Centro de Especializaciones Noeder

Florida Global University

Diplomado de Especialización

# GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO Y LOGÍSTICA

CICLO REGULAR

## MÓDULO V

CLASE 1

## PLANIFICACIÓN INTEGRADA Y LEAN LOGISTICS

Mg. Ing. Jonatan Livia Ayala

# RESUMEN VISUAL DE LA CLASE 2: MAPA CONCEPTUAL

## ESTRUCTURA GENERAL DE LA CLASE 1 DEL MÓDULO V

### 01. PLAN MAESTRO (MPS)

Desglose semanal del S&OP a nivel de SKU, cálculo del inventario proyectado (*PAB*) y compromiso comercial (*ATP*).

### 02. SISTEMA MRP I

Lógica de demanda dependiente, listas de materiales (*BOM*), explosión en cascada y compensación por *Lead Time*.

### 03. TALLERES PRÁCTICOS

Resolución de tablas operativas de MPS/ATP, dimensionamiento de lotes (*L4L*, *EOQ*, *POQ*) e integración ERP.

**Objetivo de Aprendizaje (Chopra Caps. 8, 9 y 11):** Diseñar programas maestros y calcular requerimientos netos de compra y manufactura sincronizando ventas, planta y proveedores sin generar quiebres ni inventario ocioso.

# EL ECOSISTEMA DE PLANIFICACIÓN: DEL S&OP AL MPS Y MRP

## JERARQUÍA Y DESAGREGACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

### 1.S&OP (NIVEL AGREGADO)

- **Horizonte:** 3 a 18 meses (Mensual).
- **Unidad:** Familias de productos (ej. Toneladas de Pintura o Familias de Bebidas).
- **Objetivo:** Presupuesto y balance macro de capacidad fabril.

### 2.MPS (NIVEL TÁCTICO)

- **Horizonte:** 4 a 12 semanas (Semanal).
- **Unidad:** SKU terminado exacto (*End-Item*, ej. Lata Pintura Blanca 1 Galón).
- **Objetivo:** Programación de líneas y compromiso
- con Ventas.

### 3.MRP I (NIVEL OPERATIVO)

- **Horizonte:** Días / Semanas (Diario).
- **Unidad:** Componentes, materias primas y empaques individuales.
- **Objetivo:** Emisión de Órdenes de Compra y
- Producción.

**Importancia en la Vida Real:** Desconectar el S&OP del MPS genera el "efecto látigo interno": ventas promete volúmenes que la planta nunca programó en líneas específicas, disparando fletes aéreos de urgencia y paradas no planificadas.

# FUNDAMENTOS DEL PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN (MPS)

## MASTER PRODUCTION SCHEDULE: QUÉ, CUÁNTO Y CUÁNDO FABRICAR

El MPS es el contrato operativo formal entre el área comercial y la planta de manufactura:

### ALCANCE Y CARACTERÍSTICAS

- **Desagregación:** Traduce la demanda agregada en órdenes de ensamble específicas por código SKU.
- **Capacidad Finita (RCCP):** Se valida contra cuellos de botella mediante la Planeación de Capacidad a Corte Grueso **(Rough-Cut Capacity Planning).**
- **Desacople Comercial:** Evita que las urgencias comerciales de última hora rompan la secuencia de manufactura.

### BENEFICIOS DE UN MPS ESTABILIZADO

- **Reducción de Setup:** Agrupa corridas de producción óptimas minimizando tiempos de cambio de molde/formato.
- **Nivel de Servicio Confiable:** Garantiza fechas ciertas de despacho **(On-Time)** a clientes B2B.
- **Control de WIP:** Impide saturar las estaciones intermedias con órdenes no requeridas.

**Importancia en la Vida Real:** Sin un MPS formal, la planta opera bajo "la ley del que grita más fuerte": el vendedor con mayor influencia cambia la orden del día, generando reprocesos masivos y horas extras no presupuestadas.

