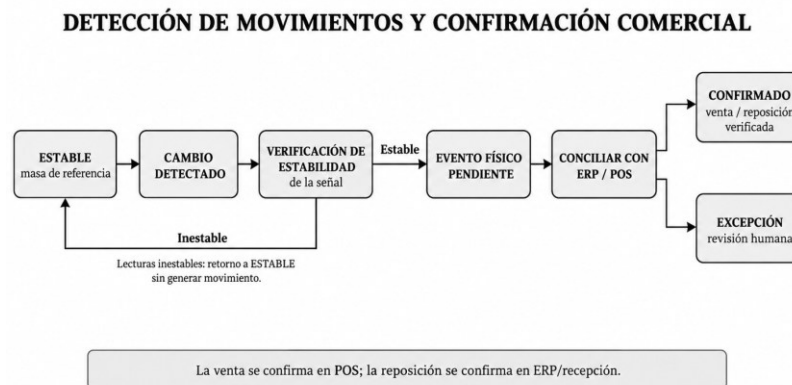


Figura 4. Estados de detección física y conciliación con ERP/POS.

Figura 7. Estados propuestos para la detección de cambios físicos

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

2.3.1 Adquisición y filtrado sin falsear eventos

Los consumidores manipulan empaques y generan pulsos transitorios; un sistema que registra cada fluctuación multiplicaría falsos retiros. Un filtro demasiado lento mejora apariencia de estabilidad pero retrasa alertas y puede fusionar dos retiros sucesivos.

La filtración temporal y el análisis de estabilidad deben definirse mediante datos de ruido y duración de interacciones, evitando promedios que oculten movimientos reales. El procedimiento de evaluación consiste en Comparar señal cruda, señal filtrada y verdad observacional, documentando casos de error por clase de producto. En una situación de aplicación, una persona levanta dos artículos en segundos consecutivos; el motor debe decidir si conserva dos cambios distinguibles o un evento agregado con incertidumbre.

2.3.2 Máquina de estados y confirmación diferida

El sensor reconoce una transición física, no su causa económica; el diseño requiere pasos explícitos antes de asignar significado administrativo. Una lectura ambigua no debe pasar por una venta confirmada para simplificar reportes; es preferible mantener una excepción visible.

Se definen ESTABLE, CAMBIO_DETECTADO, ESPERA_ESTABILIZACIÓN, EVENTO_PENDIENTE, CONFIRMADO y EXCEPCIÓN, con transiciones trazables. El procedimiento de evaluación consiste en Ejecutar secuencias de retiro, devolución, reposición y oscilación, revisando que los estados respeten los requisitos definidos. En una situación de aplicación, una persona toma un producto y lo vuelve a dejar en la misma ubicación: la trayectoria física se observa pero el ERP no registra una venta.

2.3.3 Umbrales adaptados al producto y contexto

No existe un umbral universal útil para artículos livianos, envases deformables y mercancías de masa heterogénea. Elegir arbitrariamente un número fijo para todos los espacios elevaría las falsas alarmas o invisibilizaría retiros pequeños.

Los parámetros de variación mínima, estabilidad y espera dependen de caracterización experimental por módulo y clase de producto. El procedimiento de evaluación consiste en Construir curvas de sensibilidad frente a variaciones conocidas, presentar errores por SKU y registrar las versiones de regla. En una situación de aplicación, en una farmacia de productos livianos, el umbral apropiado puede diferir del de una percha de alimentos envasados, aun usando el mismo controlador.

Tabla 7*Matriz operativa del apartado 2.3: decisiones y evidencia*

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Adquisición y filtrado sin falsear eventos	La filtración temporal y el análisis de estabilidad deben definirse mediante datos de ruido y...	Comparar señal cruda, señal filtrada y verdad observacional, documentando casos de error por clase de...
Máquina de estados y confirmación diferida	Se definen ESTABLE, CAMBIO_DETECTADO, ESPERA_ESTABILIZACIÓN, EVENTO_PENDIENTE, CONFIRMADO y...	Ejecutar secuencias de retiro, devolución, reposición y oscilación, revisando que los estados respeten los...
Umrales adaptados al producto y contexto	Los parámetros de variación mínima, estabilidad y espera dependen de caracterización experimental...	Construir curvas de sensibilidad frente a variaciones conocidas, presentar errores por SKU y registrar las...

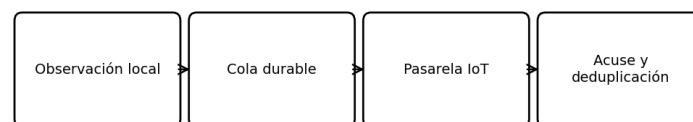
La Tabla 7 relaciona filtrado, transición de estados y umbrales con las verificaciones necesarias para evitar eventos de movimiento falsos.

2.3.4 Caso de integración y taller de análisis

Una persona levanta dos artículos en segundos consecutivos; el motor debe decidir si conserva dos cambios distinguibles o un evento agregado con incertidumbre. Por su parte, en una farmacia de productos livianos, el umbral apropiado puede diferir del de una percha de alimentos envasados, aun usando el mismo controlador. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

2.4 Conectividad, colas locales y sincronización

La pérdida de red no debería borrar la historia de una posición. Se revisan el almacenamiento local, la identidad de cada evento y la sincronización sin duplicación, además de las decisiones de transporte que dependen del establecimiento. La Figura 8 explica cómo la cola local conserva la secuencia de eventos hasta recuperar conectividad.



Modelo conceptual sujeto a verificación técnica

Figura 8. Secuencia conceptual de conectividad, colas locales y sincronización

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

2.4.1 Canales y topología de comunicación

Un comercio puede tener zonas con señal inalámbrica débil, interferencias y restricciones internas para conectar dispositivos externos. No basta con seleccionar Wi-Fi por disponibilidad: el equipo necesita credenciales individuales, recuperación de enlace y una política de actualización.

La topología puede combinar controlador local, pasarela, red del establecimiento y servidor autorizado; los medios se eligen a partir de cobertura y mantenimiento. El procedimiento de evaluación consiste en Medir entrega de mensajes, latencia y recuperación en ubicación real, comparando funcionamiento en línea y fuera de línea. En una situación de aplicación, en un supermercado de varias plantas, un repetidor cambia de estado y algunas perchas quedan aisladas durante treinta minutos sin perder la cola local.

2.4.2 Publicación de eventos y mensajería

El sistema de eventos necesita transportar observaciones de forma desacoplada sin adjudicarles semánticas comerciales prematuras. La entrega de mensajes repetidos o fuera de orden no debe producir movimientos adicionales, incluso si el transporte ofrece distintos niveles de calidad de servicio.

Puede emplearse un patrón publicación/suscripción como MQTT, con identificadores durables, acuses y control de duplicados en el consumidor. El procedimiento de evaluación consiste en Verificar reintentos, orden lógico por módulo, acuses parciales y aplicación única de event_uuid en el destino. En una situación de aplicación, una conexión inestable causa que la misma transición se transmita tres veces; la bitácora conserva una sola aplicación contable.

2.4.3 Autonomía y sincronización idempotente

El estado de red no puede determinar si un retiro físico existió; el hecho debe conservarse aunque el servidor no lo haya visto todavía. Relojes desajustados y reinicios complican el orden temporal; se necesita una política de secuenciación, sincronización y resolución de conflictos.

El controlador persiste eventos con UUID, secuencia local y hora de origen, luego negocia acuses y elimina solo lo confirmado de la cola. El procedimiento

de evaluación consiste en Forzar pérdida de enlace, reinicio y retransmisión para constatar ausencia de pérdida silenciosa y de aplicación duplicada. En una situación de aplicación, la tienda recupera internet tras un apagón; las alertas pendientes se verifican con el inventario actual antes de crear decisiones nuevas.

Tabla 8

Matriz operativa del apartado 2.4: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Canales y topología de comunicación	La topología puede combinar controlador local, pasarela, red del establecimiento y servidor...	Medir entrega de mensajes, latencia y recuperación en ubicación real, comparando funcionamiento en línea y...
Publicación de eventos y mensajería	Puede emplearse un patrón publicación/suscripción como MQTT, con identificadores durables, acuses y...	Verificar reintentos, orden lógico por módulo, acuses parciales y aplicación única de event_uuid en el...
Autonomía y sincronización idempotente	El controlador persiste eventos con UUID, secuencia local y hora de origen, luego negocia acuses y...	Forzar pérdida de enlace, reinicio y retransmisión para constatar ausencia de pérdida silenciosa y de...

La Tabla 8 reúne decisiones sobre conexión, almacenamiento y reenvío; se verificará su idempotencia antes de atribuir continuidad operativa al sistema.

2.4.4 Caso de integración y taller de análisis

En un supermercado de varias plantas, un repetidor cambia de estado y algunas perchas quedan aisladas durante treinta minutos sin perder la cola local. Por su parte, la tienda recupera internet tras un apagón; las alertas pendientes se verifican con el inventario actual antes de crear decisiones nuevas. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

CAPÍTULO 3. INTEGRACIÓN EMPRESARIAL Y GOBERNANZA DE DATOS

El tercer capítulo aborda la transformación de una medición física en información utilizable por la empresa. Para ello examina identificadores, relaciones temporales, eventos, comprobantes POS, procesos de recepción ERP, acuerdos de reposición y permisos de datos. El énfasis se sitúa en la conciliación y en el carácter auditado de cada decisión.

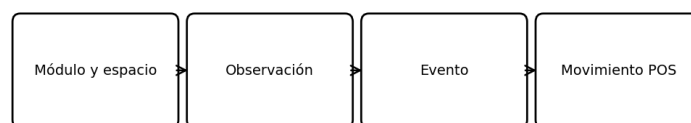
La integración no persigue automatizar indiscriminadamente las compras, sino proporcionar señales pertinentes y verificables. Las diferencias entre hechos observados y operaciones confirmadas se mantienen visibles para que el comerciante pueda diagnosticar sus procesos y preservar los límites contractuales entre participantes.

Propósito y orientación del capítulo

Al concluir los cuatro apartados principales de este capítulo, el lector estará en condiciones de interpretar los componentes del sistema, distinguir evidencia e inferencia, formular preguntas de ingeniería y seleccionar verificaciones proporcionales al problema. Se recomienda consultar las figuras como modelos de diseño y las tablas como instrumentos de trabajo; ninguno de estos materiales constituye, por sí mismo, prueba de rendimiento alcanzado.

3.1 Modelo de información y trazabilidad histórica

Para reconstruir un movimiento es necesario conocer módulo, posición, momento y calibración utilizada. El modelo de información se plantea con identificadores persistentes y cambios de asignación que no destruyan el historial físico. La Figura 9 sintetiza la relación entre identidad del módulo, registro y trazabilidad histórica.



Modelo conceptual sujeto a verificación técnica

Figura 9. Secuencia conceptual de modelo de información y trazabilidad histórica

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

3.1.1 Modelo conceptual de datos

Una única tabla con todos los atributos de producto, sensor, contrato y venta crea ambigüedad cuando cualquiera de esas entidades cambia. Los datos maestros evolucionan con ritmos distintos: actualizar un precio o un proveedor no debería alterar la evidencia histórica del peso.

El diseño separa espacios, módulos, artículos, ubicaciones, calibraciones, observaciones, eventos, contratos, asignaciones y autorizaciones. El procedimiento de evaluación consiste en Revisar claves, integridad referencial, versiones y trazabilidad de las reasignaciones a través de escenarios de cambio. En una situación de aplicación, la referencia comercial de un jabón es sustituida por una nueva presentación y se mantiene el historial de la percha anterior para auditoría.

3.1.2 Evento físico y movimiento confirmado

Un cambio de masa es una observación instrumental; el movimiento de inventario es una decisión de negocio respaldada por otra información. Fusionar los registros impide distinguir error instrumental, retiro no conciliado y venta efectiva al revisar un incidente.

Se diseñan entidades separadas para observación, clasificación preliminar y movimiento confirmado, con relación explícita al POS o a recepción ERP. El procedimiento de evaluación consiste en Examinar reportes de auditoría que reconstruyan desde la masa medida hasta la decisión administrativa y el usuario responsable. En una situación de aplicación, la bandeja pierde una unidad, pero un ticket posterior confirma una venta de un SKU diferente: el sistema conserva la discrepancia.

3.1.3 Temporalidad, vigencia y cambios de asignación

Una percha puede cambiar de marca entre campañas; las lecturas retrasadas deben interpretarse con la asignación correcta al momento del evento. Una actualización retroactiva sin reglas borraría la evidencia de contratos previos y afectaría los permisos de visualización.

Cada vinculación slot-SKU-proveedor incluye inicio y fin de vigencia, de forma que la conciliación recupere la relación histórica aplicable. El procedimiento de evaluación consiste en Ensayar cambios de catálogo con mensajes pendientes y comprobar qué versión contractual los recibe legítimamente. En una situación de aplicación, la posición se reasigna a un nuevo proveedor a medianoche, pero una lectura de las 23:58 llega al servidor al día siguiente.

Tabla 9

Matriz operativa del apartado 3.1: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Modelo conceptual de datos	El diseño separa espacios, módulos, artículos, ubicaciones, calibraciones, observaciones, eventos,...	Revisar claves, integridad referencial, versiones y trazabilidad de las reasignaciones a través de...
Evento físico y movimiento confirmado	Se diseñan entidades separadas para observación, clasificación preliminar y movimiento confirmado,...	Examinar reportes de auditoría que reconstruyan desde la masa medida hasta la decisión administrativa y el...
Temporalidad, vigencia y cambios de asignación	Cada vinculación slot-SKU-proveedor incluye inicio y fin de vigencia, de forma que la conciliación...	Ensayar cambios de catálogo con mensajes pendientes y comprobar qué versión contractual los recibe...

La Tabla 9 recoge los identificadores y registros que sostienen la reconstrucción histórica, incluyendo los cambios de asignación de productos a posiciones.

3.1.4 Caso de integración y taller de análisis

La referencia comercial de un jabón es sustituida por una nueva presentación y se mantiene el historial de la percha anterior para auditoría. Por su parte, la posición se reasigna a un nuevo proveedor a medianoche, pero una lectura de las 23:58 llega al servidor al día siguiente. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

3.2 Conciliación con ventas, devoluciones e inventarios

La venta es una operación reconocida por el punto de caja; el retiro de la percha es una observación. La conciliación necesita reglas de correlación y una salida explícita para devoluciones, registros tardíos y discrepancias no resueltas. La Figura 10 ilustra por qué una observación física requiere contrastarse con transacciones y registros de recepción.

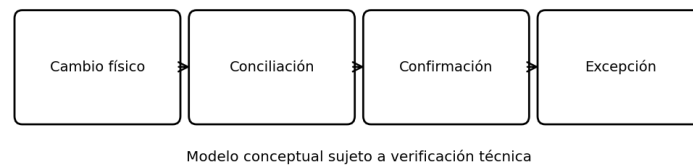


Figura 10. Secuencia conceptual de conciliación con ventas, devoluciones e inventarios

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

3.2.1 Interfaz POS y autoridad transaccional

Las ventas se confirman en el punto de venta porque allí se registra pago o transacción autorizada, independientemente del desplazamiento previo de una unidad. La coincidencia temporal puede ser circunstancial cuando hay múltiples cajas, devoluciones o productos con masas similares.

La conciliación vincula producto, intervalo, local y operación comercial, documentando coincidencias suficientes y excepciones explícitas. El procedimiento de evaluación consiste en Diseñar pruebas con tickets anulados, ventas combinadas y retiros simultáneos, observando tasa de emparejamiento correcto. En una situación de aplicación, un comprador retira un artículo de una percha y paga después de recorrer la tienda; la ventana de conciliación debe gestionarse sin inferencias forzadas.

3.2.2 Recepciones y devoluciones como procesos distintos

El aumento de masa no prueba por sí mismo que hubo recepción validada; puede ser una devolución informal o reubicación. La simple dirección del cambio de masa es insuficiente para asignar responsables y modificar cuentas por pagar o existencias.

La arquitectura distingue alertas de aumento, reposición interna, recepción documental, devolución y ajuste autorizado. El procedimiento de evaluación consiste en Revisar guías de remisión, registros de recepción, movimientos internos y trazas de reposición frente a la lectura física. En una situación de aplicación, un empleado agrega cuatro unidades al estante sin haber registrado todavía la recepción; el motor mantiene el evento pendiente.

3.2.3 Política de excepciones y supervisión humana

Una conciliación demasiado agresiva reduce las alertas visibles a costa de errores ocultos que deterioran la confianza del operador. Los operadores necesitan facultades limitadas: resolver un evento no debe permitir borrar su señal original o modificar un ticket externo.

Se requieren colas de revisión con códigos de causa, responsable, fecha de resolución y evidencia consultada, priorizadas por impacto. El procedimiento de evaluación consiste en Auditar una muestra de casos resueltos y medir acuerdo entre supervisores con reglas conocidas. En una situación de aplicación, un ajuste de inventario coincide con dos retiros físicos; el supervisor verifica si corresponden a una operación planificada o a un incidente.

Tabla 10

Matriz operativa del apartado 3.2: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Interfaz POS y autoridad transaccional	La conciliación vincula producto, intervalo, local y operación comercial, documentando...	Diseñar pruebas con tickets anulados, ventas combinadas y retiros simultáneos, observando tasa de...
Recepciones y devoluciones como procesos...	La arquitectura distingue alertas de aumento, reposición interna, recepción documental, devolución...	Revisar guías de remisión, registros de recepción, movimientos internos y trazas de reposición frente a la...
Política de excepciones y supervisión humana	Se requieren colas de revisión con códigos de causa, responsable, fecha de resolución y evidencia...	Auditar una muestra de casos resueltos y medir acuerdo entre supervisores con reglas conocidas.

La Tabla 10 distingue la observación de carga, la venta registrada y las excepciones, con verificaciones que impiden contabilizar dos veces una operación.

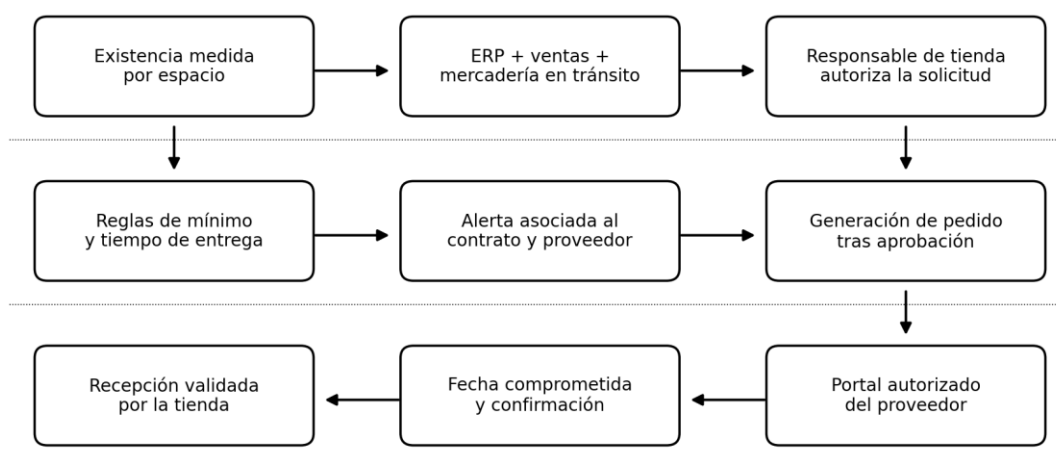
3.2.4 Caso de integración y taller de análisis

Un comprador retira un artículo de una percha y paga después de recorrer la tienda; la ventana de conciliación debe gestionarse sin inferencias forzadas. Por su parte, un ajuste de inventario coincide con dos retiros físicos; el supervisor verifica si corresponden a una operación planificada o a un incidente. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

3.3 Reposición colaborativa y procesos con proveedores

Una alerta de reposición puede mejorar la disponibilidad, pero no constituye una orden firme por sí misma. El apartado estudia el circuito de autorización entre tienda y proveedor y los límites contractuales de las señales que recibe cada actor. La Figura 11 ordena las etapas de aviso, revisión y autorización comercial de la reposición.

