

## Roadmap Técnico de Desarrollo: ERP Industrial (Ciclo de Vida Anual)

**Versión del Documento:** 3.0 (Fases 1, 2, 3 y 4) **Enfoque:** Desarrollo, Estabilización y Operación Continua **Objetivo General:** Construir un ERP industrial integral, garantizar su adopción operativa y asegurar su sostenibilidad técnica y financiera durante el primer año.

### FASE 1: NÚCLEO OPERATIVO (Semanas 0 - 8)

#### Semana 0 – Definiciones Base y Arquitectura

**Estado:** Obligatoria / No visible para el usuario final. **Objetivo Estratégico:** Evitar deuda técnica temprana y errores estructurales costosos de refactorizar.

##### 1. Definición de Estados Globales

Se debe estandarizar la máquina de estados para todas las entidades del sistema (Usuarios, Productos, Clientes, Documentos).

- **Activo:** El registro es operativo y visible en listas de selección.
- **Inactivo:** El registro existe, pero no es seleccionable para nuevas operaciones (preserva integridad histórica).
- **Bloqueado/Suspendido:** Específico para usuarios o clientes con problemas de crédito/seguridad.
- **Borrador/Pendiente/Aprobado/Anulado:** Ciclo de vida para documentos transaccionales (OC, Pedidos).

##### 2. Política de Persistencia de Datos (Soft Delete)

- **Regla de Oro:** Nadie borra registros físicos de la base de datos (DELETE FROM...).
- **Implementación:** Todos los modelos deben tener un campo `deleted_at` (nullable).
- **Lógica:** Las consultas por defecto filtran `where deleted_at is null`. Esto garantiza la integridad referencial histórica (ej. un producto vendido hace 2 años no puede desaparecer, aunque ya no se venda).

##### 3. Auditoría Estándar (Campos de Control)

Cada tabla del sistema debe incluir obligatoriamente las siguientes columnas:

- `created_at` (Timestamp): Fecha y hora exacta de creación.
- `created_by` (FK User): ID del usuario que creó el registro.
- `updated_at` (Timestamp): Última modificación.
- `updated_by` (FK User): ID del usuario que realizó el último cambio.

- **Recomendación:** Implementar un log de cambios (audit trail) en tabla separada para módulos críticos (precios, stock) que guarde el "valor anterior" y "valor nuevo".

#### 4. Convención de Codificación (Naming Convention)

Definir la generación de códigos únicos para evitar colisiones.

- **Maestros:** SKU-0001, PROV-0001.
- **Documentos:** OC-{Año}-{Correlativo} (ej. OC-2024-00001), OP-2024-0045.
- **Base de datos:** Definir si se usarán UUIDs o Integers autoincrementables como Primary Keys (recomendación: UUID para sistemas distribuidos, Integer para sistemas monolíticos simples).

### Semana 1 – Seguridad y Configuración (Fundamentos)

**Objetivo:** Control de acceso granular (RBAC). "No continúes si cualquiera puede hacer cualquier cosa".

#### 1. Módulos y Entidades

- **Usuarios:** Datos personales, credenciales encriptadas (bcrypt/argon2), estado de cuenta.
- **Roles:** Agrupadores de permisos (ej. "Administrador", "Almacenero", "Ventas").
- **Permisos:** Acciones atómicas (ej. user.create, inventory.adjust, price.view).

#### 2. Funcionalidad Crítica

- **Autenticación:** Login seguro (JWT o Sesiones), Logout, Recuperación de contraseña básica.
- **Middleware de Seguridad:** Interceptar cada petición al servidor para validar:
  1. ¿El usuario está logueado?
  2. ¿El usuario tiene el permiso específico para esta acción?
- **Bitácora de Acceso (Log de Seguridad):** Registrar IP, User Agent, Fecha y Usuario de cada inicio de sesión exitoso y fallido.

#### 3. Entregable Técnico

- Sistema de Login funcional.
- Seed (semilla) de base de datos que crea al primer "Super Admin" automáticamente.
- CRUD de Usuarios y Asignación de Roles.

- Visualización de la matriz de permisos.

## **Semana 2 – Maestros Críticos (Catálogos Base)**

**Objetivo:** Datos limpios, normalizados y reutilizables. Todo el sistema ERP "cuelga" de estos datos.

### **1. Gestión de Materiales y Servicios**

- **Unidades de Medida (UOM):** Definir unidades base (kg, und, m).
- **Conversiones:** Factor de conversión (ej. 1 Caja = 12 Unidades). Fundamental para comprar en cajas y vender/consumir en unidades.
- **Maestro de Ítems (Productos/Insumos):**
  - SKU, Descripción, Tipo (Producto Terminado, Materia Prima, Servicio, Activo Fijo).
  - Atributos de control: ¿Maneja stock? ¿Es vendible? ¿Es comprable?