# BARRERAS DE TIEMPO (TIME FENCES): CONTROL DEL NERVIOSISMO

## REGLAS DE GOBERNANZA ENTRE COMERCIAL Y OPERACIONES

Para evitar reprogramaciones caóticas, el horizonte de planeación se divide en tres zonas estrictas:

### 1.ZONA CONGELADA (FROZEN)

- **Horizonte:** Semanas 1 a 2.
- **Regla:** Cambios terminantemente prohibidos. La capacidad y materiales ya están en máquina.
- **Solo aprueba:** Gerencia General por emergencia extrema.

### 2.ZONA NEGOCIABLE (SLUSHY)

- **Horizonte:** Semanas 3 a 6.
- **Regla:** Se permiten cambios en la mezcla de SKUs siempre que la capacidad total y los insumos clave no varíen.
- **Negocian:** Jefe de Planta y Gerente Comercial.

### 3.ZONA LÍQUIDA (LIQUID)

- **Horizonte:** Semanas 7 a 12.
- **Regla:** Libertad total de ajuste del pronóstico. El sistema corre algoritmos automáticos sin restricción física inmediata.

**Importancia en la Vida Real:** Las **Time Fences** erradican el "Nerviosismo del MRP". Modificar una orden congelada en la semana 1 genera desabasto colateral en 10 órdenes distintas que compartían componentes.

# ESTRUCTURA MATEMÁTICA Y ELABORACIÓN DEL MPS

## BALANCE SEMANAL DE INVENTARIO PROYECTADO DISPONIBLE (PAB)

En cada periodo semanal *t*, el MPS evalúa si el inventario cubre la mayor demanda esperada:

$$PAB_t = PAB_{t-1} + MPS_t - \max(\text{Pronóstico}_t, \text{Pedidos Confirmados}_t)$$

### CRITERIO DEL MÁXIMO MAX(·)

- **En el corto plazo:** Mandan los pedidos confirmados por clientes (órdenes reales con O/C en mano).
- **En el mediano plazo:** Manda el pronóstico estadístico porque la cartera de pedidos aún no ha ingresado completamente.

### REGLA DE ACTIVACIÓN DE LOTE ($MPS^T$)

Si el inventario proyectado sin producción resulta menor al colchón de seguridad ($PAB_t < SS$), el sistema **activa inmediatamente un lote** $MPS_t$ igual a un múltiplo del tamaño de lote preestablecido ($Q$).

**Importancia en la Vida Real:** Utilizar max(Pronóstico, Pedidos) evita la trampa de subestimar la demanda: si las ventas reales explotan por encima del pronóstico, el MPS reacciona protegiendo el stock de seguridad.

# INVENTARIO DISPONIBLE PARA COMPROMETER (ATP)

## AVAILABLE TO PROMISE: LA HERRAMIENTA CLAVE DE VENTAS Y SERVICIO

El ATP calcula con exactitud las unidades libres de producción que Comercial puede vender sin riesgo:

$$ATP_1 = \text{Inv. Inicial} + MPS_1 - \sum \text{Pedidos Confirmados hasta el próximo } MPS$$

$$ATP_t = MPS_t - \sum \text{ Pedidos Confirmados en ese ciclo de producción } (t > 1)$$

### MECANISMO DE CÁLCULO

- El *ATP* **solo se calcula en la semana 1 y en las semanas donde se programa un lote** $MPS > 0$.
- Descuenta únicamente los pedidos reales confirmados de clientes (no descuenta pronósticos porque el pronóstico aún no tiene dueño).

### APLICACIÓN COMERCIAL

Si un cliente clave solicita una entrega urgente de 30 unidades para la semana 2, el vendedor consulta el *ATP*. Si $ATP \geq 30$, confirma el pedido al instante con fecha de entrega garantizada.

**Importancia en la Vida Real:** Elimina las "falsas promesas" de entrega. Vender contra stock teórico o contra pronóstico destruye el *OTIF* del cliente y genera penalidades comerciales severas.