REPOSICIÓN AUTORIZADA ENTRE TIENDA Y DISTRIBUIDOR



La señal de bajo stock no equivale a una venta ni a un pedido firme.

Figura 11. Secuencia de reposición colaborativa autorizada por la tienda

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

3.3.1 Reposición orientada a disponibilidad

La meta operativa es sostener la presencia del artículo frente al cliente, no generar pedidos a partir de cualquier oscilación del sensor. Una alerta de percha vacía puede requerir traslado desde bodega, no compra externa; confundir ambos casos aumenta costos de inventario.

La política de alerta utiliza mínimo de exhibición, existencias verificadas, mercadería en tránsito, tiempo de suministro y prioridad asignada. El procedimiento de evaluación consiste en Simular distintos niveles de stock de reserva y tiempos de entrega para evaluar reglas sin pretender resultados empíricos observados. En una situación de aplicación, una referencia se agota en la exhibición, pero hay doce unidades en trastienda; corresponde activar reposición interna.

3.3.2 Circuito autorizado de comunicación al proveedor

La utilidad de la integración depende de compartir señales oportunas con quien realmente tiene derecho a actuar sobre ellas. Un proveedor no puede convertir unilateralmente una alerta en compromiso de compra; los mensajes requieren estados contractuales propios.

La secuencia incluye detección, cotejo de stock, validación de la tienda, alerta dirigida, propuesta comercial y confirmación de pedido cuando proceda. El procedimiento de evaluación consiste en Probar ciclos de aprobación, rechazo, vencimiento y cancelación con histórico verificable de comunicaciones. En una situación de aplicación, el distribuidor recibe una alerta, propone entrega para el día siguiente y espera autorización del comprador del establecimiento.

3.3.3 Planificación colaborativa y métricas de servicio

La relación entre tienda, operador logístico y fabricante exige indicadores compatibles para discutir faltantes sin trasladar toda la responsabilidad a una parte. Los indicadores deben diferenciar falta de suministro, error de lectura, producto mal colocado y negociación comercial.

Puede analizarse cumplimiento de reposición, tiempo de quiebre y efectividad de la respuesta, desagregados por artículo y ubicación. El procedimiento de evaluación consiste en Establecer un protocolo de atribución que use bitácoras y comprobantes, además de comparar períodos operativos equivalentes. En una situación de aplicación, la disponibilidad se reduce en una campaña especial; la interpretación necesita contemplar aumentos de demanda y plazos pactados.

Tabla 11

Matriz operativa del apartado 3.3: decisiones y evidencia

Ambito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Reposición orientada a disponibilidad	La política de alerta utiliza mínimo de exhibición, existencias verificadas, mercadería en...	Simular distintos niveles de stock de reserva y tiempos de entrega para evaluar reglas sin pretender...
Circuito autorizado de comunicación al proveedor	La secuencia incluye detección, cotejo de stock, validación de la tienda, alerta dirigida,...	Probar ciclos de aprobación, rechazo, vencimiento y cancelación con histórico verificable de comunicaciones.
Planificación colaborativa y métricas de...	Puede analizarse cumplimiento de reposición, tiempo de quiebre y efectividad de la respuesta,...	Establecer un protocolo de atribución que use bitácoras y comprobantes, además de comparar períodos...

La Tabla 11 presenta las decisiones del circuito de reposición colaborativa; las notificaciones no deben convertirse automáticamente en pedidos sin autorización.

3.3.4 Caso de integración y taller de análisis

Una referencia se agota en la exhibición, pero hay doce unidades en trastienda; corresponde activar reposición interna. Por su parte, la disponibilidad se reduce en una campaña especial; la interpretación necesita contemplar aumentos de demanda y plazos pactados. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

3.4 Seguridad de dispositivos y permisos empresariales

Los módulos de una tienda no deben compartir indiscriminadamente credenciales ni datos. Esta sección examina autenticación, permisos por organización, bitácoras y medidas de recuperación que preserven la trazabilidad ante incidentes. La Figura 12 reúne las fronteras de acceso entre los dispositivos y los distintos actores empresariales.

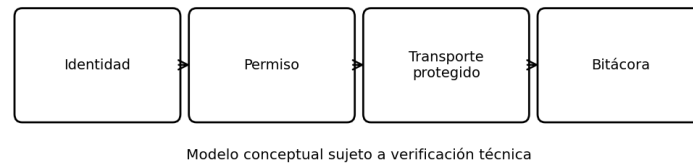


Figura 12. Secuencia conceptual de seguridad de dispositivos y permisos empresariales

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

3.4.1 Identidad digital de equipos y usuarios

Una percha conectada forma parte de la superficie de exposición informática y requiere controles proporcionales al entorno donde opera. Credenciales compartidas permiten cambios no atribuibles y debilitan la trazabilidad de calibraciones y asignaciones.

Cada módulo dispone de identidad, autenticación, autorización mínima, inventario de firmware y proceso de revocación; las cuentas de operador son nominales. El procedimiento de evaluación consiste en Ejecutar pruebas de acceso denegado, reinstalación y pérdida de equipo, documentando comportamiento ante credenciales inválidas. En una situación de aplicación, un técnico cambia de compañía y pierde acceso; el dispositivo permanece operativo con claves que no dependen de esa cuenta personal.

3.4.2 Integridad, cifrado y registros de auditoría

Un tercero podría alterar alertas, borrar evidencias o suplantar un módulo si la comunicación y la persistencia carecen de controles. Cifrar el enlace no evita por sí solo que un usuario con exceso de privilegios cambie el histórico de datos.

Se protege el transporte, se valida el origen del evento y se conservan bitácoras con controles de acceso, fecha y responsable. El procedimiento de evaluación consiste en Verificar detección de modificaciones, autenticidad de mensajes y reconstrucción de una intervención sin privilegios administrativos impropios. En una situación de aplicación, una estación desconocida intenta publicar un evento usando el identificador de una bandeja legítima y la pasarela lo rechaza.

3.4.3 Protección de datos y segmentación comercial

Los contratos de exhibición generan información competitiva aun cuando el sensor no capture directamente datos personales de los compradores. El uso de cámaras o identificadores personales implicaría obligaciones adicionales que esta arquitectura no necesita asumir por defecto.

Los proveedores deben recibir únicamente campos autorizados; se recomienda segmentar la información por compañía, finalidad y tiempo de retención. El procedimiento de evaluación consiste en Auditar permisos con cuentas de prueba, comprobar expiración de accesos y revisar la minimización de cada respuesta de API. En una situación de aplicación, una marca conoce el quiebre de sus productos, pero no obtiene las ventas ni las condiciones negociadas de la marca vecina.

Tabla 12

Matriz operativa del apartado 3.4: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Identidad digital de equipos y usuarios	Cada módulo dispone de identidad, autenticación, autorización mínima, inventario de firmware y...	Ejecutar pruebas de acceso denegado, reinstalación y pérdida de equipo, documentando comportamiento ante...
Integridad, cifrado y registros de auditoría	Se protege el transporte, se valida el origen del evento y se conservan bitácoras con controles de...	Verificar detección de modificaciones, autenticidad de mensajes y reconstrucción de una intervención sin...
Protección de datos y segmentación comercial	Los proveedores deben recibir únicamente campos autorizados; se recomienda segmentar la información...	Auditar permisos con cuentas de prueba, comprobar expiración de accesos y revisar la minimización de cada...

Los controles de identidad, cifrado y permisos se sintetizan en la Tabla 12. Su eficacia deberá comprobarse mediante pruebas específicas de acceso y auditoría.

3.4.4 Caso de integración y taller de análisis

Un técnico cambia de compañía y pierde acceso; el dispositivo permanece operativo con claves que no dependen de esa cuenta personal. Por su parte, una marca conoce el quiebre de sus productos, pero no obtiene las ventas ni las condiciones negociadas de la marca vecina. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

CAPÍTULO 4. VERIFICACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y PROTECCIÓN DEL DESARROLLO

Esta unidad final explica cómo pasar de una arquitectura razonada a una solución sometida a evaluación. La validación necesita protocolos metrológicos, modelo de responsabilidades. También exige estudiar mantenimiento, costos de vida útil y riesgos de expansión.

El cierre examina la documentación técnica y las condiciones que deben preceder una eventual solicitud de protección industrial. Se insiste en que la novedad no se presume: debe investigarse frente al estado de la técnica, describirse con precisión y protegerse antes de una difusión que pueda perjudicar el expediente.

Propósito y orientación del capítulo

Al concluir los cuatro apartados principales de este capítulo, el lector estará en condiciones de interpretar los componentes del sistema, distinguir evidencia e inferencia, formular preguntas de ingeniería y seleccionar verificaciones proporcionales al problema. Se recomienda consultar las figuras como modelos de diseño y las tablas como instrumentos de trabajo; ninguno de estos materiales constituye, por sí mismo, prueba de rendimiento alcanzado.

4.1 Diseño de ensayos y validación funcional

La exactitud metrológica y la calidad del clasificador son propiedades distintas. La evaluación debe medirlas por separado, con masas de referencia, movimientos controlados y fallos provocados bajo procedimientos reproducibles. La Figura 13 diferencia las etapas de preparación y ejecución del plan de validación.

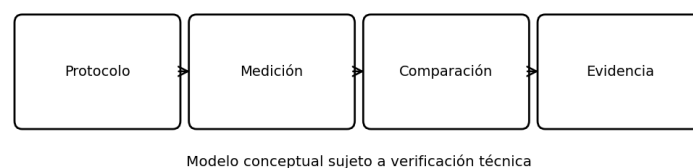


Figura 13. Secuencia conceptual de diseño de ensayos y validación funcional

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

4.1.1 Protocolo metrológico de caracterización

Una especificación técnica sin ensayos cuantificados no permite declarar exactitud, sensibilidad ni robustez de la solución propuesta. Los valores de tolerancia no deben fijarse como resultados de fabricación antes de conocer la variabilidad de las piezas reales.

El plan comienza por masas de referencia, posiciones centro-esquinas-bordes, cargas ascendentes y descendentes, registro ambiental y repeticiones. El procedimiento de evaluación consiste en Preparar planillas de medición y calcular error absoluto, relativo, dispersión y diferencias por posición para cada módulo. En una situación de aplicación, un prototipo responde bien con carga centrada y mal en la esquina; se devuelve la revisión al soporte mecánico antes de modificar el algoritmo.

4.1.2 Verificación del clasificador de eventos

El desempeño del sistema se juzga respecto de interacciones observadas y no solo mediante el número de alertas que produce. La precisión elevada puede coexistir con baja exhaustividad si el sistema omite eventos pequeños; ambas medidas deben reportarse.

Se plantea un registro de verdad de referencia con retiros, devoluciones, reposiciones, manipulación y falsas perturbaciones para calcular métricas de clasificación. El procedimiento de evaluación consiste en Comparar predicciones frente a observación humana controlada, con matriz de confusión y desglose por escenario. En una situación de aplicación, en cuarenta interacciones observadas, varias son simples vibraciones; el clasificador debe identificarlas sin inflar el conteo de ventas.

4.1.3 Ensayos de interrupción y recuperación

Las pruebas de laboratorio en condiciones ideales ocultan fallos de continuidad que suelen aparecer al desplegar muchos dispositivos. Que el dispositivo vuelva a encender no prueba que la información sea íntegra ni que la conciliación se haya completado.

El protocolo considera pérdida de red, reinicios, falta de energía, cola saturada, desfase de reloj y mensajes repetidos. El procedimiento de evaluación consiste en Comprobar secuencias e identificadores antes y después de cada

interrupción, así como inconsistencias pendientes de resolver. En una situación de aplicación, el módulo reinicia durante una reposición parcial y reconstruye los mensajes pendientes sin volver a generar la misma alerta.

Tabla 13

Matriz operativa del apartado 4.1: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Protocolo metrológico de caracterización	El plan comienza por masas de referencia, posiciones centro-esquinas-bordes, cargas ascendentes y...	Preparar planillas de medición y calcular error absoluto, relativo, dispersión y diferencias por posición...
Verificación del clasificador de eventos	Se plantea un registro de verdad de referencia con retiros, devoluciones, reposiciones,...	Comparar predicciones frente a observación humana controlada, con matriz de confusión y desglose por...
Ensayos de interrupción y recuperación	El protocolo considera pérdida de red, reinicios, falta de energía, cola saturada, desfase de reloj...	Comprobar secuencias e identificadores antes y después de cada interrupción, así como inconsistencias...

La Tabla 13 delimita las pruebas metrológicas y funcionales, separando los indicadores de medición de los resultados del clasificador de eventos.

4.1.4 Caso de integración y taller de análisis

Un prototipo responde bien con carga centrada y mal en la esquina; se devuelve la revisión al soporte mecánico antes de modificar el algoritmo. Por su parte, el módulo reinicia durante una reposición parcial y reconstruye los mensajes pendientes sin volver a generar la misma alerta. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

4.2 Despliegue piloto, soporte y adopción

Una instalación piloto necesita preparar operarios, inventarios, soportes y atención a incidencias antes de ampliar el número de módulos. Se proponen pasos de despliegue y responsabilidades que podrían verificarse en establecimientos colaboradores. La Figura 14 representa la secuencia prevista para preparar la instalación y el soporte del piloto.

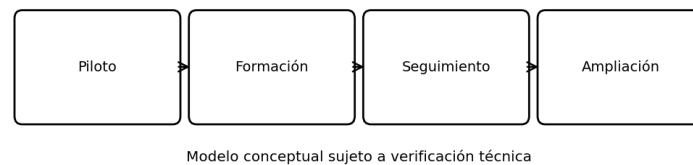


Figura 14. Secuencia conceptual de despliegue piloto, soporte y adopción

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

4.2.1 Plan de instalación progresiva

Implementar todas las perchas de un comercio sin caracterizar una muestra dificulta distinguir errores de diseño de problemas del entorno. El personal puede alterar involuntariamente el desempeño si cambia distribución de productos o retira conexiones durante limpieza.

La puesta en marcha se plantea por fases: levantamiento, selección de ubicaciones, montaje, calibración, piloto, integración y ampliación. El procedimiento de evaluación consiste en Definir criterios de salida de cada fase y registrar incidencias, tiempos de montaje y capacitación real. En una situación de aplicación, el primer piloto utiliza posiciones de masas contrastantes antes de considerar artículos livianos o exhibiciones móviles.

4.2.2 Responsabilidades de operación y soporte

La tecnología involucra al comerciante, desarrollador de software, integrador mecánico-electrónico y proveedor, con decisiones que no deben quedar implícitas. El proveedor de mercancía no debería administrar credenciales técnicas por defecto, ni un técnico modificar transacciones comerciales.

Un mapa RACI asigna responsables para calibración, actualización, contrato, revisión de excepciones, mantenimiento y custodia de registros. El procedimiento de evaluación consiste en Ensayar solicitudes de cambio y verificar que el flujo de aprobación sigue la matriz de autorizaciones definida. En una situación de aplicación, una avería nocturna se reporta al integrador, mientras el jefe de tienda mantiene el control de ajustes de inventario.

4.2.3 Formación y adopción por los trabajadores

La automatización de señales puede fracasar cuando sus usuarios interpretan las alertas como órdenes inequívocas o como controles individuales de desempeño. Conviene evitar métricas de trabajadores basadas exclusivamente en detecciones instrumentales, sobre todo si las condiciones no han sido validadas.

La capacitación aborda significado de estado físico, observación pendiente, venta confirmada, falla de sensor y reposición autorizada. El procedimiento de evaluación consiste en Aplicar ejercicios de interpretación, documentar errores frecuentes y revisar procedimientos luego del piloto. En una situación de aplicación, el operador ve una percha en rojo y aprende a revisar disponibilidad en bodega antes de iniciar un reclamo al proveedor.

Tabla 14

Matriz operativa del apartado 4.2: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Plan de instalación progresiva	La puesta en marcha se plantea por fases: levantamiento, selección de ubicaciones, montaje,...	Definir criterios de salida de cada fase y registrar incidencias, tiempos de montaje y capacitación real.
Responsabilidades de operación y soporte	Un mapa RACI asigna responsables para calibración, actualización, contrato, revisión de...	Ensayar solicitudes de cambio y verificar que el flujo de aprobación sigue la matriz de autorizaciones...
Formación y adopción por los trabajadores	La capacitación aborda significado de estado físico, observación pendiente, venta confirmada, falla...	Aplicar ejercicios de interpretación, documentar errores frecuentes y revisar procedimientos luego del...

La Tabla 14 propone verificaciones para instalación, formación y soporte durante un piloto, antes de extender el sistema a otras posiciones comerciales.

4.2.4 Caso de integración y taller de análisis

El primer piloto utiliza posiciones de masas contrastantes antes de considerar artículos livianos o exhibiciones móviles. Por su parte, el operador ve una percha en rojo y aprende a revisar disponibilidad en bodega antes de iniciar un reclamo al proveedor. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

4.3 Evaluación económica y ciclo de vida

El costo de adopción incluye soporte, mantenimiento, reposición de piezas y formación, además del módulo físico. El análisis económico se presenta como

una estructura para estimar escenarios; no se presupone un ahorro demostrado. La Figura 15 muestra los componentes del análisis económico a lo largo de la vida útil del sistema.

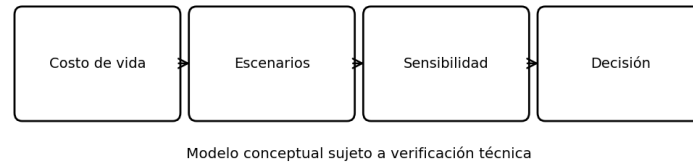


Figura 15. Secuencia conceptual de evaluación económica y ciclo de vida

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

4.3.1 Estructura de costos del sistema modular

El valor económico de una solución depende de inversión inicial, recambios, conectividad, soporte y ahorro comprobable, no solo del precio de sus sensores. No deben atribuirse retornos de inversión sin establecer un escenario base y costos de procesos que efectivamente se sustituyen.

El presupuesto desagrega soportes, celdas, electrónica, cableado, firmware, pasarelas, instalación, calibración y mantenimiento. El procedimiento de evaluación consiste en Elaborar análisis de sensibilidad con distintas tasas de avería, duración de instalación y reducción hipotética de quiebres. En una situación de aplicación, una tienda estudia equipar cien posiciones; compara módulos reparables contra placas desechables e incluye el tiempo de reposición técnica.

4.3.2 Escalamiento y mantenimiento de la calidad

El comportamiento de cinco prototipos no representa automáticamente el de cientos de posiciones sujetas a vibración y múltiples operadores. La heterogeneidad de pesos, góndolas y proveedores aumenta el trabajo de integración y puede exponer puntos débiles de compatibilidad.

La estrategia de ampliación incluye monitoreo de calidad de señal, lote de fabricación, versiones y procedimientos de sustitución controlada. El procedimiento de evaluación consiste en Comparar por lotes las tasas de excepción, deriva de calibración y tiempo de recuperación antes de replicar la instalación. En una situación de aplicación, una nueva tienda usa un modelo

distinto de mobiliario; se reevalúa la fijación mecánica en lugar de asumir equivalencia sin pruebas.

4.3.3 Sostenibilidad material y ciclo de vida

Los equipos conectados producen residuos y consumo energético; una innovación comercial no se justifica si exige recambios innecesarios. La durabilidad mecánica debe ponderarse frente a acceso para mantenimiento; el adhesivo permanente podría impedir el reemplazo de una celda.