### **2. Terceros (Business Partners)**

- **Unificación:** Considerar una estructura única para "Terceros" que pueden actuar como Clientes y Proveedores simultáneamente, o tablas separadas si la lógica de negocio es muy distinta.
- **Validaciones:** RUT/DNI único, formato de correo válido.
- **Direcciones:** Estructura normalizada (Calle, Ciudad, País, Código Postal) para futuros despachos.

### **3. Entregable Técnico**

- Formularios de creación con validaciones estrictas (frontend y backend).
- Buscadores rápidos de productos y terceros.
- Base de datos poblada con datos de prueba realistas.

## **Semana 3 – Inventario Básico (El Corazón del ERP)**

**Objetivo:** Trazabilidad absoluta de cantidades. Saber qué entra, qué sale y el saldo actual.

### **1. Estructura de Almacén**

- **Multi-almacén:** Capacidad de definir "Principal", "Producción", "Mermas", "En Tránsito".

### **2. El Kardex (Libro Mayor de Inventario)**

Esta es la tabla más importante del sistema. No se debe modificar un saldo directamente; se debe calcular basado en movimientos.

- **Estructura del Movimiento:**
  - Tipo (Entrada/Salida).
  - Concepto (Compra, Venta, Ajuste, Transferencia).
  - Cantidad, Costo Unitario, Costo Total.
  - Saldo resultante (Snapshot del momento).

### 3. Operaciones

- **Ajustes de Inventario:** Entrada o salida manual forzosa. *Requisito:* Campo obligatorio de "Motivo/Observación".
- **Transferencias:** Movimiento atómico (Resta de Almacén A y Suma en Almacén B). Manejo de transacciones de base de datos (commit/rollback) para evitar inconsistencias si falla una parte.

### 4. Entregable Técnico

- Consulta de Stock actual en tiempo real.
- Reporte de Kardex (historial de movimientos por ítem).
- Validación: El stock no puede ser negativo (configuración opcional pero recomendada en estricto).

## Semana 4 – Compras (Abastecimiento)

**Objetivo:** Formalizar el ingreso de stock y la deuda con proveedores.

### 1. Flujo de Compras

1. **Orden de Compra (OC):** Documento legal enviado al proveedor. No mueve stock, pero "compromete" presupuesto.
2. **Recepción (Ingreso a Almacén):** El momento en que la mercadería llega.
  - *Regla:* La recepción alimenta el Kardex (Entrada por Compra).
  - *Validación:* No recibir más de lo pedido (o requerir autorización para excedentes).
3. **Registro de Factura de Compra:** Vinculación fiscal. Genera la Cuenta por Pagar.

### 2. Finanzas Básicas (Cuentas por Pagar)

- Registro de la deuda asociada al proveedor.
- Fecha de vencimiento de la factura.

### 3. Entregable Técnico

- Generación de PDF de Orden de Compra.
- Trazabilidad: Ver qué OC generó qué Ingreso de Almacén.
- Estado de cuenta simple por proveedor.

## **Semana 5 – Ventas (Comercial)**

**Objetivo:** Controlar salidas, facturación y cuentas por cobrar.

### **1. Flujo de Ventas**

- 1. Pedido de Venta (Nota de Pedido):**
  - Reserva de stock lógica (Stock Comprometido).
  - Validación de precios según lista asignada al cliente.
- 2. Despacho (Remisión/Guía):**
  - Resta física del inventario (Salida por Venta en Kardex).
  - Validación: No se puede despachar si no hay stock físico.
- 3. Facturación:** Emisión del comprobante fiscal. Genera la Cuenta por Cobrar.

### **2. Finanzas Básicas (Cuentas por Cobrar)**

- Registro de deuda del cliente.
- Límite de crédito: Bloquear pedido si el cliente excede su cupo o tiene deuda vencida.

### **3. Entregable Técnico**

- Ciclo completo: Pedido -> Despacho -> Factura.
- Reporte de "Pedidos pendientes de despacho".
- Reporte de ventas por cliente/producto.

## **Semana 6 – Tesorería Básica**

**Objetivo:** Gestión de liquidez. Cerrar el ciclo financiero de Compras y Ventas.

### **1. Definiciones**

- **Cajas y Bancos:** Entidades donde se almacena el dinero.
- **Conceptos de Tesorería:** Pago a proveedores, Cobro a clientes, Gastos generales, Aportes.