# CASO PRÁCTICO: TABLA INTEGRAL DE MPS Y CÁLCULO DE ATP

**EJERCICIO RESUELTO MULTISEMANA (*SS* = 10 UN., LOTE *MPS* = 100 UN., INV. INICIAL = 30 UN.)**

| PARÁMETRO / SEMANA | SEM 1 | SEM 2 | SEM 3 | SEM 4 |
|---|---|---|---|---|
| **Pronóstico de Demanda** | 80 | 70 | 80 | 70 |
| **Pedidos Confirmados (Clientes)** | 90 | 60 | 30 | 10 |
| Inventario Proyectado (*PAB*) | 30 + 100 − 90 = **40** | 40 + 100 − 70 = **70** | 70 + 0 − 80 = **−10 → Alerta!** | 90 + 0 − 70 = **20** |
| Programa Maestro (*MPS*) | 100 | 100 | 100 **(Se activa)** | 0 |
| Disponible a Comprometer (*ATP*) | (30 + 100) − 90 = **40** | 100 − 60 = **40** | 100 − (30 + 10) = **60** | **-** |

- **Semana 3 Corregida:** Sin MPS el stock caía a −10 (quiebre). Se activa *MPS* = 100, dejando $PAB_3$ = 70 + 100 − 80 = **90 un**.
- **ATP Sem 3:** Como en Sem 4 no hay producción, el lote de Sem 3 (100) debe cubrir los pedidos de Sem 3 (30) y Sem 4 (10): $ATP_3$ = 100 − (30 + 10) = **60 un**.

# FUNDAMENTOS DEL SISTEMA MRP I: DEMANDA DEPENDIENTE

## MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING: SINCRONIZACIÓN DE INSUMOS

El MRP I es la disciplina algorítmica encargada de planificar qué componentes comprar y fabricar:

### DEMANDA INDEPENDIENTE VS. DEPENDIENTE

- **Independiente (SKU Final):** Se pronostica del mercado exterior mediante series de tiempo (ej. Bicicletas o Camiones).
- **Dependiente (Partes y Piezas): No se pronostica, se calcula matemáticamente** a partir del MPS (ej. Llantas, rayos, pernos y manubrios).

### LAS TRES PREGUNTAS CLAVE DEL MRP

1. **¿Qué** piezas se necesitan exactamente?
2. **¿Cuántas** unidades de cada pieza hacen falta?
3. **¿Cuándo** deben emitirse las órdenes para que lleguen a tiempo?

**Importancia en la Vida Real:** Pronosticar componentes dependientes de forma aislada genera inventarios muertos. Si el MPS baja la producción de bicicletas, el MRP recorta automáticamente las órdenes de rayos sin acumular stock inútil.

# ENTRADAS CLAVE (INPUTS) DEL SISTEMA MRP I

## LOS TRES PILARES MAESTROS DE INFORMACIÓN DEL MOTOR COMPUTACIONAL

### 1. PLAN MAESTRO (MPS)

Alimenta las cantidades exactas y fechas requeridas de productos finales (*Nivel* 0) derivadas de la demanda del cliente.

### 2. LISTA DE MATERIALES (BOM)

Estructura de ingeniería detallada con coeficientes técnicos de consumo de cada suben samble y materia prima.

### 3. REGISTRO DE INVENTARIO

Stock disponible físico en almacén, recepciones programadas en tránsito (*SR*) y **Lead Time** (*L*) de abastecimiento.

**Importancia en la Vida Real ("Garbage In, Garbage Out"):** Si la exactitud del inventario (*ERI*) es menor al 95% o si la lista BOM no está actualizada con la última receta de ingeniería, el MRP generará órdenes de compra erróneas, paralizando la línea de ensamble por un simple perno faltante.

# LA ESTRUCTURA DE MATERIALES (BOM - BILL OF MATERIALS)

## ÁRBOL DEL PRODUCTO Y NIVELES DE ENSAMBLE JERÁRQUICO

La BOM es la receta técnica formal que define cómo se fabrica cada producto terminado:

### JERARQUÍA DE NIVELES (ÁRBOL BOM)

- **Nivel 0 (Producto Padre):** El producto final listo para la venta (ej. Bicicleta Urbana Modelo A).
- **Nivel 1 (Subensambles Mayores):** Módulos ensamblados en planta (ej. 2 Ruedas armadas + 1 Cuadro pintado).
- **Nivel 2 (Componentes Base / Insumos):** Partes compradas a proveedores (ej. Neumáticos, rayos, soldadura, tubos).