El diseño considera reemplazo de módulos, reparación de conectores, actualizaciones y selección responsable de materiales, con registros de vida útil. El procedimiento de evaluación consiste en Evaluar consumo por modo operativo y desmontaje al final de vida, aclarando que toda cifra dependerá de ensayos reales. En una situación de aplicación, la empresa prefiere sustituir una pieza de soporte dañada en lugar de descartar toda la bandeja electrónica.

Tabla 15

Matriz operativa del apartado 4.3: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Estructura de costos del sistema modular	El presupuesto desagrega soportes, celdas, electrónica, cableado, firmware, pasarelas, instalación,...	Elaborar análisis de sensibilidad con distintas tasas de avería, duración de instalación y reducción...
Escalamiento y mantenimiento de la calidad	La estrategia de ampliación incluye monitoreo de calidad de señal, lote de fabricación, versiones y...	Comparar por lotes las tasas de excepción, deriva de calibración y tiempo de recuperación antes de replicar...
Sostenibilidad material y ciclo de vida	El diseño considera reemplazo de módulos, reparación de conectores, actualizaciones y selección...	Evaluar consumo por modo operativo y desmontaje al final de vida, aclarando que toda cifra dependerá de...

La Tabla 15 diferencia el costo inicial de los gastos recurrentes y de mantenimiento, sin convertir estimaciones en ahorros demostrados.

4.3.4 Caso de integración y taller de análisis

Una tienda estudia equipar cien posiciones; compara módulos reparables contra placas desechables e incluye el tiempo de reposición técnica. Por su parte, la empresa prefiere sustituir una pieza de soporte dañada en lugar de descartar toda la bandeja electrónica. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

4.4 Innovación, documentación técnica y estrategia de patente

La memoria técnica debe describir lo que realmente se ha diseñado y permitir diferenciar una combinación concreta frente a soluciones conocidas. Se examinan antecedentes, documentación habilitante y cautelas para publicar sin afirmar una protección jurídica inexistente. La Figura 16 relaciona la documentación técnica con el examen de antecedentes y la eventual presentación de una solicitud de patente.

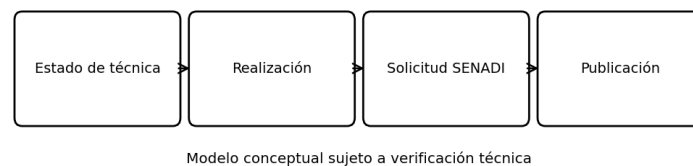


Figura 16. Secuencia conceptual de innovación, documentación técnica y estrategia de patente

Fuente: elaboración y adaptación técnica a partir de la arquitectura de trabajo de los autores (2026).

4.4.1 Estado de la técnica y diferenciación responsable

La mera presencia de una celda de carga conectada a la nube no constituye una reivindicación sólida porque existen antecedentes académicos y soluciones de mercado. La descripción del libro no debe utilizar términos como patentado o exclusivo mientras no exista resolución que los respalde.

La búsqueda debe identificar documentos cercanos y precisar qué combinación funcional específica produce una mejora técnica comprobable. El procedimiento de evaluación consiste en Comparar reivindicaciones potenciales con antecedentes de sensores, módulos desacoplados, conciliación y continuidad de eventos. En una situación de aplicación, un antecedente detecta producto retirado mediante peso; el equipo examina si su solución concreta resuelve de otra manera una limitación mecánica no tratada.

4.4.2 Memoria técnica frente al discurso divulgativo

El libro explica conceptos, metodología y posibilidades comerciales; una memoria de patente debe habilitar la ejecución y formular reivindicaciones precisas. Un texto promocional puede exagerar beneficios y crear contradicciones con el alcance finalmente reivindicado en un expediente.

Es indispensable mantener dibujos consistentes, referencias numéricas, realizaciones alternativas y evidencia de las características efectivamente implementadas. El procedimiento de evaluación consiste en Revisar correspondencia entre planos, prototipo, ensayos, memoria descriptiva y manuscrito editorial antes de divulgar. En una situación de aplicación, los autores describen el sistema como propuesta en validación; el especialista electrónico identifica qué conexiones ya se ejecutaron y cuáles siguen en diseño.

4.4.3 Secuencia de protección, investigación y publicación

La divulgación pública de información técnica antes de presentar una solicitud puede comprometer la novedad en distintas jurisdicciones. La coautoría del libro, la condición de inventor y la titularidad de la patente son figuras jurídicas distintas que deben verificarse por separado.

La ruta prudente comprende búsqueda de antecedentes, depuración de inventores y titulares, decisión de protección, presentación en SENADI y publicación editorial posterior. El procedimiento de evaluación consiste en Documentar acuerdos de confidencialidad, fechas de versiones, contribuciones técnicas y constancia de radicación antes de distribuir el manuscrito. En una situación de aplicación, el texto se deja listo para edición, pero su puesta pública se difiere hasta que los titulares revisen la estrategia de patente.

Tabla 16

Matriz operativa del apartado 4.4: decisiones y evidencia

Ámbito	Decisión de diseño	Verificación prevista
Estado de la técnica y diferenciación...	La búsqueda debe identificar documentos cercanos y precisar qué combinación funcional específica...	Comparar reivindicaciones potenciales con antecedentes de sensores, módulos desacoplados, conciliación y...
Memoria técnica frente al discurso divulgativo	Es indispensable mantener dibujos consistentes, referencias numéricas, realizaciones alternativas y...	Revisar correspondencia entre planos, prototipo, ensayos, memoria descriptiva y manuscrito editorial antes...
Secuencia de protección, investigación y...	La ruta prudente comprende búsqueda de antecedentes, depuración de inventores y titulares, decisión...	Documentar acuerdos de confidencialidad, fechas de versiones, contribuciones técnicas y constancia de...

La Tabla 16 vincula el estado de la técnica, la documentación del diseño y la estrategia de protección intelectual con evidencias que aún deben confirmarse.

4.4.4 Caso de integración y taller de análisis

Un antecedente detecta producto retirado mediante peso; el equipo examina si su solución concreta resuelve de otra manera una limitación mecánica no tratada. Por su parte, el texto se deja listo para edición, pero su puesta pública se difiere hasta que los titulares revisen la estrategia de patente. Se propone construir un registro temporal de las observaciones, separar decisiones físicas de operaciones POS/ERP y justificar qué información adicional necesita un supervisor para resolver las excepciones.

Conclusiones generales

1. La arquitectura propuesta permite observar mercancías por posición y diferenciar presencia material, evento registrado y operación comercial validada.
2. El aislamiento mecánico y la calibración son condiciones del desempeño del sensor, no detalles secundarios. Sin ensayos de carga centrada, periférica e interferencia lateral, la exactitud no puede darse por acreditada.
3. El motor de eventos debe preservar transiciones, diagnósticos y estados pendientes. La conciliación con POS y ERP es la vía responsable para impedir que una retirada se clasifique directamente como venta.
4. La continuidad exige identificadores persistentes, almacenamiento local y sincronización idempotente, cuya ausencia de duplicados debe verificarse.
5. La reposición colaborativa resulta pertinente cuando respeta permisos, contrato y autorización del comercio. Una alerta de bajo stock no equivale a una orden de compra ni concede acceso global al proveedor.
6. La evaluación final requiere fabricación, ensayos de laboratorio, piloto y revisión del estado de la técnica. El manuscrito documenta un diseño en desarrollo, no una patente concedida ni una eficacia demostrada.

Recomendaciones técnicas y editoriales

1. Validar con el integrador técnico la configuración mecánica, las conexiones, la alimentación y las protecciones antes de fijarlas como planos definitivos.
2. Diseñar un protocolo de ensayos que incluya masas conocidas, histéresis, deriva, interferencia lateral y manipulación habitual de productos.
3. Someter el clasificador a una verdad de referencia observacional y publicar medidas de precisión y exhaustividad solo cuando existan datos verificables.
4. Conservar versiones de firmware y calibración, así como historiales originales de observaciones y decisiones de operadores.
5. Implementar pilotos por grupos de productos y tiendas, documentando fallas y costos reales antes de extrapolar resultados.

6. Revisar contribuciones inventivas, titularidad y divulgaciones previas con un especialista en propiedad industrial; presentar la solicitud correspondiente antes de publicar el libro si esa es la estrategia elegida.

Referencias bibliográficas

- DeHoratius, N., & Raman, A. (2008). Inventory record inaccuracy: An empirical analysis. *Management Science*, 54(4), 627–641. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0789>
- DeHoratius, N., Mersereau, A. J., & Schrage, L. (2008). Retail inventory management when records are inaccurate. *Manufacturing & Service Operations Management*, 10(2), 257–277. <https://doi.org/10.1287/msom.1070.0203>
- Fagan, M., Megas, K., Marron, J., Brady, K., Cuthill, B., Herold, R., Lemire, D., & Hoehn, N. (2021). IoT device cybersecurity guidance for the federal government: Establishing IoT device cybersecurity requirements (NIST SP 800-213). NIST. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-213>
- Fagan, M., Megas, K., Scarfone, K., & Smith, M. (2020). IoT device cybersecurity capability core baseline (NIST IR 8259A). National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8259A>
- GS1. (2022). EPCIS and CBV 2.0 standards. <https://ref.gs1.org/standards/epcis/2.0.0/>
- GS1. (s. f.). GTIN Management Standard. <https://www.gs1.org/1/gtinrules/en/>
- International Organization for Standardization & International Electrotechnical Commission. (2023). ISO/IEC 25010:2023: Systems and software engineering—Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)—Product quality model. <https://www.iso.org/standard/78176.html>
- Jose, J. A. C., Bertumen, C. J. B., Roque, M. T. C., Umali, A. E. B., Villanueva, J. C. T., TanAi, R. J., Sybingco, E., San Juan, J., & Gonzales, E. C. (2024). Smart shelf system for customer behavior tracking in supermarkets. *Sensors*, 24(2), 367. <https://doi.org/10.3390/s24020367>
- Megas, K., Fagan, M., Marron, J., Brady, K., Cuthill, B., Herold, R., Lemire, D., & Hoehn, N. (2021). IoT device cybersecurity guidance for the federal government: IoT device cybersecurity requirement catalog (NIST SP 800-213A). NIST. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-213A>

OASIS. (2019). MQTT version 5.0 (OASIS Standard). <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html>

Servicio Nacional de Derechos Intelectuales. (s. f.). Dirección Técnica de Patentes: Servicios. <https://www.derechosintelectuales.gob.ec/direccion-tecnica-e-patentes/>

World Intellectual Property Organization. (2023). Patent drafting manual (2nd ed.). <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-867-23-en-wipo-patent-drafting-manual.pdf>

World Intellectual Property Organization. (s. f.). Frequently asked questions: Patents. https://www.wipo.int/en/web/patents/faq_patents

Glosario técnico

ADC. Convertidor analógico-digital que transforma la señal analógica acondicionada en datos manejables por un controlador.

Alerta. Mensaje que informa una condición que podría requerir evaluación o actuación autorizada.

Asignación comercial. Relación vigente entre una posición, un artículo, un proveedor y las condiciones de exhibición.

Bitácora. Registro cronológico que permite reconstruir cambios, accesos, fallos y decisiones.

Calibración. Procedimiento de comparación y ajuste asociado con referencias conocidas y documentadas.

Celda de carga. Transductor que convierte una fuerza aplicada en una señal eléctrica.

Conciliación. Proceso que contrasta observaciones físicas con operaciones verificables de otro sistema.

Deduplicación. Mecanismo que reconoce un evento previamente procesado para impedir su aplicación repetida.

Deriva. Variación de la respuesta instrumental bajo condiciones que deberían ser estables.

ERP. Sistema de planificación de recursos empresariales empleado para inventarios, recepciones y otras operaciones.

Evento pendiente. Transición observada cuya interpretación comercial todavía no está confirmada.

Event UUID. Identificador único propuesto para reconocer y deduplicar un evento.

Firmware. Programa operativo integrado en el controlador electrónico.

GTIN. Identificador estandarizado para artículos comerciales, desarrollado por GS1.

Histéresis. Diferencia de lectura para una misma carga según el recorrido de aplicación o retirada.

Idempotencia. Propiedad por la cual procesar nuevamente una operación no produce un efecto adicional.

IoT. Internet de las cosas; red de dispositivos físicos con capacidad de medición y comunicación.

Latencia. Tiempo transcurrido entre un suceso de origen y una salida o notificación definida.

Módulo. Conjunto físico de bandeja, transductor y elementos asociados con identidad propia.

MQTT. Protocolo de mensajería publicación/suscripción normalizado por OASIS.

POS. Sistema de punto de venta utilizado como fuente de transacciones confirmadas.

Proveedor autorizado. Empresa cuyo contrato y permisos vigentes habilitan un acceso específico.

Reposición. Proceso de restablecer mercancía en exhibición o en existencias conforme a registros autorizados.

SKU. Referencia interna de artículo que identifica un producto comercial en el contexto de una organización.

Slot. Posición física de exhibición con identidad estable dentro de la arquitectura.

Tara. Valor de referencia que se descuenta para interpretar la masa neta en un sistema de medición.

Topología. Disposición de conexiones y dispositivos en un sistema de comunicación.

Trazabilidad. Capacidad de reconstruir el origen, la secuencia y los responsables de un hecho registrado.

Umbral de estabilidad. Condición que determina cuándo una lectura puede consolidarse como suficientemente estable.

Versión de calibración. Identificador del conjunto de parámetros utilizados para interpretar lecturas en un periodo.

ANEXO A. Ficha de identificación del módulo

Tabla 17

Plantilla de ficha de identificación del módulo

Campo de control	Registro requerido
Identificador del módulo	_____
Código de posición	_____
Lugar de instalación	_____
Artículo / presentación	_____
Serie de transductor	_____
Fecha y responsable	_____

La Tabla 17 establece los campos necesarios para identificar el módulo y conservar el historial de asignaciones.

La ficha se completa antes de iniciar una campaña de medición y se actualiza cuando existe traslado, sustitución de pieza o modificación de configuración. No debe sobreescribirse el identificador histórico de lecturas previas.

ANEXO B. Registro de calibración

Tabla 18

Plantilla de registro de calibración

Campo de control	Registro requerido
Equipo de referencia	_____
Calibración ID	_____
Cargas usadas	_____
Temperatura / condición	_____
Error observado	_____
Firma responsable	_____

La Tabla 18 ordena el registro de tara, patrones de peso y resultados de calibración.

Se consignan series ascendente y descendente, dispersión entre repeticiones y decisión de conformidad, con criterios aprobados antes del ensayo. El registro acompaña la versión de firmware.

ANEXO C. Protocolo de manipulación controlada

Tabla 19

Plantilla de protocolo de manipulación controlada

Campo de control	Registro requerido
Escenario de ensayo	Retiro / devolución / reposición / vibración
Cantidad real observada	_____
Hora y slot	_____
Salida del sensor	_____
Clasificación del motor	_____
Discrepancia y causa	_____

La Tabla 19 identifica los datos mínimos para reconstruir cada episodio de manipulación controlada.

La verdad de referencia se registra de forma independiente del algoritmo. Se incluyen episodios sin venta y manipulaciones ambiguas para valorar falsos positivos y omisiones.

ANEXO D. Matriz de conciliación POS/ERP

Tabla 20

Plantilla de matriz de conciliación pos/erp

Campo de control	Registro requerido
event_uuid	_____
SKU / GTIN	_____
Referencia POS	_____
Referencia ERP	_____
Resultado	Confirmado / pendiente / excepción
Acción y autorización	_____

La Tabla 20 ayuda a documentar coincidencias y discrepancias entre los eventos físicos y los movimientos POS/ERP.

La matriz distingue resultados de emparejamiento y conserva la fuente que respalda cada decisión. La mera correlación temporal no equivale a confirmación de venta.

ANEXO E. Control de permisos de proveedor

Tabla 21

Plantilla de control de permisos de proveedor

Campo de control	Registro requerido
supplier_id	_____
Contrato / vigencia	_____
SKU autorizados	_____
Campos visibles	_____
Operación permitida	_____
Revocación / responsable	_____

La Tabla 21 permite registrar la vigencia de las autorizaciones concedidas a cada proveedor.

Ningún contrato debe conferir acceso automático a información global del establecimiento; cada permiso se verifica contra su vigencia y finalidad.

ANEXO F. Plan de pruebas de resiliencia

Tabla 22

Plantilla de plan de pruebas de resiliencia

Campo de control	Registro requerido
Falla inducida	Red / energía / reinicio / cola
Estado anterior	_____
Eventos pendientes	_____
Eventos recuperados	_____
Duplicados aplicados	_____
Observación / decisión	_____

La Tabla 22 estructura las pruebas de desconexión, persistencia local y recuperación del sistema.

Una recuperación satisfactoria exige concordancia entre entradas registradas, acuses y aplicaciones finales, sin pérdida oculta ni duplicación.

ANEXO G. Registro de incidentes y mantenimiento

Tabla 23

Plantilla de registro de incidentes y mantenimiento

Campo de control	Registro requerido
Fecha / lugar	_____
Módulo / slot	_____
Descripción del fallo	_____
Intervención técnica	_____
Nueva calibración	Sí / No / no aplicable
Responsable y cierre	_____

La Tabla 23 facilita la trazabilidad de incidentes, intervenciones y sustituciones de componentes.

Todo cambio de componentes debe reflejarse en la trazabilidad del equipo y en las verificaciones posteriores a la reparación.

ANEXO H. Guía de revisión previa a publicación

Tabla 24

Plantilla de guía de revisión previa a publicación

Campo de control	Registro requerido
Solicitud de patente	Presentada / pendiente de decisión
Búsqueda de antecedentes	Documentada / pendiente
Contribuciones inventivas	Revisadas / pendientes
Planos y versiones	Coherentes / por revisar
Resultados de ensayos	Documentados / no disponibles
Autorización de divulgación	Aprobada / no aprobada

La Tabla 24 reúne las comprobaciones editoriales y técnicas previas a una posible publicación.

El equipo editor no debe reemplazar con suposiciones los datos legales o técnicos faltantes. Se recomienda coordinación con especialista en propiedad industrial antes de difusión externa.

APÉNDICE I. Fichas técnicas del sistema modular (FT-01 a FT-36)

Las 36 fichas siguientes detallan funciones, interfaces, ensayos previstos, documentos de prueba y parámetros pendientes de selección. Su diseño corresponde a la especificación conceptual cerrada el 10 de octubre de 2026. Los campos de resultado indican controles pendientes; no constituyen informes de pruebas ejecutadas.

FT-01 | Arquitectura general y fronteras del sistema

FAMILIA: SISTEMA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-01

Propósito y alcance funcional

Integrar observación física por espacio de percha, procesamiento de eventos, conciliación informática y comunicación comercial autorizada, sin equiparar una retirada de producto con una venta.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Capas funcionales	Mecánica; adquisición; motor local; integración ERP/POS; servicios comerciales.	Definido
Unidad observada	Una posición individual de exhibición identificada.	Definido
Persistencia local	Conservar cambios cuando falte conectividad externa.	Definido
Resultado comercial	Alerta o decisión condicionada a reglas, permisos y conciliación.	Definido
Topología y capacidad total	Cantidad de módulos, nodos y tiendas soportadas.	Por definir

Interfaces y dependencias

Bandeja/estante → controlador local → red/pasarela → servicios de integración → POS, ERP y proveedores.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
01.1	Comprobar la trazabilidad de una posición desde la lectura hasta la clasificación del evento.	Conforme / no conforme / pendiente
01.2	Verificar que una retirada sin transacción POS no se contabiliza como venta.	Conforme / no conforme / pendiente
01.3	Interrumpir red externa y revisar continuidad de observaciones sin crear duplicados.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Diagrama de arquitectura firmado; listado de límites; matriz de interfaces; configuración de piloto.