### **2. Operaciones**

- **Cobros (Ingresos):** Seleccionar una o varias facturas de venta pendientes y aplicar un pago. Actualizar saldo de la factura.

- **Pagos (Egresos):** Seleccionar facturas de compra y registrar la salida de dinero.
- **Caja Chica:** Apertura y Arqueo (Cierre) de caja diario.

### 3. Entregable Técnico

- Reporte de Flujo de Caja (Entradas vs Salidas).
- Estado de carteras (Cuentas por cobrar y pagar actualizadas).
- Historial de movimientos bancarios dentro del sistema.

### Semana 7 – Estabilización y "Hardening"

**Objetivo:** Pagar deuda técnica, corregir UX y asegurar estabilidad antes de escalar.

**Prohibido desarrollar nuevas funcionalidades esta semana.**

#### Actividades Críticas

1. **Refactorización de Código:** Revisar consultas SQL lentas, limpiar código duplicado.
2. **Validación de Datos (Sanity Check):** Scripts para verificar que  $\text{Suma de Entradas} - \text{Suma de Salidas} = \text{Stock Actual}$ . Si no da 0, hay un bug que corregir ahora.
3. **Mejora de UX:**
  - Agregar "Breadcrumbs" (migas de pan) para navegación.
  - Mejorar mensajes de error (que sean amigables para el usuario, no "Error 500").
  - Optimizar la carga de selectores (combobox) con muchos datos.
4. **Permisos Faltantes:** Asegurar que cada botón nuevo tenga su validación de permiso `can()`.

#### Entregable

- Versión 1.0 Estable (Release Candidate).
- Sistema listo para pruebas de usuario (UAT) sin errores bloqueantes.

### Semana 8 – Producción Nivel 1 (Inicio de Manufactura)

**Objetivo:** Controlar la transformación de insumos en productos terminados.

#### 1. Ingeniería de Producto

- **Lista de Materiales (BOM / Recetas):** Definir qué insumos y en qué cantidades se necesitan para producir 1 unidad de producto terminado.
  - *Reto:* Manejar unidades correctamente (ej. La receta pide 500g de harina, pero en inventario tengo sacos de 50kg).

## 2. Orden de Producción (OP) - Flujo Simple

1. **Creación de OP:** "Quiero fabricar 100 unidades del Producto X".
2. **Explosión de Materiales:** El sistema calcula los insumos necesarios (100 \* Receta).
3. **Reserva/Consumo:**
  - Se descuentan los insumos del almacén de Materia Prima (Salida por Producción).
4. **Entrada de Producción:**
  - Se ingresan las 100 unidades al almacén de Producto Terminado (Entrada por Producción).
  - **Costeo:** El costo del producto terminado es la suma del costo de los insumos utilizados (+ mano de obra opcional).

## 3. Entregable Técnico

- Módulo de Recetas.
- Ejecución de una Orden de Producción que rebaje insumos y cree producto final automáticamente.
- Cálculo básico del costo de producción.

## FASE 2: MANUFACTURA AVANZADA Y CALIDAD (Semanas 9 - 16)

### Semana 9 – MRP Básico (Planificación de Materiales)

**Objetivo:** Responder a la pregunta: "¿Qué necesito comprar para producir esto?"

#### 1. Lógica MRP (Material Requirements Planning)

- **Cálculo de Necesidades:**
  - Input: Pedidos de Venta + Órdenes de Producción planificadas.
  - Proceso: Explotar Recetas vs. Stock Disponible vs. Stock en Tránsito (OCs abiertas).
  - Output: Sugerencia de compra.

#### 2. Entregable Técnico

- **Reporte de Abastecimiento:** "Para cumplir la producción de la próxima semana, faltan 50kg de Insumo A y 200 tapas de Insumo B".
- Generación automática (o asistida) de Órdenes de Compra desde el reporte.

### Semana 10 – Calidad (QA/QC)

**Objetivo:** Evitar que entre basura al almacén o que salga basura al cliente.

### 1. Puntos de Control

- **Calidad en Recepción:** Inspección de materia prima antes de darle entrada al almacén.
  - Estado: En Cuarentena -> Aprobado o Rechazado.
- **Calidad en Producción:** Inspección del producto terminado antes de cerrar la OP.

### 2. Entregable Técnico

- Módulo de Pruebas de Calidad (Checklists configurables).
- Flujo de rechazo (Devolución a proveedor o destrucción de merma).
- Certificados de calidad imprimibles.