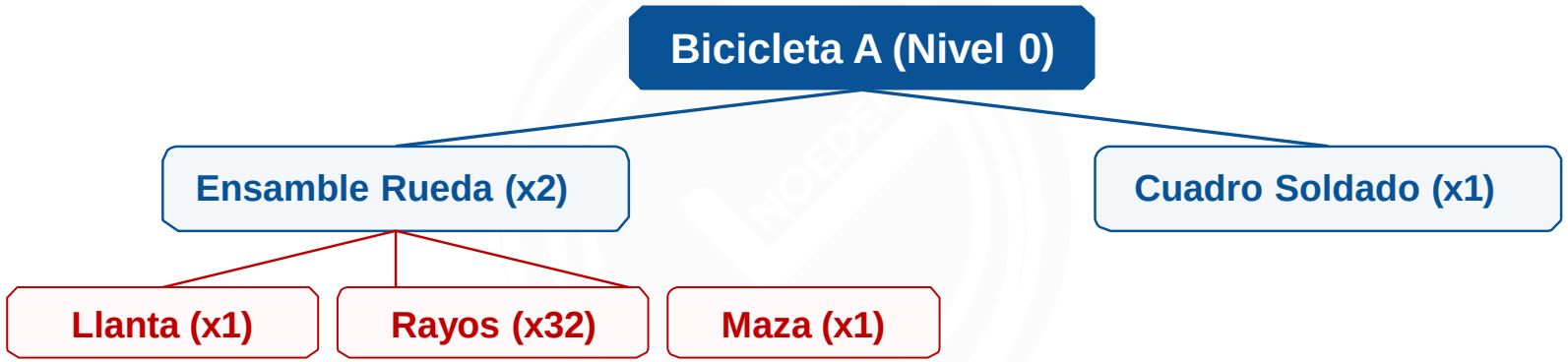
### TIPOS DE BOM EN LA INDUSTRIA

- **BOM de Ingeniería (EBOM):** Diseñada en planos CAD por I+D.
- **BOM de Manufactura (MBOM):** Adaptada a las estaciones reales de ensamble en línea.
- **BOM Modular / Fantasma:** Para configurar productos personalizados masivos (*Assemble-to-Order*).

**Importancia en la Vida Real:** Una BOM con un factor de merma mal calibrado genera quiebres crónicos. Si se requiere 1.05 kg de resina por cada kilo de botella y la BOM dice 1.00, el MRP comprará menos material y la producción se detendrá.

# CASO PRÁCTICO: ARQUITECTURA DE UN ÁRBOL DE PRODUCTO

## DIAGRAMA EXPLOSIONADO DE FABRICACIÓN (CASO BICICLETA INDUSTRIAL)




- **Factor Multiplicador en Cascada:** Para producir **100 Bicicletas** se requieren $100 \times 2 = 200$ **Ensamble Rueda**, lo que exige $200 \times 32 = 6,400$ **Rayos** y $200 \times 1 = 200$ **Llantas**.

# EL PROCESO DE EXPLOSIÓN Y DESPLAZAMIENTO (*OFFSETTING*)

## MECÁNICA MATEMÁTICA DEL MOTOR COMPUTACIONAL MRP

El cálculo de requerimientos netos convierte la demanda del padre en órdenes para los hijos:

$$NR_t = \max(0, GR_t - PAB_{t-1} - SR_t + SS)$$

- *GR* **(Requerimiento Bruto):** Necesidad total de piezas.
- *SR* **(Recepciones Programadas):** Órdenes ya emitidas que vienen en camino.
- *NR* **(Requerimiento Neto):** El déficit real a fabricar/comprar.

### DESPLAZAMIENTO POR LEAD TIME (*OFFSETTING*)

Si se necesitan 100 componentes en la **Semana 4** y el proveedor tarda ***L* = 2 semanas**, la Orden de Compra planificada (**Planned Order Release**) debe liberarse obligatoriamente en la **Semana 2**.