Decisiones pendientes de ingeniería

Número de espacios, diagrama físico de nodos, capacidad de comunicaciones y entorno de instalación.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 1–2; monografía, caps. 2–3

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-02 | Bastidor, soportes y estructura portante

FAMILIA: MECÁNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-02

Propósito y alcance funcional

Sostener bandejas y módulos con estabilidad y preservar la trayectoria mecánica de carga hacia el elemento sensor.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Material estructural	Selección según carga nominal, fabricación, corrosión y mantenimiento.	Por definir
Rigidez	Evitar deformaciones que modifiquen las lecturas o generen contacto cruzado.	Requisito
Anclajes	Documentar puntos de apoyo, fijación y acceso de mantenimiento.	Por definir
Capacidad nominal	Depende de productos y número de espacios.	Por ensayo
Dimensiones del conjunto	Definir con plano acotado del prototipo.	Por definir

Interfaces y dependencias

Enlaza soporte comercial, bases rígidas y bandejas desmontables; no debe puentear los puntos de medición.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
02.1	Aplicar cargas graduales dentro del rango seleccionado y revisar desplazamientos.	Conforme / no conforme / pendiente
02.2	Inspeccionar uniones y holguras después de retirar y colocar bandejas.	Conforme / no conforme / pendiente
02.3	Repetir pesadas con posiciones contiguas cargadas y descargadas.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Plano del bastidor; lista de materiales; ensayo de carga; acta de inspección.

Decisiones pendientes de ingeniería

Aleación, espesores, acabado, uniones, peso propio y ubicación de apoyos.

Trazabilidad documental: Memoria, § 3; monografía, cap. 5

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-03 | Bandeja individual desmontable

FAMILIA: MECÁNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-03

Propósito y alcance funcional

Alojar los productos de una posición comercial y permitir desmontaje sin perder la identidad física ni comprometer el sensor.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Función	Porta-productos desmontable para una posición definida.	Definido
Unión	Mecanismo repetible de acoplamiento a base sensada.	Por definir
Geometría	Compatible con envases y límites de carga del piloto.	Por definir
Protección	Evitar acumulación de líquidos y daños por limpieza.	Requisito
Intercambiabilidad	Evaluar sustitución sin recalibración no controlada.	Por ensayo

Interfaces y dependencias

Se acopla a puntos de transferencia mecánica, conector protegido e identificador de espacio.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
03.1	Ejecutar ciclos de instalación y retirada; comprobar fijación y masa nula.	Conforme / no conforme / pendiente
03.2	Medir la diferencia antes y después de reinstalar bandeja con una carga patrón.	Conforme / no conforme / pendiente
03.3	Inspeccionar facilidad de limpieza y ausencia de contacto lateral.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Plano explotado; procedimiento de retiro; registro de repetibilidad de montaje.

Decisiones pendientes de ingeniería

Dimensiones, material, acabado superficial, tolerancias de acople y cantidad de ciclos.

Trazabilidad documental: Memoria, § 3 y figura 2; monografía, cap. 5

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-04 | Base rígida y transferencia de carga

FAMILIA: MECÁNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-04

Propósito y alcance funcional

Transmitir exclusivamente el peso de una bandeja hacia su propio elemento de medición mediante apoyos definidos.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Ruta mecánica	Bandeja → apoyos → base de distribución → celda de carga.	Definido
Apoyos	Posición y número determinables por geometría de la bandeja.	Por definir
Carga descentrada	Caracterizar centro, bordes y esquinas.	Por ensayo
Contacto parásito	Impedir roces contra bastidor u otras posiciones.	Requisito

Interfaces y dependencias

Contacta el soporte del sensor y los puntos mecánicos del módulo; su diseño condiciona el error de medición.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
04.1	Ensayar una matriz de cargas sobre centro, esquinas y bordes.	Conforme / no conforme / pendiente
04.2	Comprobar histéresis en un ciclo ascendente y descendente.	Conforme / no conforme / pendiente
04.3	Inspeccionar interferencias en recorrido y con bandeja retirada.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Plano de apoyos, cuadrícula de posiciones y matriz de error por punto.

Decisiones pendientes de ingeniería

Cotas de apoyos, nivelación, rigidez, tolerancias y procedimiento de montaje.

Trazabilidad documental: Memoria, § 3 y tabla 2

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-05 | Aislamiento mecánico entre posiciones

FAMILIA: MECÁNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-05

Propósito y alcance funcional

Reducir la transferencia no deseada de fuerzas entre espacios vecinos y evitar falsas atribuciones de peso.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Separación entre módulos	Distancia mínima que preserve independencia de medida.	Por ensayo
Fijaciones	No deberán crear puentes de carga entre posiciones.	Requisito
Cableado	Enrutamiento que no introduzca esfuerzos apreciables sobre el sensor.	Requisito
Verificación cruzada	Cambios en un espacio no deben generar eventos indebidos en otro.	Por ensayo

Interfaces y dependencias

Interfaz física con bastidor, bandejas, arnés flexible y apoyos del sensor.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
05.1	Aplicar carga solo en el espacio A y registrar respuesta de B.	Conforme / no conforme / pendiente
05.2	Repetir ensayo bajo carga total de una fila de bandejas.	Conforme / no conforme / pendiente
05.3	Evaluar variación con cableado conectado y desplazado.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivar

Registro de interferencia lateral; planos de separación y fijación.

Decisiones pendientes de ingeniería

Valor máximo tolerable de interferencia y geometría definitiva.

Trazabilidad documental: Memoria, § 3, tabla 2

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-06 | Topes de sobrecarga y protección ambiental

FAMILIA: MECÁNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-06

Propósito y alcance funcional

Limitar excursiones mecánicas que puedan dañar sensores y reducir el ingreso de líquidos al conjunto.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Topes mecánicos	Evitan desplazamiento excesivo en sobrecarga.	Definido conceptualmente
Sellos/cubiertas	Protegen elementos eléctricos durante limpieza y uso.	Requisito
Nivel de estanqueidad	Se determinará según ambiente real de instalación.	Por definir
Inspección posterior	Comprobar deformación y retorno de cero tras incidente.	Por ensayo

Interfaces y dependencias

Integra bandeja, base sensada, carcasa, conectores y puntos de mantenimiento.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
06.1	Aplicar ensayo de sobrecarga según protocolo aprobado; revisar integridad.	Conforme / no conforme / pendiente
06.2	Verificar que no existe contacto permanente con topes en operación.	Conforme / no conforme / pendiente
06.3	Documentar respuesta a salpicaduras controladas cuando se defina el ambiente.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Plano de topes; informe de seguridad mecánica; registro de inspección.

Decisiones pendientes de ingeniería

Fuerza de actuación, material de sello y procedimiento de limpieza.

Trazabilidad documental: Memoria, § 3

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-07 | Conexión eléctrica desmontable y arnés

FAMILIA: ELECTRÓNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-07

Propósito y alcance funcional

Mantener la continuidad eléctrica y permitir la sustitución de una posición sin comprometer la lectura ni exponer contactos.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Conector	Unión protegida en montaje/desmontaje de bandeja.	Definido conceptualmente
Arnés	Separar alimentación y señal de acuerdo con diseño de ruido.	Por definir
Guía de acoplamiento	Evitar conexión invertida y esfuerzos sobre terminales.	Por definir
Identificación	Etiquetar origen, destino y versión de cableado.	Requisito

Interfaces y dependencias

Celda de carga/ acondicionador ↔ controlador de estante; posible conectividad de servicio.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
07.1	Comprobar continuidad, polaridad y resistencia de contactos.	Conforme / no conforme / pendiente
07.2	Repetir montaje tras limpieza y mantenimiento.	Conforme / no conforme / pendiente
07.3	Evaluar ruido de señal durante vibración o manipulación del cableado.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Esquema de terminales; arnés numerado; lista de verificación de montaje.

Decisiones pendientes de ingeniería

Modelo de conector, grado de protección, calibre de conductor y retención mecánica.

Trazabilidad documental: Memoria, § 3 y figura 2

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-08 | Identificación física de módulos, espacios y artículos

FAMILIA: SISTEMA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-08

Propósito y alcance funcional

Asignar identidad persistente a cada módulo y espacio, vinculando la posición con el artículo, tienda y proveedor autorizado.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
module_id	Identificador de módulo.	Definido
slot_id	Identificador inequívoco de posición.	Definido
SKU	Asociación comercial del artículo, válida por periodo.	Definido
Vigencia	Historial de asignaciones y cambios.	Definido
Etiquetado físico	Material y soporte de lectura por operario.	Por definir

Interfaces y dependencias

Metadatos locales → modelo ERP/administrador de espacios → auditoría y portal autorizado.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
08.1	Reemplazar módulo sin reciclar un identificador en uso.	Conforme / no conforme / pendiente
08.2	Cambiar artículo asignado y verificar conservación del histórico.	Conforme / no conforme / pendiente
08.3	Comprobar correspondencia entre etiqueta física y registro informático.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Inventario maestro de identificadores; acta de asignación y trazabilidad.

Decisiones pendientes de ingeniería

Regla de codificación, longitud de identificadores y soporte físico de etiqueta.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 4, 6–7; tablas 3 y 5

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-09 | Celda de carga por posición

FAMILIA: ELECTRÓNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-09

Propósito y alcance funcional

Convertir esfuerzo mecánico por peso de una posición de percha en una señal eléctrica proporcional tras calibración.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Tecnología prevista	Celda de carga convencional o equivalente adecuado al módulo.	Definido
Capacidad	Compatible con masa de producto y sobrecarga esperada.	Por definir
Exactitud/histéresis	Caracterizar con referencia y ciclos de peso.	Por ensayo
Efectos laterales	Control mediante montaje y verificación por posición.	Por ensayo
Rango térmico	Seleccionar conforme al ambiente real.	Por definir

Interfaces y dependencias

Recibe fuerza de la base rígida; señal eléctrica hacia acondicionamiento y ADC.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
09.1	Medir error de masa en puntos distribuidos de la bandeja.	Conforme / no conforme / pendiente
09.2	Realizar repetibilidad y retorno a cero.	Conforme / no conforme / pendiente
09.3	Registrar deriva durante periodo estabilizado y tras manipulación.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archiversse

Hoja de selección del fabricante; certificado/calibración; curvas de prueba.

Decisiones pendientes de ingeniería

Fabricante y referencia, rango en kg, sensibilidad, error, histéresis y fijación.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 3–4; monografía, cap. 6

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-10 | Acondicionamiento y filtrado analógico

FAMILIA: ELECTRÓNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-10

Propósito y alcance funcional

Proteger y estabilizar la señal de baja amplitud procedente de la celda antes de conversión digital.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Entrada	Señal diferencial del transductor, con excitación estable.	Definido
Filtrado	Supresión de perturbaciones compatible con dinámica de eventos.	Por diseñar
Protección	Prevención de conexión incorrecta y ruido electromagnético.	Por diseñar
Ganancia	Se ajustará a transductor y convertidor seleccionados.	Por definir

Interfaces y dependencias

Celda de carga ↔ acondicionador ↔ convertidor analógico-digital; comparte tierra y alimentación según diseño.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
10.1	Contrastar señal de entrada y salida con carga de referencia.	Conforme / no conforme / pendiente
10.2	Verificar ruido con fuentes de perturbación presentes.	Conforme / no conforme / pendiente
10.3	Confirmar que el filtrado no elimina cambios físicos relevantes.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archiversse

Esquema eléctrico; forma de onda; versión de placa; registro de ruido.

Decisiones pendientes de ingeniería

Circuito, ganancia, filtrado, ancho de banda, tensiones y blindaje.

Trazabilidad documental: Memoria, § 4 y figura 3

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-11 | Conversión analógico–digital (ADC)

FAMILIA: ELECTRÓNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-11

Propósito y alcance funcional

Digitalizar la señal acondicionada de carga con resolución efectiva suficiente para detectar cambios de masa definidos.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Función	Transformación de señal a dato digital para el controlador.	Definido
Resolución efectiva	Determinar por ruido y masa unitaria, no solo bits nominales.	Por ensayo
Frecuencia de muestreo	Equilibrar estabilidad, consumo y latencia.	Por definir
Interfaz digital	Seleccionar según controlador y distancias.	Por definir

Interfaces y dependencias

Entrada de acondicionamiento ↔ bus digital hacia microcontrolador.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
11.1	Evaluar dispersión en carga constante.	Conforme / no conforme / pendiente
11.2	Comparar cambios mínimos observables frente a artículos reales.	Conforme / no conforme / pendiente
11.3	Detectar saturación y errores de comunicación.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archiversse

Ficha del ADC seleccionado; registro de resolución efectiva; prueba de bus.

Decisiones pendientes de ingeniería

Modelo, bits efectivos, tasa de muestras, ruido de entrada y compatibilidad eléctrica.

Trazabilidad documental: Memoria, § 4 y figura 3

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-12 | Fuente de alimentación y protecciones eléctricas

FAMILIA: ELECTRÓNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-12

Propósito y alcance funcional

Proveer energía estable al sensor, acondicionador, controlador y comunicaciones, con recuperación controlada tras una interrupción.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Tensión de trabajo	Dependerá de la plataforma electrónica seleccionada.	Por definir
Excitación del sensor	Suficientemente estable para la medición calibrada.	Requisito
Protecciones	A determinar: polaridad, sobrecorriente y transitorios.	Por diseñar
Recuperación	Evitar que reinicio genere retiros falsos.	Definido

Interfaces y dependencias

Suministro comercial o fuente de alimentación ↔ placas del módulo y pasarela.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
12.1	Registrar comportamiento de arranque y retorno a nivel estable.	Conforme / no conforme / pendiente
12.2	Cortar y restituir alimentación durante evento pendiente.	Conforme / no conforme / pendiente
12.3	Comprobar que no se pierde el identificador ni el historial pendiente.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivar

Esquema de potencia; mediciones de consumo; protocolo de apagado/arranque.

Decisiones pendientes de ingeniería

Tensiones, potencia, adaptador, autonomía opcional y protecciones certificables.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 4, 8

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-13 | Microcontrolador o unidad de control de estante

FAMILIA: ELECTRÓNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-13

Propósito y alcance funcional

Adquirir señales, administrar diagnósticos y estados locales, almacenar eventos y coordinar su transmisión.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Funciones	Adquisición, estados, identidad, sellos temporales y envío de eventos.	Definido
Memoria de firmware	Dimensionada para software, configuración y bitácora.	Por definir
Entradas/salidas	Determinadas por cantidad de espacios y buses.	Por definir
Reinicio seguro	Conservación de transiciones pendientes.	Definido

Interfaces y dependencias

ADC y memoria no volátil ↔ comunicaciones ↔ software de integración.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
13.1	Ejecutar autotest y verificación de identidad tras encendido.	Conforme / no conforme / pendiente
13.2	Provocar reinicio durante transición no confirmada.	Conforme / no conforme / pendiente
13.3	Ensayar funcionamiento simultáneo de varias posiciones.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivar

Diagrama de placa; firmware versionado; pruebas de reinicio y carga.

Decisiones pendientes de ingeniería

Fabricante/modelo, RAM, almacenamiento, conectores, buses y capacidad de procesamiento.

Trazabilidad documental: Memoria, § 4; monografía, cap. 6

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-14 | Memoria no volátil y reloj de eventos

FAMILIA: ELECTRÓNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-14

Propósito y alcance funcional

Conservar parámetros de calibración e identificadores y permitir un ordenamiento recuperable de las observaciones.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Identidad persistente	module_id y slot_id según asignación.	Definido
Calibración persistente	calibration_id y coeficientes vigentes.	Definido
Eventos pendientes	Retener durante reinicio o corte de energía.	Definido
Marcas temporales	Registrar local_time y política para desajustes.	Definido
Capacidad	Dependiente de tasa de eventos y horizonte desconectado.	Por definir

Interfaces y dependencias

Microcontrolador ↔ almacenamiento local ↔ motor de sincronización remota.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
14.1	Reiniciar antes y después de escribir un evento.	Conforme / no conforme / pendiente
14.2	Comprobar preservación de versión de calibración.	Conforme / no conforme / pendiente
14.3	Desalinear reloj y validar orden lógico de recepción.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivarse

Mapa de datos persistentes; política de integridad; resultados de pruebas de reinicio.

Decisiones pendientes de ingeniería

Tecnología de memoria, durabilidad, reloj/RTC y política de corrección temporal.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 4, 8; tabla 3

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-15 | Conectividad local y pasarela de red

FAMILIA: COMUNICACIÓN | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-15

Propósito y alcance funcional

Transportar observaciones a servicios de empresa mediante un enlace autenticado, manteniendo continuidad local cuando falle la red.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Canales posibles	Wi-Fi, Ethernet u otra interfaz apropiada al despliegue.	Alternativas
Transporte	Mensajes identificados, autenticados y verificables.	Requisito
Concentración	Pasarela compartida o conexiones directas según escala.	Por definir
Desconexión	Cola local y reintento posterior.	Definido

Interfaces y dependencias

Controlador → pasarela de tienda/red → servicio de ingestión; sin acceso directo no autorizado del proveedor al sensor.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
15.1	Desconectar red externa y medir conservación de eventos.	Conforme / no conforme / pendiente
15.2	Restaurar conexión y comprobar entrega íntegra.	Conforme / no conforme / pendiente
15.3	Probar enlaces intermitentes y autenticación por dispositivo.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivar

Diagrama de red; perfiles de enlace; prueba de desconexión.

Decisiones pendientes de ingeniería

Tecnología final, cobertura, capacidad, antena, método de aprovisionamiento y tiempo de reconexión.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 2, 8

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-16 | Filtrado digital y diagnóstico de calidad

FAMILIA: CONTROL | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-16

Propósito y alcance funcional

Convertir muestras en lecturas estables y etiquetar su confiabilidad antes de emitir eventos de retiro o reposición.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
mass_g	Masa estabilizada; unidad lógica en gramos.	Definido
quality_flag	Válida, inestable, saturada, desconectada o fuera de rango.	Definido
Filtrado	Algoritmo a seleccionar tras caracterización de ruido.	Por diseñar
Criterio de estabilidad	Umbral temporal y de variación a determinar con productos reales.	Por ensayo

Interfaces y dependencias

ADC ↔ rutina digital de validación ↔ máquina de estados de detección.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
16.1	Injectar carga constante y oscilante para verificar etiquetas.	Conforme / no conforme / pendiente
16.2	Desconectar celda y comprobar que no se genera movimiento ficticio.	Conforme / no conforme / pendiente
16.3	Probar saturación, deriva y ruido sin confirmar eventos no estables.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archiversse

Código de filtrado; tramas con quality_flag; distribución de ruido.

Decisiones pendientes de ingeniería

Ventanas, coeficientes de filtro, umbrales de estabilidad y política de descarte.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 4–5; tabla 3

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-17 | Calibración, tara y trazabilidad metrológica

FAMILIA: CONTROL | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-17

Propósito y alcance funcional

Relacionar señal digital con masa mediante patrón documentado y mantener versiones rastreables de cada ajuste.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Tara	Obtener cero del conjunto instalado según procedimiento controlado.	Requisito
Masa de referencia	Patrones de valor conocido y condición documentada.	Por definir
calibration_id	Identificación de versión de coeficientes.	Definido
Cambios de configuración	No sustituir silenciosamente registros históricos.	Requisito
Comprobación periódica	Frecuencia basada en deriva, uso y mantenimiento.	Por ensayo

Interfaces y dependencias

Sensor/ADC ↔ controlador ↔ registro de calibración y auditoría.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
17.1	Ejecutar cero y serie de cargas ascendentes/descendentes.	Conforme / no conforme / pendiente
17.2	Comparar antes/después de desmontaje o sustitución.	Conforme / no conforme / pendiente
17.3	Confirmar que eventos conservan referencia a la calibración utilizada.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Acta de calibración; masas patrón; curvas y versión del ajuste.