## Semana 11 – Trazabilidad Avanzada (Lotes y Series)

**Objetivo:** Cumplimiento normativo y capacidad de retirar producto del mercado (Recall).

### 1. Gestión de Lotes

- Asignar número de lote y fecha de vencimiento al recibir materia prima.
- **FIFO / FEFO:** Obligar al sistema a sugerir el lote más antiguo o próximo a vencer.
- Trazabilidad completa: "El Lote A del proveedor X se usó en la OP-100 para crear el Producto Y, que se vendió al Cliente Z".

### 2. Entregable Técnico

- Kardex detallado por lote.
- Alertas de productos próximos a vencer.
- Bloqueo automático de lotes vencidos.

## Semana 12 – Costos Reales y Contabilidad Analítica

**Objetivo:** Saber cuánto ganamos realmente.

### 1. Métodos de Valuación

- Implementación estricta del **Promedio Ponderado (PMP)** o **PEPS** para valorar el inventario.
- Asignación de **Costos Indirectos de Fabricación (CIF)** a las Órdenes de Producción (Luz, agua, alquiler prorrateado por horas máquina).



## **2. Entregable Técnico**

- Reporte de Rentabilidad Real por Producto (Precio Venta - Costo Real de Producción).
- Valorización total del inventario (Dinero inmovilizado).

## **Semana 13 – Mantenimiento Industrial (CMMS Básico)**

**Objetivo:** Cuidar los activos fijos que permiten la producción.

### **1. Gestión de Activos**

- Maestro de Máquinas y Equipos.
- Plan de Mantenimiento Preventivo (basado en tiempo o ciclos de uso).

### **2. Órdenes de Trabajo (OT)**

- Registro de mantenimiento correctivo (reparaciones).
- Consumo de repuestos (integrado con Inventario).

### **3. Entregable Técnico**

- Calendario de mantenimientos.
- Hoja de vida de la máquina (Historial de fallas y arreglos).

## **Semana 14 – Integración Comercial (CRM y Cotizaciones)**

**Objetivo:** Gestionar la venta antes de que sea un pedido firme.

### **1. Embudo de Ventas**

- **Leads:** Prospectos interesados.
- **Cotizaciones:** Versión previa al Pedido de Venta. Control de versiones de cotización.
- **Conversión:** Un clic para transformar Cotización Aprobada -> Pedido de Venta.

### **2. Entregable Técnico**

- Historial de interacciones con el cliente.
- Seguimiento de cotizaciones abiertas vs. cerradas.

## **Semana 15 – Recursos Humanos (Mano de Obra Directa)**

**Objetivo:** Controlar quién hace qué y su impacto en el costo.

### **1. Control de Asistencia en Planta**

- Registro de entrada/salida de operarios.
- Asignación de horas hombre a Órdenes de Producción específicas.

## **2. Entregable Técnico**

- Reporte de eficiencia por operario.
- Costo de mano de obra real cargado a la OP.

### **Semana 16 – Estabilización Fase 2 (Sprint de Cierre)**

**Objetivo:** Consolidar todos los módulos avanzados.

- Pruebas de integración masivas (End-to-End): Desde la Cotización hasta el cobro, pasando por compra de insumos, producción con lotes y despacho.
- Optimización de rendimiento de base de datos (Índices para búsquedas de lotes).
- **Entregable:** Versión 2.0 (ERP Industrial Completo).

### **FASE 3: INTELIGENCIA Y EXPANSIÓN (Semanas 17 - 24)**

#### **Semanas 17-18 – Inteligencia de Negocios (BI)**

**Objetivo:** Dejar de ver pantallas operativas y empezar a tomar decisiones estratégicas.

- **Dashboards Ejecutivos:** KPIs en tiempo real (Ventas del día, Producción vs Meta, Cuentas por Cobrar críticas).
- **Cubos de Datos:** Análisis multidimensional (Ventas por zona, por vendedor, por familia de producto).
- **Reportes Programados:** Envío automático de PDFs al correo del gerente cada lunes a las 8:00 AM.

#### **Semanas 19-20 – API y Conectividad**

**Objetivo:** Abrir el ERP al mundo.

- **API RESTful:** Documentación para terceros.
- **Integración E-commerce:** Conectar con Shopify/WooCommerce para bajar pedidos y subir stock automáticamente.
- **Facturación Electrónica:** Conexión nativa con la entidad tributaria del país (SAT, DIAN, SUNAT, SII, etc.).