**Fecha de Liberación = Fecha de Necesidad − Lead Time (*L*)**

**Importancia en la Vida Real:** Ignorar el **Offsetting** genera compras tardías: si liberas la orden cuando la máquina ya está parada en la semana 4, tendrás un paro de línea garantizado de 14 días.

# LÓGICA DEL REGISTRO ESTÁNDAR MRP PASO A PASO

## EJEMPLO EN TABLA ESCALONADA (*L* = 1 SEMANA, LOTE A LOTE *L4L*, *SS* = 0)

| CONCEPTO / PERIODO SEMANAL | SEM 1 | SEM 2 | SEM 3 | SEM 4 |
|---|---|---|---|---|
| **Requerimientos Brutos (*GR*)** | 50 | 80 | 100 | 120 |
| **Recepciones Programadas (*SR*)** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Proyección de Stock (*PAB*, Inv. Inicial = 30)** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Requerimientos Netos (*NR*) | 50 − 30 = **20** | 80 − 0 = **80** | 100 − 0 = **100** | 120 − 0 = **120** |
| **Recepción de Órdenes Planificadas (*PORceipt*)** | 20 | 80 | 100 | 120 |
| Liberación de Órdenes (*PORelease*, *L* = 1) | 80 **(Para Sem 2)** | 100 **(Para Sem 3)** | 120 **(Para Sem 4)** | **-** |

**Importancia en la Vida Real:** Noten cómo en la Semana 1 solo se compran 20 unidades gracias a las 30 que ya teníamos en inventario inicial. Comprar las 50 brutas habría significado inmovilizar capital innecesario en almacén.

# TALLER PRÁCTICO: EXPLOSIÓN DE COMPONENTES MULTINIVEL

## ENUNCIADO Y RESOLUCIÓN NUMÉRICA PASO A PASO

Un centro de ensamblaje fabrica el Producto *A*, el cual requiere **2 unidades del componente** *B* y **1 unidad del componente** *C*. Parámetros:

- Requerimiento Neto de *A* en **Semana 4 = 50 unidades** | Componente *B*: Lead Time = **2 semanas**, Stock Actual = **10 unidades**.

**1. Requerimiento Bruto ($GR_B$):**

$GR_B = 50 \text{ de } A \times 2 =$ **100 un.**

Necesarias físicamente en la **Semana 4** para el ensamble final.

**2. Requerimiento Neto ($NR_B$):**

$NR_B = 100 - 10 =$ **90 un.**

El almacén aporta 10 unidades. Se debe aprovisionar un déficit de 90 un.

**3. Liberación de Orden ($L = 2$):**

Semana $4 - 2 =$ **Semana 2**

**Se emite la O/C en Semana 2 por 90 unidades.**

**Impacto Operativo:** Si Compras emite la orden en la Semana 3 en lugar de la Semana 2, el lote llegará en la Semana 5. El ensamble se retrasará 7 días, fallando la entrega al cliente y generando sobrecostos de transporte aéreo.

# DIMENSIONAMIENTO DE LOTES EN MRP: L4L, EOQ Y POQ

## EL BALANCE ENTRE COSTOS DE ORDENAR (*S*) Y COSTOS DE MANTENER (*H*) (CHOPRA CAP. 11)

### 1.LOTE A LOTE (L4L)

**Regla:** Pedir exactamente el $NR_t$ de cada periodo.

**Costo Mantener (*H*):** Prácticamente **$0** (cero inventario residual).

**Costo Ordenar (*S*):** Muy alto si el costo de setup es elevado.

### 2. LOTE ECONÓMICO (EOQ)

**Fórmula:** $EOQ = \sqrt{\frac{2D S}{H}}$.

**Regla:** Lote de tamaño fijo en cada reorden.

**Limitación:** Genera inventario residual sobrante entre semanas cuando la demanda es discreta.

### 3. PERIODO FIJO (POQ)

**Fórmula:** $P = \frac{EOQ}{D}$ periodo.

**Regla:** Consolida los requerimientos netos exactos de los próximos *P* periodos.

**Ventaja:** Reduce setups sin dejar inventario muerto residual.

**Importancia en la Vida Real:** Para insumos costosos Clase A, se utiliza *L4L* para no inmovilizar capital. Para piezas de bajo costo con alto tiempo de setup (estampados o inyección de plástico), se utiliza *EOQ* o *POQ* para reducir paradas de máquina.