Decisiones pendientes de ingeniería

Tolerancias, frecuencia, método, trazabilidad a patrón y aceptación por clase de artículo.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 4, 9; monografía, cap. 6

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-18 | Máquina de estados de detección de movimiento

FAMILIA: CONTROL | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-18

Propósito y alcance funcional

Clasificar transiciones de peso sin confundir fluctuaciones transitorias con movimientos físicos consolidados.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Estados	ESTABLE; CAMBIO_DETECTADO; ESPERA_ESTABILIZACIÓN; EVENTO_PENDIENTE; CONFIRMADO; EXCEPCIÓN.	Definido
Transiciones	Guiadas por estabilidad, magnitud y evidencia disponible.	Definido
Confirmación	Requiere conciliación posterior, no se deduce solo de masa.	Definido
Umbrales	Magnitud y tiempo se fijan después de pruebas.	Por ensayo

Interfaces y dependencias

Masa y calidad → motor local de estados → registro del evento → reconciliador ERP/POS.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
18.1	Aplicar retiros y reposiciones con pausas diferentes.	Conforme / no conforme / pendiente
18.2	Agitar sin retirar producto; comprobar retorno al estado estable.	Conforme / no conforme / pendiente
18.3	Revisar resolución de excepciones cuando POS no coincide.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivar

Diagrama de estados; tabla de transición; conjunto de pruebas trazadas.

Decisiones pendientes de ingeniería

Condiciones lógicas y temporizadores; tratamiento de productos de masa variable.

Trazabilidad documental: Memoria, § 5 y figura 4

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-19 | Estructura del evento físico y diccionario de datos

FAMILIA: DATOS | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-19

Propósito y alcance funcional

Establecer campos mínimos para rastrear cada cambio de posición sin alterar la autoridad de la transacción comercial.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
module_id / slot_id	Equipo y espacio observado.	Definido
mass_g / quality_flag	Masa estabilizada y condición de lectura.	Definido
calibration_id	Versión de calibración aplicada.	Definido
event_uuid	Identificador único para deduplicación.	Definido
local_time	Marca temporal del evento físico.	Definido

Interfaces y dependencias

Motor local → cola persistente → servidor de ingestión → aplicaciones ERP/POS y auditoría.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
19.1	Validar campos obligatorios y unicidad de event_uuid.	Conforme / no conforme / pendiente
19.2	Generar un cambio de calibración y verificar la versión asociada.	Conforme / no conforme / pendiente
19.3	Probar rechazo/retención de eventos con calidad no válida.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Diccionario formal; ejemplo de evento; esquema de validación; versión.

Decisiones pendientes de ingeniería

Formato de serialización, zona horaria, retención y campos adicionales de servidor.

Trazabilidad documental: Memoria, § 4, tabla 3; monografía, cap. 9

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-20 | Cola local de eventos y operación sin línea

FAMILIA: CONTROL | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-20

Propósito y alcance funcional

Registrar observaciones pendientes durante falta de conectividad y garantizar un reenvío ordenado al restablecer el servicio.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Persistencia	Sobrevivir a reinicio y corte de alimentación.	Definido
Identidad de evento	Cada evento conserva event_uid en reintentos.	Definido
Ordenamiento	Preservar secuencia local para conciliación.	Requisito
Desbordamiento	Política documentada si se excede almacenamiento.	Por definir
Autonomía sin red	Duración depende de memoria y tráfico real.	Por ensayo

Interfaces y dependencias

Motor local ↔ cola persistente ↔ canal de transmisión a servidor.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
20.1	Desconectar enlace durante N movimientos controlados y reconectar.	Conforme / no conforme / pendiente
20.2	Provocar varios reinicios durante la desconexión.	Conforme / no conforme / pendiente
20.3	Simular cola próxima a capacidad y comprobar alarmas de mantenimiento.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Trazas antes/después; conteo de pérdidas; prueba de persistencia.

Decisiones pendientes de ingeniería

Capacidad en eventos, política de compactación y tiempo de autonomía garantizable.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 1, 8; monografía, cap. 8

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-21 | Sincronización idempotente y control de duplicados

FAMILIA: CONTROL | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-21

Propósito y alcance funcional

Evitar que reenvíos, reintentos o reconexiones generen movimientos contables repetidos.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Clave	event_uuid como identidad lógica estable.	Definido
Idempotencia	Un identificador aceptado no crea un segundo movimiento.	Definido
Acuse de recibo	Separar evento enviado y confirmado por servidor.	Requisito
Conflictos temporales	Resolver ordenamiento con reglas explícitas.	Por diseñar

Interfaces y dependencias

Cola local ↔ servicio central de ingestión ↔ base de eventos/ERP.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
21.1	Enviar el mismo evento tres veces y contrastar una sola persistencia.	Conforme / no conforme / pendiente
21.2	Restaurar enlace tras tiempo prolongado y verificar orden lógico.	Conforme / no conforme / pendiente
21.3	Interrumpir comunicación entre confirmación del servidor y recepción del acuse.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Registro de deduplicación; bitácora de reintentos; caso de prueba de idempotencia.

Decisiones pendientes de ingeniería

Esquema de acuses, ventanas de retención y política de resolución de conflictos.

Trazabilidad documental: Memoria, § 8

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-22 | Interfaz de existencias y recepción con ERP

FAMILIA: INTEGRACIÓN | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-22

Propósito y alcance funcional

Conciliar existencias informáticas, movimientos validados y registros de recepción manteniendo la fuente oficial del inventario.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Sistema maestro	El ERP conserva su función de registro empresarial.	Definido
Tipos de entrada	Existencias, recepción, mercadería en tránsito y cambios autorizados.	Definido
Discrepancia	Distinguir observación física de movimiento confirmado.	Definido
Enlace	API, lotes u otro mecanismo a acordar con la tienda.	Por definir

Interfaces y dependencias

Servicio de conciliación ↔ ERP; POS aporta ventas confirmadas, módulo físico aporta observaciones.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
22.1	Recibir reposición registrada y asociarla a aumento de masa.	Conforme / no conforme / pendiente
22.2	Comparar existencia ERP con posición físicamente vacía.	Conforme / no conforme / pendiente
22.3	Verificar que evento pendiente no altera automáticamente balances oficiales.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivar

Contrato de integración; mapeo de SKU; registros de pruebas de intercambio.

Decisiones pendientes de ingeniería

Proveedor ERP, esquema de API, credenciales, semántica de existencias y frecuencia.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 2, 5–6; monografía, cap. 10

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-23 | Interfaz de punto de venta (POS)

FAMILIA: INTEGRACIÓN | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-23

Propósito y alcance funcional

Utilizar transacciones confirmadas por caja como evidencia comercial para la conciliación de retiros físicos.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Fuente de venta	La venta se confirma en POS, no en sensor.	Definido
Claves de asociación	SKU, tienda, horario y reglas de correlación.	Definido conceptualmente
Cancelación/devolución	Se tratarán como transacciones comerciales específicas.	Por definir
Desfase temporal	Ventana de asociación definida por operación real.	Por ensayo

Interfaces y dependencias

Punto de venta ↔ conciliador ↔ evento físico pendiente.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
23.1	Retirar artículo sin cobrar y comprobar que no se crea venta.	Conforme / no conforme / pendiente
23.2	Registrar venta sin retiro inmediato y observar excepción temporal.	Conforme / no conforme / pendiente
23.3	Probar devoluciones o anulaciones del POS con el operador.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Especificación de intercambio POS; ejemplos de transacciones; pruebas de correlación.

Decisiones pendientes de ingeniería

Software POS, referencia de línea de venta, latencia de integración y ventanas de conciliación.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 1, 5 y tabla 4

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-24 | Motor de conciliación físico-comercial

FAMILIA: INTEGRACIÓN | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-24

Propósito y alcance funcional

Resolver observaciones físicas mediante evidencia POS/ERP y clasificar casos no conciliados para revisión autorizada.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Disminución + POS coincidente	Venta conciliada.	Definido
Disminución sin POS	Retiro no conciliado.	Definido
Aumento + recepción	Reposición verificada.	Definido
Lectura oscilante	No consolidar movimiento.	Definido
Pérdida de red	Conservar cola y sincronizar posteriormente.	Definido

Interfaces y dependencias

Eventos físicos + ventas POS + recepción ERP → clasificación y tablero de excepciones.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
24.1	Ejecutar los cinco casos de la tabla de reglas original.	Conforme / no conforme / pendiente
24.2	Comparar clasificación contra una verdad de referencia observada.	Conforme / no conforme / pendiente
24.3	Inspeccionar discrepancias y registrar decisión humana, sin alterar evento fuente.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Tabla de decisiones; conjuntos de prueba; reporte de discrepancias.

Decisiones pendientes de ingeniería

Tiempos de asociación, prioridades entre sistemas y flujo de revisión.

Trazabilidad documental: Memoria, § 5, tabla 4 y figura 4

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-25 | Gestión de excepciones y revisión humana

FAMILIA: INTEGRACIÓN | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-25

Propósito y alcance funcional

Presentar discrepancias sin convertirlas en ventas, reposiciones ni alertas comerciales definitivas hasta su validación.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Tipos de excepción	Retiro sin POS, lectura inválida, diferencia ERP, inconsistencia de asignación.	Derivado
Escalamiento	Enviar caso al rol autorizado por la tienda.	Requisito
Evidencia	Mostrar eventos, fuentes, marcas y decisiones.	Requisito
Cierre	Registrar revisión con historial inalterado.	Requisito

Interfaces y dependencias

Conciliador ↔ bandeja de incidencias ↔ operador autorizado ↔ registro de auditoría.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
25.1	Generar una excepción por retiro no conciliado.	Conforme / no conforme / pendiente
25.2	Comprobar separación de roles entre observación y aprobación.	Conforme / no conforme / pendiente
25.3	Reabrir historial y verificar acciones, timestamps y usuario.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archiversse

Matriz de excepciones; flujo de aprobación; bitácora de decisiones.

Decisiones pendientes de ingeniería

Roles definitivos, tiempos de atención y niveles de gravedad.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 5, 8; monografía, cap. 10

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-26 | Reglas de reposición por espacio y proveedor

FAMILIA: COMERCIAL | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-26

Propósito y alcance funcional

Producir avisos de necesidad de abastecimiento a partir de estado físico, existencias, ventas confirmadas y tiempos de entrega.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Variables	Existencia estimada; ventas confirmadas; recepción en tránsito; tiempo de entrega.	Definido
Política	Mínimos y reglas configurables por comercio y producto.	Definido
Autorización	Una alerta no constituye pedido firme.	Definido
Destinatario	Proveedor vigente asociado al SKU y contrato.	Definido

Interfaces y dependencias

Estado de posición + ERP/POS + catálogo de proveedor → motor de reglas → alerta autorizada.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
26.1	Generar aviso con existencia bajo mínimo configurado.	Conforme / no conforme / pendiente
26.2	Simular mercancía en tránsito y revisar el aviso.	Conforme / no conforme / pendiente
26.3	Confirmar que no se emite pedido firme sin autorización.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivar

Catálogo de reglas, registro de alertas y casos de prueba del flujo de autorización.

Decisiones pendientes de ingeniería

Política de mínimos por SKU, responsable aprobador y canal de notificación.

Trazabilidad documental: Memoria, § 6 y figura 5

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-27 | Portal restringido de proveedores y alertas

FAMILIA: COMERCIAL | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-27

Propósito y alcance funcional

Compartir solo información contractualmente autorizada, dirigida al proveedor correspondiente y con trazabilidad de acceso.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Alcance de datos	Datos limitados a referencias y espacios del contrato.	Definido
Multiempresa	Separación de información entre proveedores.	Definido
Alertas	Tipo, prioridad, destinatario y registro auditable.	Definido
Solicitud/pedido	Requiere aprobación según acuerdo comercial.	Definido

Interfaces y dependencias

Gestor de contratos ↔ portal proveedor ↔ responsable de tienda, sin acceso abierto al inventario global.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
27.1	Iniciar sesión como dos proveedores con catálogos distintos.	Conforme / no conforme / pendiente
27.2	Revocar contrato y comprobar retiro de privilegios.	Conforme / no conforme / pendiente
27.3	Verificar que aviso no equivale a orden de compra.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivarse

Matriz de autorizaciones; capturas del flujo; registros de accesos y alertas.

Decisiones pendientes de ingeniería

Canales, perfiles, expiración de permisos y aceptación de solicitudes.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 6–7; tabla 5

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-28 | Administración comercial de posiciones

FAMILIA: COMERCIAL | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-28

Propósito y alcance funcional

Asociar cada espacio a contratos, vigencias y proveedores sin mezclar el negocio de exhibición con la medición física.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
slot_id	Identidad única de posición y ubicación.	Definido
contract_id	Identidad y vigencia de contrato de exhibición.	Definido
Asignación	Espacio-SKU-proveedor con vigencia verificable.	Definido
Integridad	Evitar superposición contractual inválida.	Definido
Métricas	Ocupación, quiebre, reposición y rendimiento, basadas en fuentes correctas.	Definido

Interfaces y dependencias

Catálogo de espacios ↔ contratos ↔ seguridad/proveedor ↔ tablero administrativo.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
28.1	Registrar una posición con contrato activo y fecha de fin.	Conforme / no conforme / pendiente
28.2	Cambiar proveedor y comprobar revocación de accesos antiguos.	Conforme / no conforme / pendiente
28.3	Obtener ocupación sin atribuir ventas solo por variación de masa.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Modelo entidad-relación; matriz de contratos; reportes por vigencia.

Decisiones pendientes de ingeniería

Términos comerciales, modalidad de cobro y reglas de renovación.

Trazabilidad documental: Memoria, § 7 y tabla 5

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-29 | Identidad, autenticación y control de acceso

FAMILIA: SEGURIDAD | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-29

Propósito y alcance funcional

Proteger canales, usuarios, dispositivos y datos entre tienda y proveedores sin credenciales compartidas entre módulos.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Identidad de equipo	Cada módulo se autentica de forma independiente.	Definido
Protección de transporte	Canal autenticado y protegido.	Definido
Separación empresarial	Permisos según organización, contrato y función.	Definido
Credenciales	Sin uso compartido entre controladores.	Definido
Renovación y baja	Proceso documentado de provisión/revocación.	Por diseñar

Interfaces y dependencias

Controlador/pasarela ↔ plataforma de identidades ↔ API ERP/POS y portal proveedor.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
29.1	Intentar conexión con credencial de otro módulo.	Conforme / no conforme / pendiente
29.2	Revocar permiso de un proveedor y repetir solicitud.	Conforme / no conforme / pendiente
29.3	Verificar que canal sin autenticación es rechazado.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Matriz de permisos; procedimiento de credenciales; reporte de pruebas.

Decisiones pendientes de ingeniería

Tecnología de cifrado/transporte, rotación, autoridad de identidad y eventos de seguridad.

Trazabilidad documental: Memoria, § 8

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-30 | Bitácora inalterable y auditoría operativa

FAMILIA: SEGURIDAD | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-30

Propósito y alcance funcional

Reconstruir secuencias de operación y cambios de configuración conservando el dato original y la autoría de las decisiones.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Registros	Fallos eléctricos, desconexiones, calibración, operadores.	Definido
Historia original	No sobrescribir eventos físicos fuente.	Definido
Correlación	Usar event_uuid y referencias de dispositivo/usuario.	Derivado
Consulta	Reconstrucción trazable del ciclo de vida de un incidente.	Requisito

Interfaces y dependencias

Dispositivos, conciliador y portal ↔ almacenamiento histórico ↔ consulta de auditoría.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
30.1	Recrear un retiro sin venta y verificar secuencia de decisiones.	Conforme / no conforme / pendiente
30.2	Cambiar calibración y comprobar registro anterior y nuevo.	Conforme / no conforme / pendiente
30.3	Generar interrupción eléctrica y rastrear reinicio y reenvíos.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivar

Política de auditoría; bitácora de pruebas; exportación de incidentes.

Decisiones pendientes de ingeniería

Retención, permisos de consulta, respaldo y mecanismos de integridad.

Trazabilidad documental: Memoria, § 8

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-31 | Plan de ensayos mecánicos y metrológicos

FAMILIA: VALIDACIÓN | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-31

Propósito y alcance funcional

Medir desempeño físico bajo cargas reales, sin asignar tolerancias definitivas antes de ensayos del prototipo.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Exactitud	Error absoluto y relativo por clase de producto.	Por ensayo
Repetibilidad	Dispersión bajo condiciones constantes.	Por ensayo
Histéresis	Comparación ascenso/descenso con misma carga.	Por ensayo
Carga lateral	Efecto de posición contigua sobre lectura objetivo.	Por ensayo
Sobrecarga	Integridad física y retorno tras incidente.	Por ensayo

Interfaces y dependencias

Banco de masas de referencia ↔ módulo sensado ↔ software de captura ↔ informe técnico.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
31.1	Definir cuadrícula centro/esquinas/bordes por bandeja.	Conforme / no conforme / pendiente
31.2	Aplicar cargas contrastantes y ciclos completos.	Conforme / no conforme / pendiente
31.3	Calcular incertidumbre cuando proceda y documentar fallos.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archiversse

Protocolo firmado; datos en bruto; tablas de error; conclusiones con límites.

Decisiones pendientes de ingeniería

Muestras, masas patrón, cantidad de repeticiones y criterios de aceptación cuantitativos.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 3, 9; tabla 6

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-32 | Ensayos de eventos y conciliación comercial

FAMILIA: VALIDACIÓN | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-32

Propósito y alcance funcional

Cuantificar fiabilidad de detección, clasificación y conciliación con observación externa de referencia.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Precisión	Relación de eventos correctos sobre eventos identificados.	Por ensayo
Exhaustividad	Relación de eventos detectados sobre eventos reales.	Por ensayo
Latencia	Tiempo desde cambio físico hasta salida definida.	Por ensayo
Clases	Retiro, reposición, oscilación, excepción, sin línea.	Definido

Interfaces y dependencias

Escenarios controlados → observador/registro de referencia → software de eventos → conciliación POS/ERP.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
32.1	Registrar serie de retiros, reposiciones parciales y vibraciones.	Conforme / no conforme / pendiente
32.2	Calcular matriz de clasificación contra verdad de referencia.	Conforme / no conforme / pendiente
32.3	Examinar casos falsos positivos y falsos negativos.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Base de ensayos con timestamps; matriz de confusión; reporte de latencias.

Decisiones pendientes de ingeniería

Umbral de éxito, número de ensayos, tipos de productos y ventana de medición.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 5, 9; tablas 4 y 6

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-33 | Ensayos de continuidad, fallos y recuperación

FAMILIA: VALIDACIÓN | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-33

Propósito y alcance funcional

Verificar preservación de observaciones y deduplicación ante interrupciones de energía o comunicación.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Sin red	Cola local persistente hasta enlace disponible.	Definido
Sin energía	Conservar identidad, calibración y eventos comprometidos.	Definido
Duplicados	El mismo event_uuid debe tener un solo efecto.	Definido
Reinicio	No inferir retiro de una lectura transitoria.	Definido

Interfaces y dependencias

Controlador y fuente ↔ cola local ↔ red/pasarela ↔ repositorio central.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
33.1	Cortar red durante secuencia de cambios y medir pérdidas.	Conforme / no conforme / pendiente
33.2	Cortar energía en distintas etapas de escritura.	Conforme / no conforme / pendiente
33.3	Reproducir mismo evento tras acuse perdido y medir duplicados.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivar

Actas de interrupción; lista de eventos comparativa; análisis de fallos.