#### **Semanas 21-22 – Movilidad (App de Planta y WMS)**

**Objetivo:** Llevar el ERP al lugar de la acción (el piso de planta).

- **App para Almaceneros:** Uso de lectores de código de barras/QR para recepciones y picking (WMS Móvil).
- **App para Operarios:** Pantallas táctiles simples para iniciar/detener producción y reportar avances.

#### **Semanas 23-24 – Cierre de Proyecto y Lanzamiento (Go-Live)**

**Objetivo:** Transición del entorno de desarrollo al productivo.

- **Documentación Final:** Manuales de usuario y Diccionario de datos técnico.
- **Capacitación:** Plan de entrenamiento a usuarios clave (Train the Trainers).
- **Migración de Datos:** Carga de saldos iniciales (Inventario, Cuentas por Cobrar/Pagar).
- **Go-Live:** Puesta en producción definitiva.

#### **FASE 4: OPERACIONES, MANTENIMIENTO Y EVOLUCIÓN (Semanas 25 - 52)**

**Fase:** Post-Implementación **Objetivo:** El proyecto no termina al "salir en vivo". Esta fase asegura que el sistema sobreviva al uso real, escale con la empresa y se mantenga seguro.

##### **Semanas 25-28 – Periodo de Hypercare (Soporte Intensivo)**

**Objetivo:** Estabilizar el sistema ante el impacto de usuarios reales operando día a día.

##### **1. Gestión de Incidentes**

- **War Room:** Reunión diaria de triage de errores (Bugs Críticos vs Mejoras).
- **Parches en Caliente (Hotfixes):** Despliegues rápidos para corregir errores bloqueantes sin esperar al ciclo normal.
- **Monitoreo de Adopción:** Verificar que los usuarios realmente estén usando el sistema y no volviendo a Excel "por fuera".

##### **2. Entregable Técnico**

- Informe de estabilidad del primer mes.
- Lista de "Lecciones Aprendidas" para el equipo de desarrollo.

##### **Semanas 29-32 – DevOps y Automatización de Infraestructura**

**Objetivo:** Reducir la carga manual del equipo técnico y asegurar la disponibilidad.

##### **1. Infraestructura Robusta**

- **CI/CD (Integración y Despliegue Continuo):** Automatizar los tests y la subida a producción para evitar errores humanos en los deploys.
- **Escalado Automático:** Configuración de servidores para soportar picos de carga (ej. cierre de mes).
- **Backups Automatizados:** Pruebas de restauración (no basta con hacer backup, hay que probar que sirve).

##### **2. Entregable Técnico**

- Pipeline de despliegue automatizado.
- Sistema de alertas en tiempo real (Notificaciones a Slack/Teams si el servidor cae).

## **Semanas 33-40 – Auditoría de Seguridad y Compliance**

**Objetivo:** Blindar el activo digital de la empresa.

### **1. Seguridad Ofensiva y Defensiva**

- **Pentesting:** Pruebas de penetración para encontrar vulnerabilidades antes que los atacantes.
- **Auditoría de Accesos:** Revisión de roles. ¿Quién tiene permisos de admin y por qué?
- **Logs Fiscales:** Asegurar que los registros contables son inmutables para auditorías gubernamentales.

### **2. Entregable Técnico**

- Reporte de vulnerabilidades corregidas.
- Certificado de seguridad interna.

## **Semanas 41-52 – Optimización y Roadmap Año 2**

**Objetivo:** Pasar de "Mantener" a "Evolucionar".

### **1. Análisis de Rendimiento (Performance Tuning)**

- Identificar consultas SQL lentas con datos reales (ahora que la BD tiene miles de registros).
- Archivo de datos históricos (Data Archiving) para mantener el sistema ligero.

### **2. Planificación Estratégica**

- **Análisis de ROI:** ¿Cuánto dinero ha ahorrado la empresa con el ERP?
- **Encuestas de Satisfacción:** Feedback directo de los operarios y gerentes.
- **Roadmap Versión 3.0:** Definición de nuevos módulos para el siguiente año (ej. IA para predicción de demanda, Mantenimiento Predictivo IoT).

### **3. Entregable Final del Año**

- **Informe Técnico de Rendimiento:** Métricas comparativas (antes vs. después de la optimización) demostrando la mejora en velocidad y estabilidad.
- **Roadmap 3.0 Aprobado:** Documento oficial con el alcance detallado, presupuesto estimado y cronograma para el segundo año de desarrollo.

- **Cierre Formal del Proyecto (Año 1): Acta de conformidad firmada por la gerencia, marcando el fin exitoso de la implementación inicial y el paso a la fase de soporte y mejora continua.**