Decisiones pendientes de ingeniería

Tiempo máximo sin red y volumen de almacenamiento para aceptar el piloto.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 4, 8–9

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-34 | Instalación, mantenimiento y reemplazo de módulos

FAMILIA: OPERACIÓN | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-34

Propósito y alcance funcional

Establecer la secuencia técnica para montaje, identificación, calibración, limpieza, cambios y corrección de fallas.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Instalación	Verificar estructura, conexiones, etiquetas, alimentación y red.	Requisito
Tara inicial	Registrar referencia antes de poner productos.	Requisito
Reemplazo	Preservar histórico y nueva versión de calibración.	Requisito
Mantenimiento	Inspeccionar bases, topes, conectores y ruido.	Derivado
Reparación	Cerrar incidencia con trazabilidad de responsable y fecha.	Derivado

Interfaces y dependencias

Personal técnico ↔ equipo modular ↔ software de provisión y auditoría.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
34.1	Aplicar lista de chequeo de puesta en marcha.	Conforme / no conforme / pendiente
34.2	Retirar módulo y restituir su identidad controlada.	Conforme / no conforme / pendiente
34.3	Confirmar que limpieza o cable suelto no genera venta falsa.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Acta de instalación; checklist de mantenimiento; inventario de repuestos.

Decisiones pendientes de ingeniería

Frecuencia de mantenimiento y procedimiento de atención de incidentes.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 3, 8–9; monografía, cap. 14

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-35 | Lista de materiales, compras y configuración de prototipo

FAMILIA: GESTIÓN TÉCNICA | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-35

Propósito y alcance funcional

Registrar de forma auditable la composición de cada versión, sustituciones y costos sin anticipar marcas o modelos aún no seleccionados.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Familias	Estructura, bandeja, sensor, acondicionador, ADC, controlador, fuente, conectores, red.	Definido
Código de artículo	Identificador interno para piezas y subconjuntos.	Por definir
Hoja de fabricante	Vincular especificación y revisión del componente comprado.	Por recopilar
Control de sustituciones	Verificar equivalencia antes de reemplazar un componente.	Requisito

Interfaces y dependencias

Diseño mecánico/eléctrico ↔ adquisiciones ↔ integración del prototipo ↔ registro de cambios.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
35.1	Contrastar listado de piezas con prototipo instalado.	Conforme / no conforme / pendiente
35.2	Verificar revisión y procedencia del componente recibido.	Conforme / no conforme / pendiente
35.3	Evaluar cambios de componentes que afectan calibración o ensayos.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

BOM versionada; cotizaciones; fichas de fabricante; registro de no conformidades.

Decisiones pendientes de ingeniería

Precios, proveedores y referencias técnicas de cada pieza después de selección.

Trazabilidad documental: Memoria, §§ 3–4, 9; monografía, caps. 14–15

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

FT-36 | Trazabilidad técnica y expediente para protección

FAMILIA: PROPIEDAD INDUSTRIAL | VERSIÓN: revisión editorial unificada | ETAPA: DISEÑO / VALIDACIÓN PENDIENTE | CONTROL: FT-SPI-2026-36

Propósito y alcance funcional

Conservar las evidencias del desarrollo y separar soluciones conocidas de una combinación técnica concreta cuya novedad debe evaluarse.

Parámetros y requisitos

Elemento / variable	Especificación o requisito trazable	Estado
Naturaleza del documento	Especificación preliminar y dossier de desarrollo, no patente concedida.	Definido
Antecedentes	Celdas de carga y monitoreo de estantes son tecnologías conocidas.	Definido
Evidencia técnica	Dibujos, integración, ensayos, registros de versión y resultados verificables.	Requisito
Novedad/actividad inventiva	Sujetas a búsqueda y evaluación profesional separada.	Pendiente

Interfaces y dependencias

Memoria descriptiva ↔ planos numerados ↔ cuaderno de ingeniería ↔ expediente de solicitud.

Pruebas mínimas de verificación propuestas

N.º	Acción / método	Registro
36.1	Relacionar cada rasgo técnico con dibujo, esquema y prueba.	Conforme / no conforme / pendiente
36.2	Verificar que ninguna reivindicación exceda los elementos efectivamente descritos.	Conforme / no conforme / pendiente
36.3	Controlar fecha y circulación de documentos antes de divulgación.	Conforme / no conforme / pendiente

Evidencia que debe archivers

Matriz de trazabilidad; fichas firmadas; registro de revisiones y antecedentes.

Decisiones pendientes de ingeniería

Reivindicaciones, formalidades SENADI y estrategia de divulgación tras asesoría especializada.

Trazabilidad documental: Memoria, § 10; monografía, cap. 16

Control documental: Magdalena Iralda Valero Camino | Fecha: 10/10/2026 | Validación del prototipo: PENDIENTE

APÉNDICE J. Relación de materiales y componentes para el prototipo

La relación siguiente es una lista de familias, no una lista de artículos ya seleccionados ni un presupuesto. No permite sustituir las fichas originales de cada fabricante.

Código	Componente o servicio	Dato exigido para selección	Ficha	Estado
M-01	Bastidor y fijación	Material, dimensiones, anclajes, resistencia	FT-02	Pendiente
M-02	Bandeja desmontable	Geometría, acabado, repetibilidad del acople	FT-03	Pendiente
M-03	Base y apoyos	Rigidez, aislación, interferencia lateral	FT-04/05	Pendiente
M-04	Topes y sellos	Geometría, resistencia, exposición a líquidos	FT-06	Pendiente
E-01	Conectores y cableado	Terminales, blindaje, mantenimiento	FT-07	Pendiente
E-02	Celda de carga	Capacidad, sensibilidad, histéresis, entorno	FT-09	Pendiente
E-03	Acondicionamiento	Ganancia, filtro, protección y compatibilidad	FT-10	Pendiente
E-04	ADC	Resolución efectiva, frecuencia de muestreo	FT-11	Pendiente
E-05	Alimentación	Tensión, corriente, protecciones	FT-12	Pendiente
E-06	Controlador local	I/O, memoria y firmware	FT-13	Pendiente
E-07	Memoria/reloj	Capacidad, integridad, marcas temporales	FT-14	Pendiente
C-01	Interfaz/pasarela	Cobertura, enlace, autenticación	FT-15	Pendiente
S-01	Software de eventos	Versión, pruebas, código fuente	FT-16/21	Diseñar
S-02	Adaptador POS/ERP	Contrato de datos y API	FT-22/24	Diseñar
S-03	Portal/seguridad	Roles, vigencias, auditoría	FT-27/30	Diseñar

APÉNDICE K. Matriz de aceptación y documentación de pruebas

Valores de aceptación: completar solamente cuando el responsable de ingeniería apruebe el protocolo y exista una versión identificable del prototipo.

ID	Ensayo	Indicador / evidencia	Criterio aceptado	Ficha
CAL-01	Error por carga y posición	Masa patrón, error absoluto/relativo	Por definir	FT-09/17/31
CAL-02	Repetibilidad e histéresis	Desviación y ciclo ascenso/descenso	Por definir	FT-04/31
MEC-01	Interferencia lateral	Respuesta de módulo vecino	Por definir	FT-05/31
EVT-01	Clasificación de eventos	Precisión y exhaustividad	Por definir	FT-18/24/32
EVT-02	Latencia sensor-evento	Tiempo por caso	Por definir	FT-16/32
SYS-01	Resiliencia y persistencia	Eventos perdidos tras corte	Por definir	FT-20/33
SYS-02	Duplicación	Cantidad de efectos para UUID repetido	Por definir	FT-21/33
ERP-01	Conciliación física-POS	Retiros sin POS no confirmados	Regla obligatoria	FT-23/24
SEC-01	Separación de proveedores	Acceso limitado al contrato	Regla obligatoria	FT-27/29
OPS-01	Reinstalación de módulo	Estado e identificación tras cambio	Por definir	FT-03/34

Aprobación del protocolo: Magdalena Iralda Valero Camino Revisión D2 Fecha 10/10/2026

APÉNDICE L. Once láminas de ingeniería complementarias

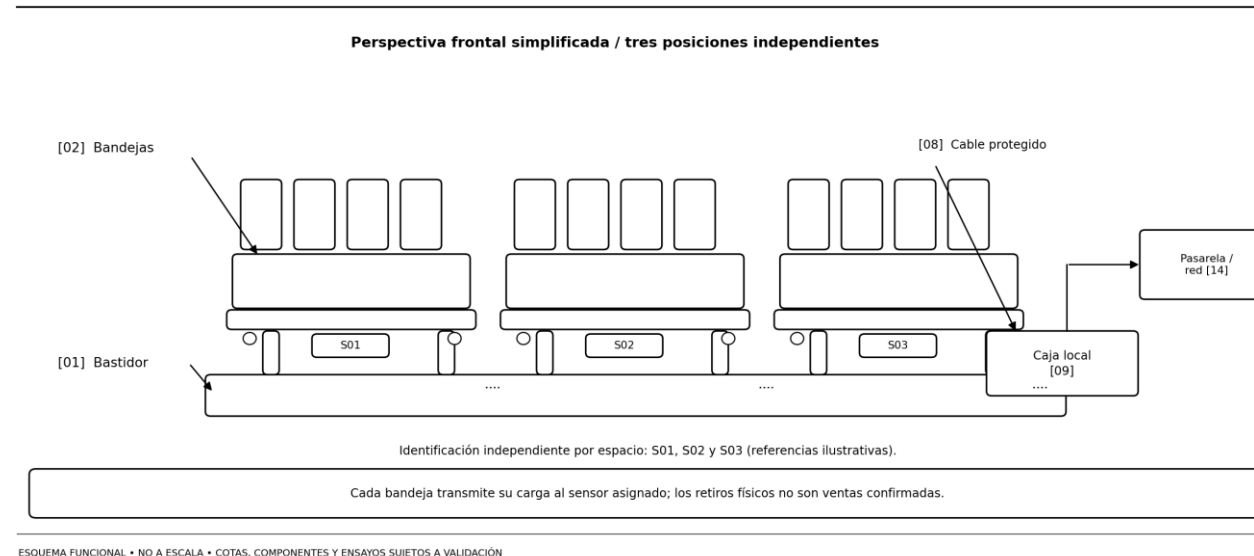
Diseño conceptual final: 10 de octubre de 2026. Los dibujos son esquemas explicativos en blanco y negro, sin escala ni cotas finales. Documentan las relaciones mecánicas, electrónicas y lógicas necesarias para comprender la solución; no reemplazan planos industriales ni ensayos de conformidad.

Trazabilidad: cada lámina DT se vincula a una o varias fichas FT. La numeración editorial de figuras continúa la de las cinco ilustraciones procedentes de la memoria técnica.

Lámina técnica DT-01

Plano DT-01. Vista general del módulo de percha inteligente ensamblado

PLANO DT-01 | VISTA GENERAL DEL MÓDULO ENSAMBLADO

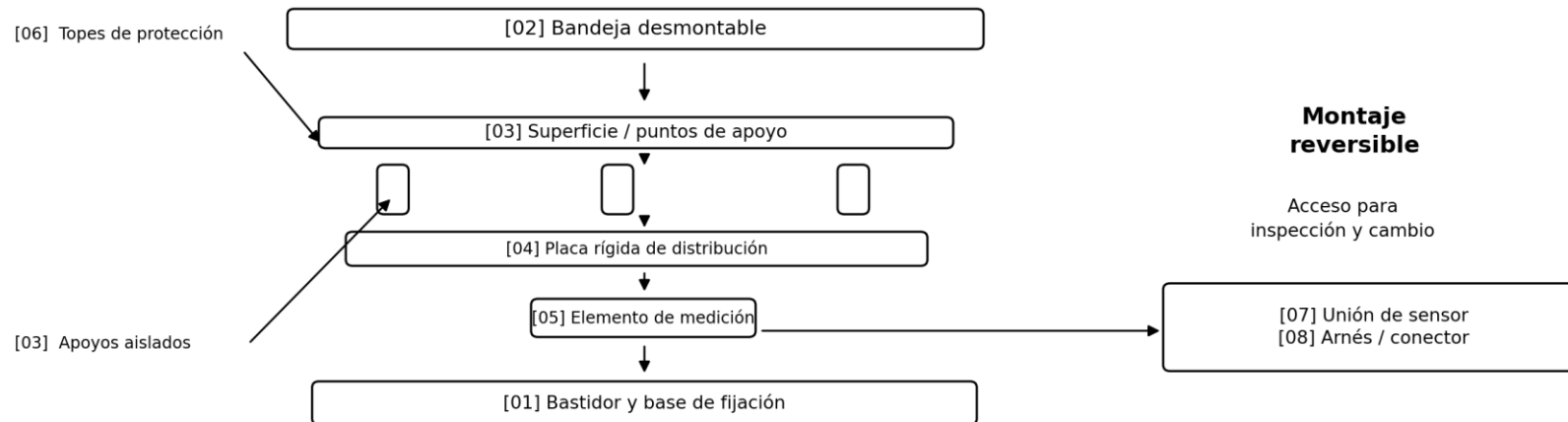


Vinculación: FT-01, FT-02, FT-08. Muestra una distribución de tres posiciones como ejemplo, sin fijar la capacidad final del sistema.

Control técnico: comprobación geométrica, especificaciones y conexiones por firmar. Responsable de integración: Fernando Décker Díaz. Fecha de diseño: 10/10/2026.

Lámina técnica DT-02

Plano DT-02. Explosión de piezas, bandejas, base y elementos de montaje

PLANO DT-02 | EXPLOSIÓN DE PIEZAS MECÁNICAS Y ELEMENTOS DE MONTAJE

La geometría y el tipo de unión mecánica se seleccionan mediante planos acotados y ensayos posteriores.

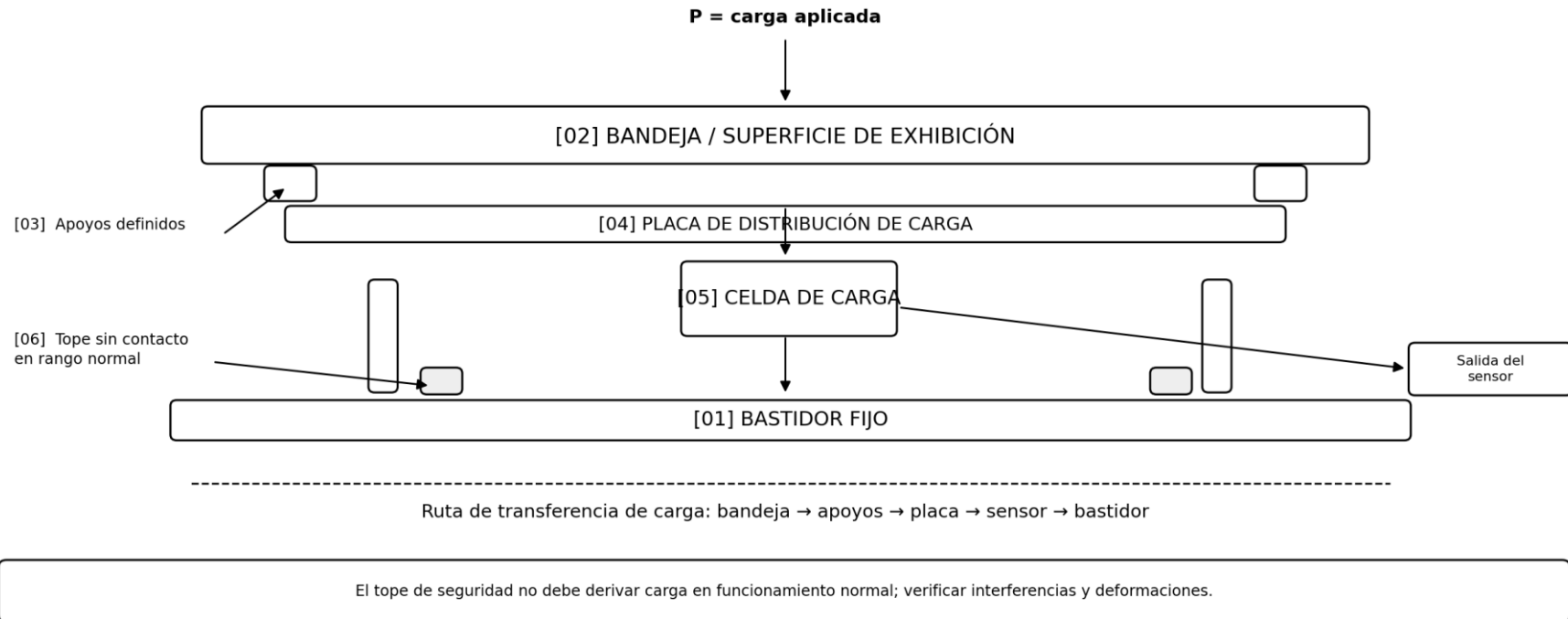
ESQUEMA FUNCIONAL • NO A ESCALA • COTAS, COMPONENTES Y ENSAYOS SUJETOS A VALIDACIÓN

Vinculación: FT-02 a FT-07. Identifica piezas y una ruta de ensamblaje conceptual; fijaciones y cotas definitivas por determinar.

Control técnico: comprobación geométrica, especificaciones y conexiones por firmar. Responsable de integración: Fernando Décker Díaz. Fecha de diseño: 10/10/2026.

Lámina técnica DT-03

Plano DT-03. Corte transversal de la ruta de transferencia de carga

PLANO DT-03 | CORTE TRANSVERSAL DEL MECANISMO DE PESAJE

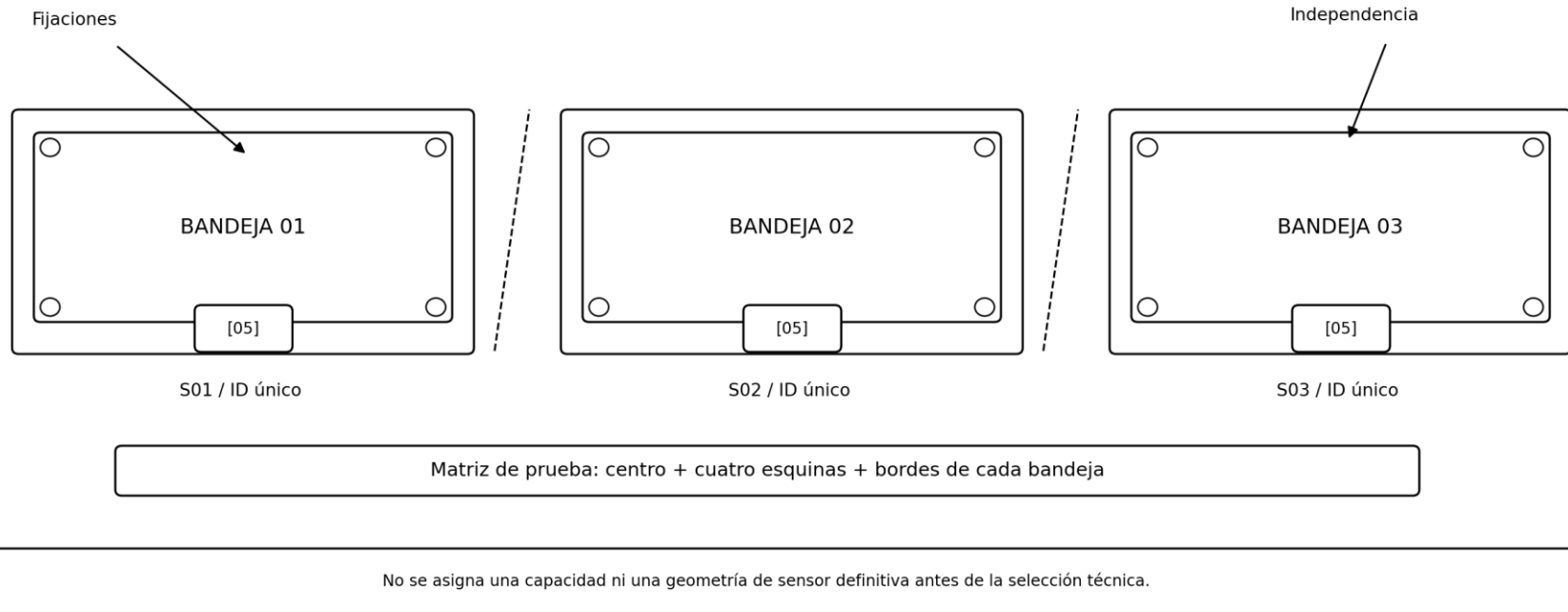
ESQUEMA FUNCIONAL · NO A ESCALA · COTAS, COMPONENTES Y ENSAYOS SUJETOS A VALIDACIÓN

Vinculación: FT-04, FT-05, FT-09. Destaca los puntos de transmisión de masa y el aislamiento respecto del bastidor; requiere ensayos.

Control técnico: comprobación geométrica, especificaciones y conexiones por firmar. Responsable de integración: Fernando Décker Díaz. Fecha de diseño: 10/10/2026.

Lámina técnica DT-04

Plano DT-04. Ubicación y fijación de celdas de carga por posición

PLANO DT-04 | UBICACIÓN Y FIJACIÓN DE LAS CELDAS POR POSICIÓN

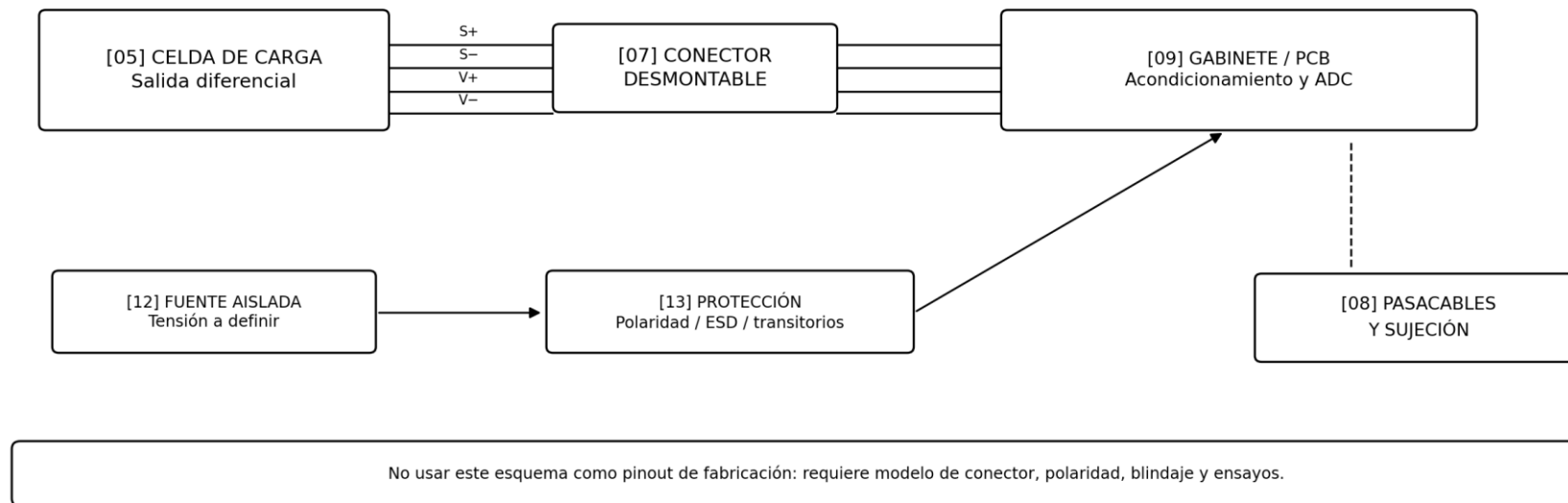
ESQUEMA FUNCIONAL • NO A ESCALA • COTAS, COMPONENTES Y ENSAYOS SUJETOS A VALIDACIÓN

Vinculación: FT-05, FT-09, FT-17. Visualiza la independencia de módulos y una matriz de inspección de posición y error metrológico.

Control técnico: comprobación geométrica, especificaciones y conexiones por firmar. Responsable de integración: Fernando Décker Díaz. Fecha de diseño: 10/10/2026.

Lámina técnica DT-05

Plano DT-05. Arnés, conectores desmontables y protecciones eléctricas

PLANO DT-05 | ARNÉS, CONECTORES Y PROTECCIÓN DE ALIMENTACIÓN**Disposición de circuitos propuesta — asignación real de terminales por definir**

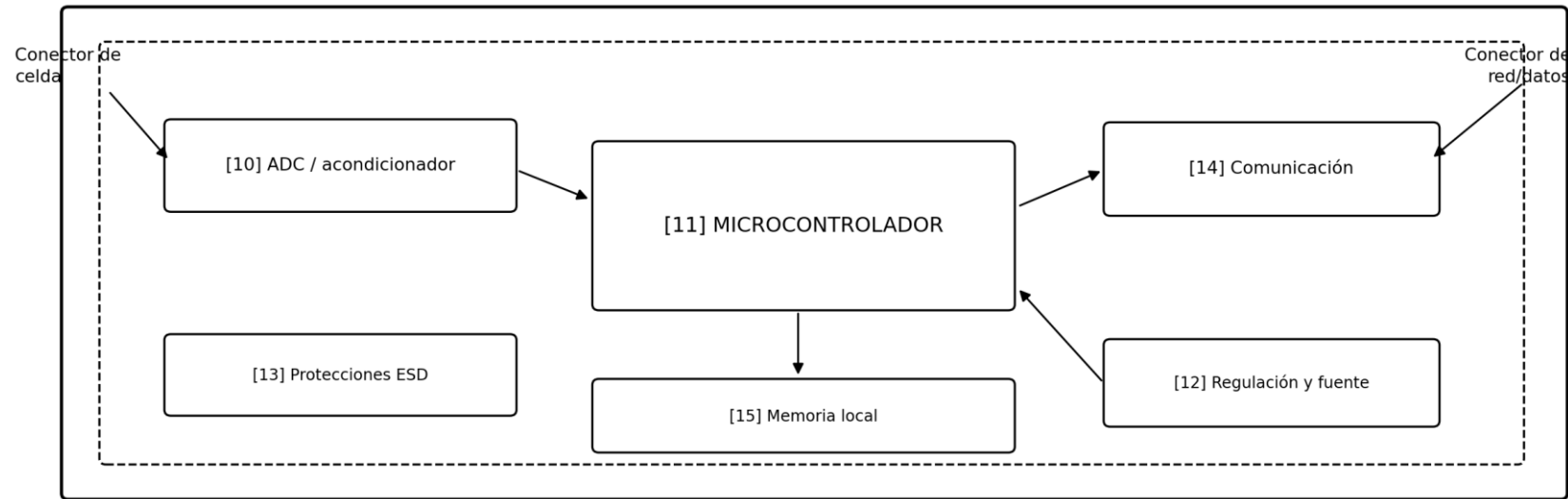
ESQUEMA FUNCIONAL • NO A ESCALA • COTAS, COMPONENTES Y ENSAYOS SUJETOS A VALIDACIÓN

Vinculación: FT-07, FT-10 a FT-12. Ilustra rutas eléctricas posibles. No constituye un esquema de terminales asignados ni pinout definitivo.

Control técnico: comprobación geométrica, especificaciones y conexiones por firmar. Responsable de integración: Fernando Décker Díaz. Fecha de diseño: 10/10/2026.

Lámina técnica DT-06

Plano DT-06. Gabinete electrónico y disposición funcional de componentes

PLANO DT-06 | GABINETE ELECTRÓNICO Y DISPOSICIÓN FUNCIONAL

Ubicación ilustrativa. Posiciones, huellas, disposición, pistas y compatibilidad EMI por diseñar.

La caja protege conectores y electrónica; elaborar el esquemático y PCB definitivos antes de fabricar.

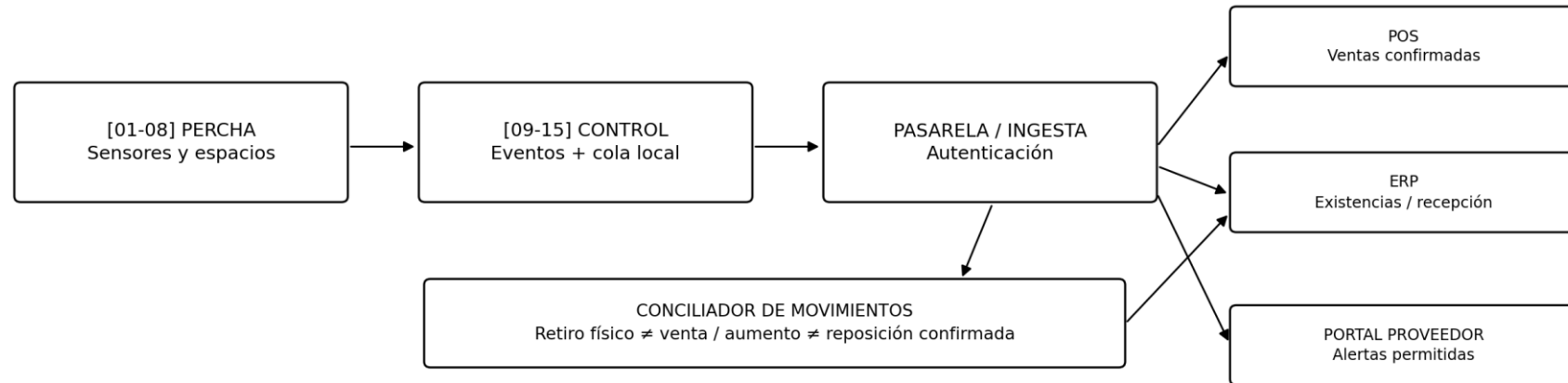
ESQUEMA FUNCIONAL • NO A ESCALA • COTAS, COMPONENTES Y ENSAYOS SUJETOS A VALIDACIÓN

Vinculación: FT-10 a FT-15, FT-29. Presenta una distribución de funciones en el gabinete; no constituye el trazado de PCB para fabricación.

Control técnico: comprobación geométrica, especificaciones y conexiones por firmar. Responsable de integración: Fernando Décker Díaz. Fecha de diseño: 10/10/2026.

Lámina técnica DT-07

Plano DT-07. Interconexión de percha, POS, ERP y portal de proveedores

PLANO DT-07 | INTERCONEXIÓN CON POS, ERP Y PROVEEDORES

Control de permisos: tienda → proveedor autorizado; acceso limitado por contrato y artículo.

Las observaciones locales no modifican por sí solas las transacciones oficiales ni generan pedidos firmes.

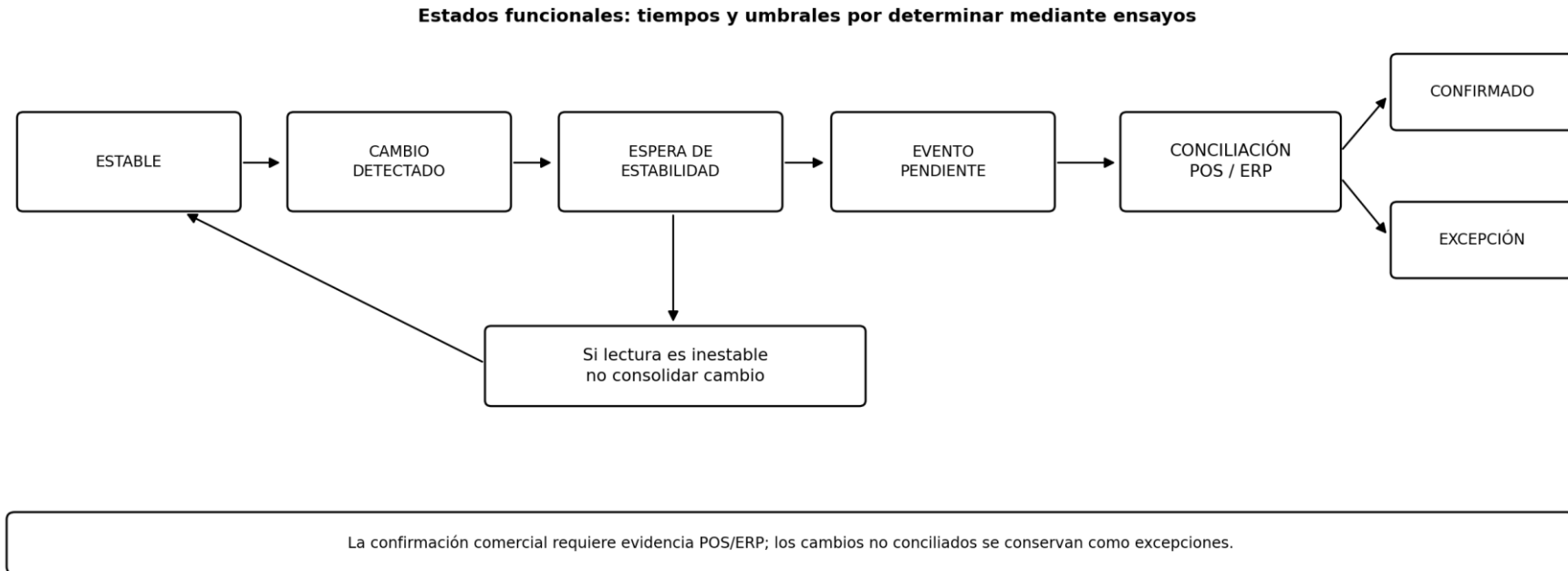
ESQUEMA FUNCIONAL • NO A ESCALA • COTAS, COMPONENTES Y ENSAYOS SUJETOS A VALIDACIÓN

Vinculación: FT-15, FT-19 a FT-28. Diferencia observaciones físicas de transacciones POS/ERP y limita los datos compartidos con proveedores.

Control técnico: comprobación geométrica, especificaciones y conexiones por firmar. Responsable de integración: Fernando Décker Díaz. Fecha de diseño: 10/10/2026.

Lámina técnica DT-08

Plano DT-08. Secuencia de estados y conciliación de movimientos físicos

PLANO DT-08 | SECUENCIA DE ESTADOS Y CONCILIACIÓN DE MOVIMIENTOS

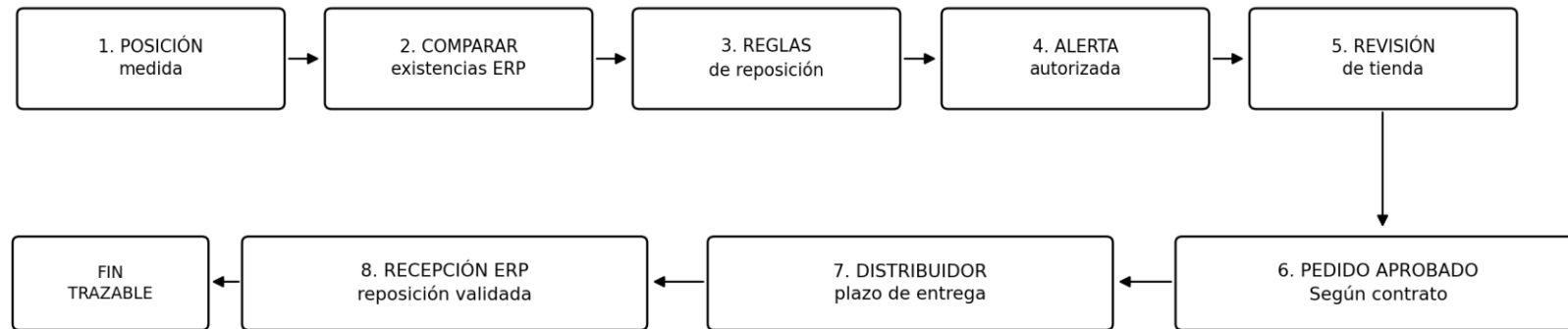
ESQUEMA FUNCIONAL • NO A ESCALA • COTAS, COMPONENTES Y ENSAYOS SUJETOS A VALIDACIÓN

Vinculación: FT-16, FT-18, FT-23 a FT-25. La venta solo se confirma en POS; retiros sin correlación permanecen como observaciones o excepciones.

Control técnico: comprobación geométrica, especificaciones y conexiones por firmar. Responsable de integración: Fernando Décker Díaz. Fecha de diseño: 10/10/2026.

Lámina técnica DT-09

Plano DT-09. Secuencia de reposición colaborativa con aprobación

PLANO DT-09 | SECUENCIA DE REPOSICIÓN COLABORATIVA AUTORIZADA

El suministro y el pedido requieren las aprobaciones operativas/contractuales acordadas.

Una alerta de stock bajo no equivale a una venta ni constituye una orden de compra automática.

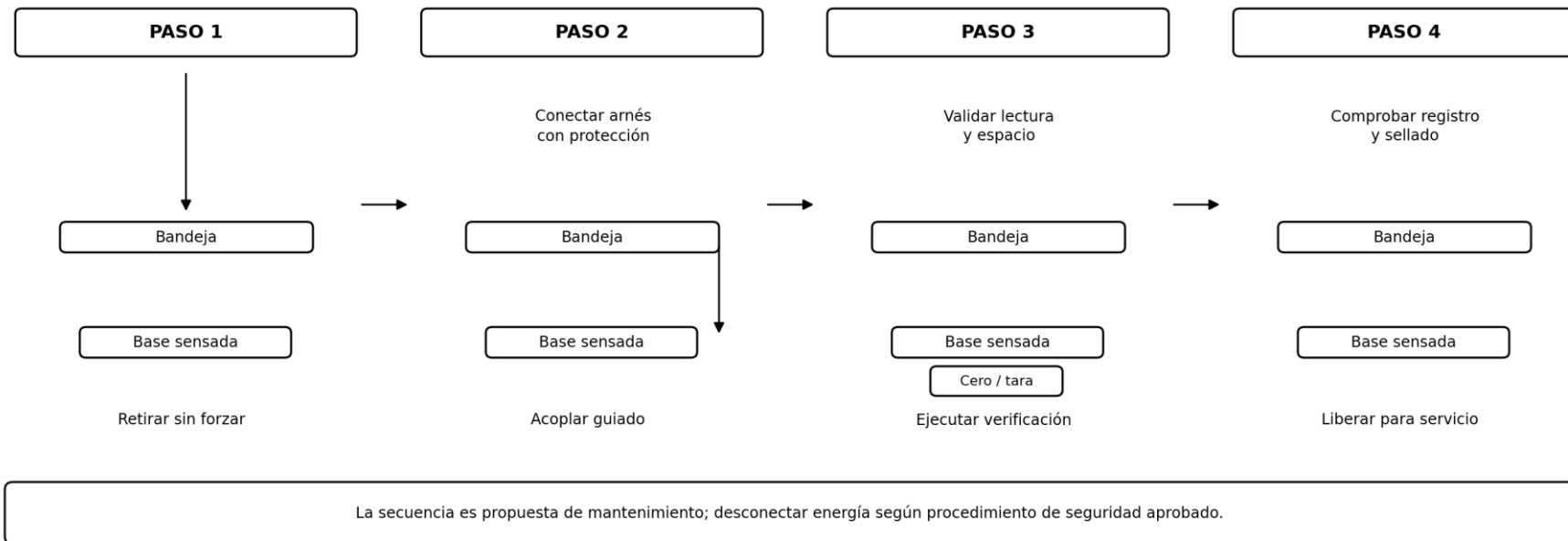
ESQUEMA FUNCIONAL · NO A ESCALA · COTAS, COMPONENTES Y ENSAYOS SUJETOS A VALIDACIÓN

Vinculación: FT-22, FT-26 a FT-28. Distingue detección de necesidad, alerta contractual y pedido aprobado por la tienda.

Control técnico: comprobación geométrica, especificaciones y conexiones por firmar. Responsable de integración: Fernando Décker Díaz. Fecha de diseño: 10/10/2026.

Lámina técnica DT-10

Plano DT-10. Instalación, desmontaje y reemplazo de bandeja

PLANO DT-10 | INSTALACIÓN, DESMONTAJE Y REEMPLAZO DE BANDEJA

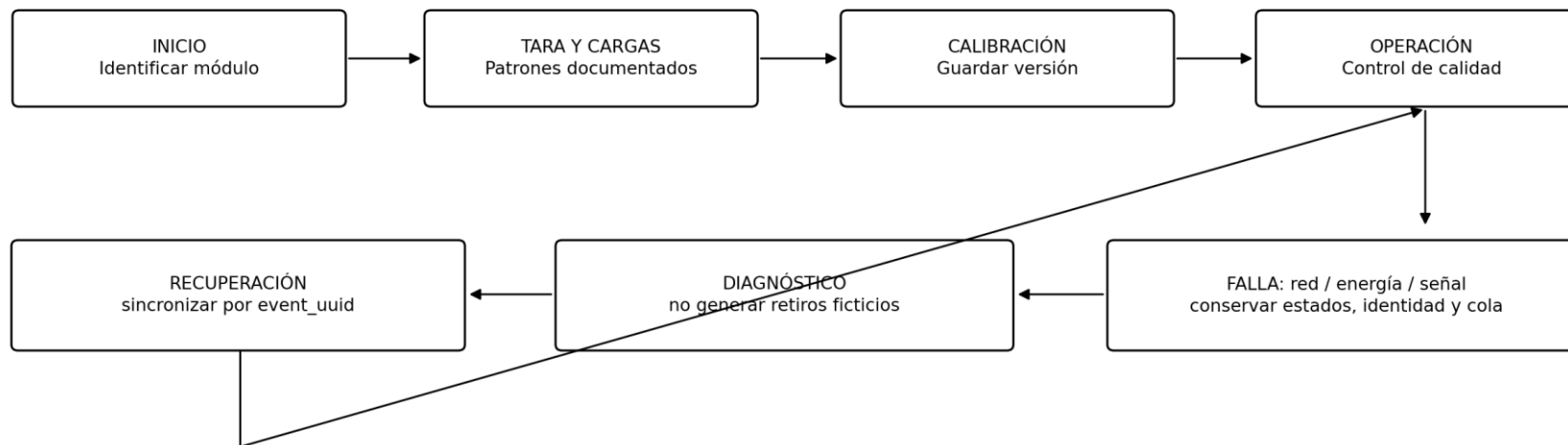
ESQUEMA FUNCIONAL • NO A ESCALA • COTAS, COMPONENTES Y ENSAYOS SUJETOS A VALIDACIÓN

Vinculación: FT-03, FT-07, FT-17, FT-34. Propone una secuencia de mantenimiento con protección de conexiones, tara y verificación posterior.

Control técnico: comprobación geométrica, especificaciones y conexiones por firmar. Responsable de integración: Fernando Décker Díaz. Fecha de diseño: 10/10/2026.

Lámina técnica DT-11

Plano DT-11. Calibración, diagnóstico y recuperación ante fallos

PLANO DT-11 | CALIBRACIÓN, DIAGNÓSTICO Y RECUPERACIÓN DE FALLAS

Registro: masa patrón, incertidumbre, versión, evento, resultado y firma del responsable.

No se declaran exactitud, autonomía, tasas de fallos ni aceptación sin un ensayo identificado y documentado.

ESQUEMA FUNCIONAL • NO A ESCALA • COTAS, COMPONENTES Y ENSAYOS SUJETOS A VALIDACIÓN

Vinculación: FT-14, FT-17, FT-20 a FT-21, FT-31 a FT-33. La calibración exige masas de referencia y registros; las fallas no deben originar movimientos ficticios.

Control técnico: comprobación geométrica, especificaciones y conexiones por firmar. Responsable de integración: Fernando Décker Díaz. Fecha de diseño: 10/10/2026.

APÉNDICE M. Control documental y revisión técnica

La firma certifica únicamente la revisión documentada en la fecha indicada. No implica concesión de patente ni conformidad de un prototipo que no haya superado las pruebas registradas.

Campo de control	Registro a completar
Versión del prototipo	
Plano mecánico de referencia	
Esquema electrónico y BOM	
Versión de firmware / servicios	
Resultados metrológicos	
Resultados de conciliación	
Resultados de resiliencia	
Lista de no conformidades	
Autorización de paso a la fase siguiente	
Fecha de revisión	10/10/2026

Integración técnica	Control documental	Revisión del proyecto
Fernando Décker Díaz	Magdalena Iralda Valero Camino	Revisión final de prototipo
Función: integración técnica propuesta	Función: responsable de revisión documental	Estado: no acreditada
Fecha documental: 10/10/2026	Fecha documental: 10/10/2026	Fecha documental: 10/10/2026
Firma: pendiente de suscripción	Firma: pendiente de suscripción	Firma: pendiente de validación

APÉNDICE N. Visualizaciones del producto desde varios ángulos

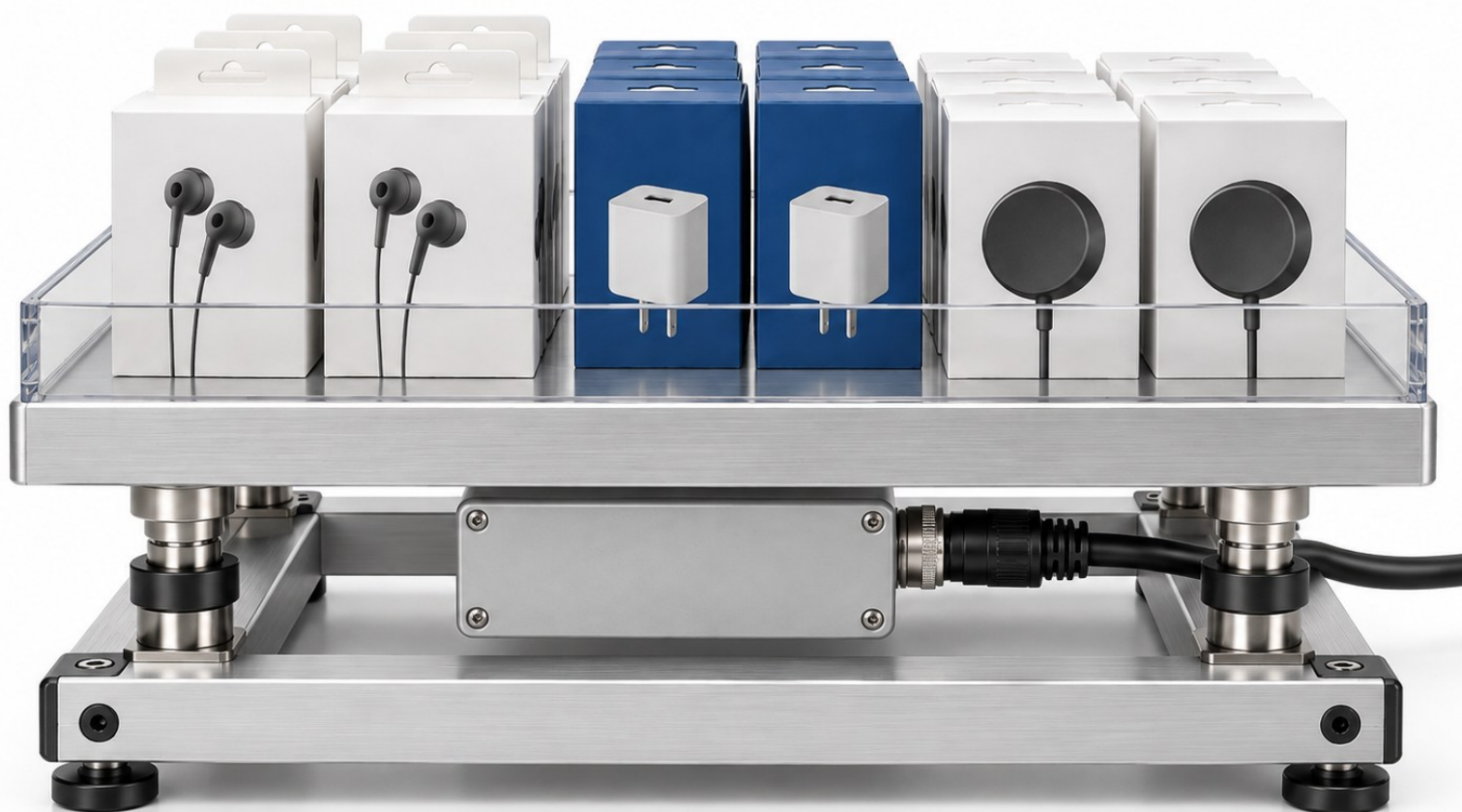
Los modelos ilustran ocho perspectivas posibles del módulo y su incorporación a una percha comercial. Son representaciones digitales del diseño, no fotografías de una pieza fabricada ni constancia de funcionamiento.

Estado documental: diseño conceptual final fechado el 10 de octubre de 2026. La geometría, los componentes de compra y los resultados de pruebas siguen pendientes de validación.

Visualización V-01. Perspectiva isométrica del módulo sensado con mercancía de exhibición.



Visualización V-02. Vista frontal del soporte y gabinete de conexión.



Visualización V-03. Detalle del conector industrial y del cableado inferior.



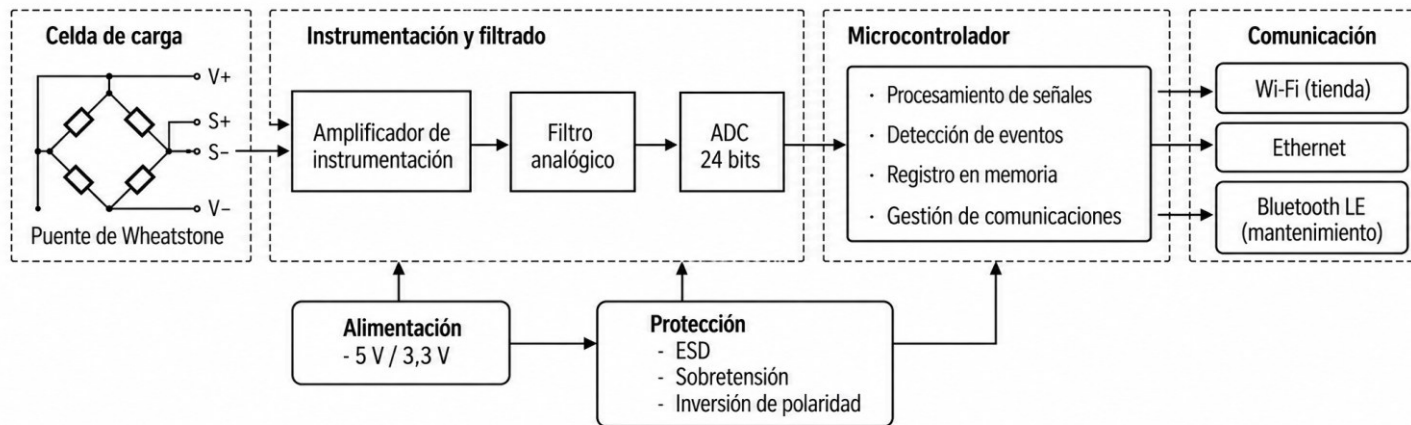
Visualización V-04. Aplicación del módulo en una percha comercial instalada.



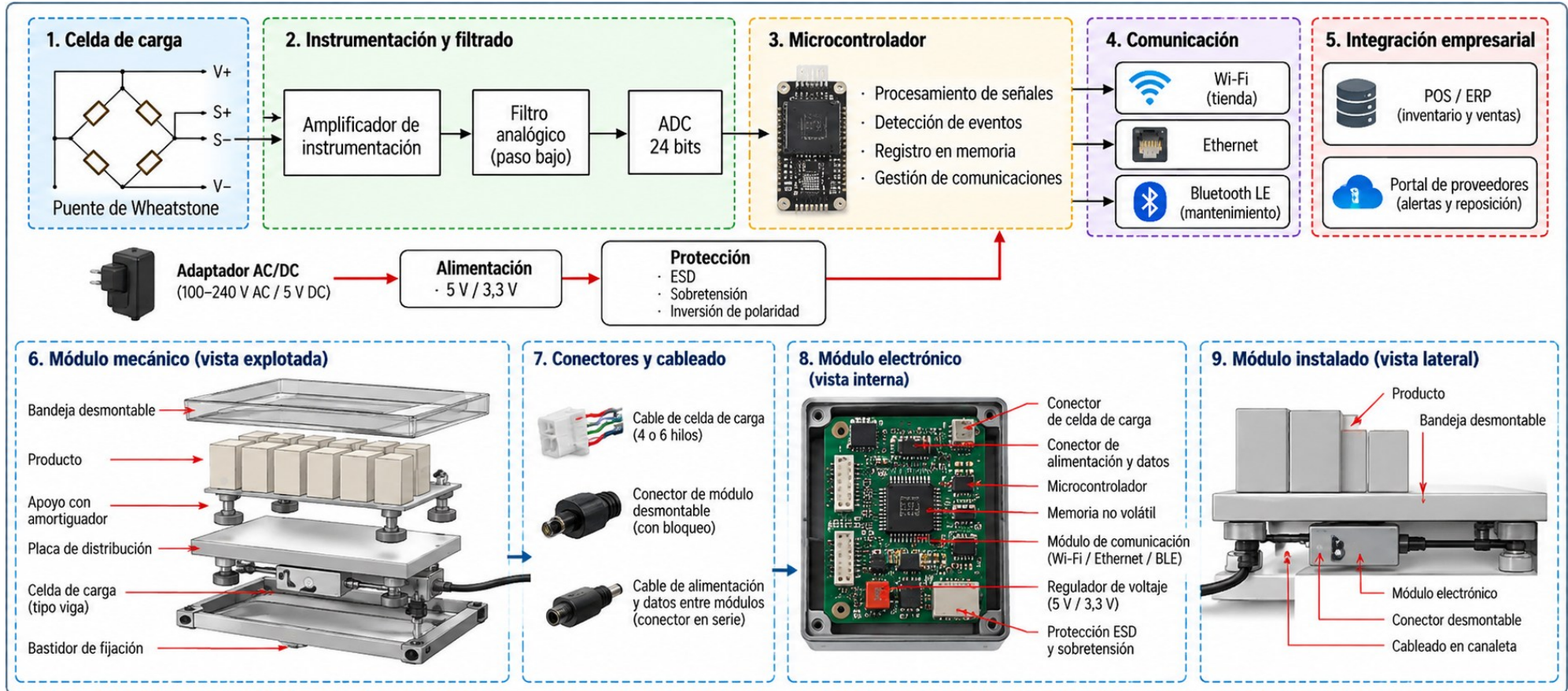
APÉNDICE O. Diagramas ampliados y otras vistas del conjunto

Los dos diagramas amplían la ruta de señales y la ubicación de componentes. Las vistas de conjunto complementan las láminas mecánicas, sin fijar dimensiones, conectores comerciales ni esquemas eléctricos de fabricación.

Esquema E-01. Cadena de medición, protección y canales de comunicación.

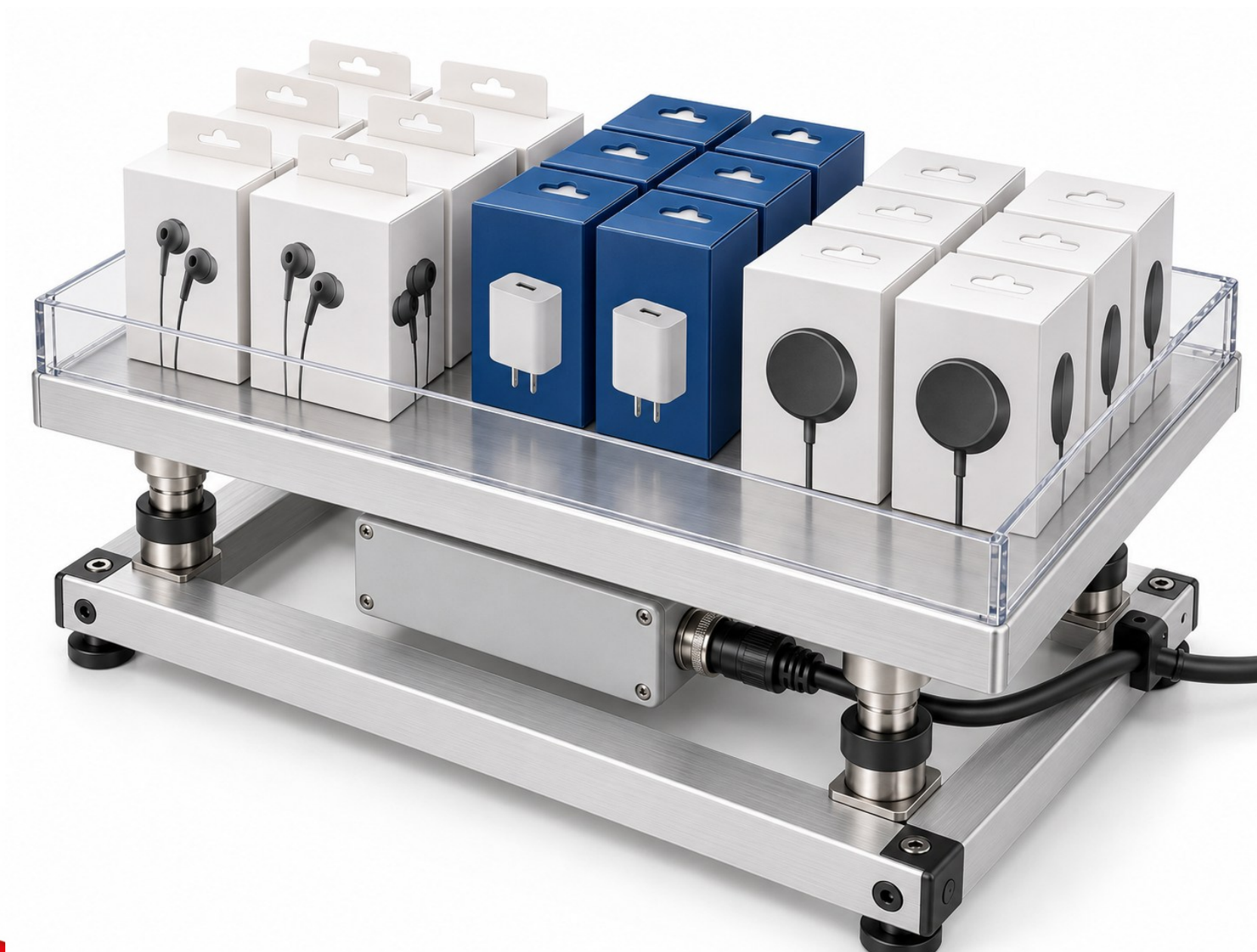


Esquema E-02. Integración física, electrónica e informática del sistema.





Visualización V-06. Vista del conjunto desde el frente.



Visualización V-07. Disposición de productos tecnológicos y accesorios.





Sinopsis

Esta obra presenta la arquitectura técnica de un sistema modular de perchas inteligentes orientado al control físico de inventarios, la reposición colaborativa y la integración con plataformas comerciales. El texto expone la lógica de sensado, la organización de eventos trazables, la conciliación con sistemas POS/ERP y los criterios de diseño necesarios para comprender, documentar y proyectar el desarrollo del dispositivo en entornos comerciales reales.

Contenido destacado

-  Fundamentos del sistema modular de perchas inteligentes
-  Arquitectura mecánica, electrónica y de comunicaciones
-  Gestión de inventario físico y eventos trazables
-  Integración con POS/ERP y reposición colaborativa
-  Fichas técnicas, planos y visualizaciones del diseño

Documento técnico de referencia para diseño, integración y desarrollo de soluciones inteligentes de exhibición comercial.

Guayaquil, Ecuador · 2026

ISBN: 978-9907-851-07-6



9 789907 851076