# CASO PRÁCTICO: COMPARATIVA DE COSTO DE LOT SIZING

**EVALUACIÓN DE 4 SEMANAS (*S* = $100/ORDEN, *H* = $1/UN/SEMANA, DEMANDA: 50, 80, 100, 120)**

| MÉTODO | POLÍTICA DE PEDIDOS | COSTO EMISIÓN (*S*) | COSTO RETENCIÓN (*H*) | COSTO TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| **Lote a Lote (L4L)** | 4 pedidos exactos (50, 80, 100, 120) | 4 × $100 = **$400** | 0 un × $1 = **$0** | **$400 USD** |
| **Lote Económico (EOQ=132)** | Lotes fijos de 132 unidades | 3 × $100 = **$300** | Inventario residual en rack | **$372 USD** |
| Periodo Fijo (POQ = 2 sem) | **Sem 1 pide** 50 + 80 = 130**; Sem 3 pide** 100 + 120 = 220 | 2 × $100 = **$200** | **Retiene solo 80 en sem 1 y 120 en sem 3 ( $100)** | **$300 USD (Óptimo)** |

- **Conclusión:** El método **POQ** ahorra **$100 USD frente a L4L** (25% de ahorro total) al eliminar 2 setups sin generar inventarios obsoletos al final del horizonte.

# EL "NERVIOSISMO DEL MRP" Y ESTRATEGIAS DE AMORTIGUACIÓN

## ESTABILIDAD OPERATIVA ANTE CAMBIOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

### ¿QUÉ ES EL NERVIOSISMO DEL MRP?

Ocurre cuando una pequeña variación de 5 unidades en el MPS de la semana 4 desata una cascada de reprogramaciones caóticas en decenas de componentes, generando cancelaciones y pedidos urgentes a proveedores.

### MECANISMOS DE AMORTIGUACIÓN

- **Zonas de Tiempo (Time Fences):** Congelar las primeras semanas para prohibir cambios sin autorización.
- **Stock de Seguridad en Insumos Clave:** Mantener un pequeño colchón en materias primas importadas con alta variabilidad de entrega.
- **Lead Time de Seguridad (*Safety Lead Time*):** Programar la recepción de la orden 2 días antes de la fecha requerida para absorber demoras aduaneras.

**Importancia en la Vida Real:** Un MRP sin amortiguación destruye la relación con los proveedores: se les pide adelantar un lote hoy y mañana se les cancela, perdiendo credibilidad y acuerdos de precios preferenciales.

# INTEGRACIÓN DE MPS Y MRP EN SISTEMAS ERP CORPORATIVOS

## ARQUITECTURA DE INFORMACIÓN EN SAP S/4HANA Y ORACLE CLOUD SCM

En los sistemas integrados modernos, la planeación se ejecuta sin intervención manual:

### 1. S&OP A MPS

Las cuotas mensuales del plan agregado bajan al módulo de manufactura (*PP*) generando órdenes previsionales por SKU.

### 2. MOTOR MRP EN TIEMPO REAL

Procesadores en memoria (ej. **SAP HANA Live MRP**) corren la explosión de materiales en minutos, detectando faltantes al instante.

### 3. COMPRAS Y FINANZAS

Genera automáticamente Solicitudes de Pedido (SolPed) para Procurement y reserva presupuestos en Contabilidad.

**Importancia en la Vida Real:** La integración ERP elimina las compras a ciegas: Compras solo adquiere lo que el MRP autorizó con respaldo de una orden de producción real, evitando sobrestock y fraudes transaccionales.

# CUADRO DE MANDO: KPIS DE PLANIFICACIÓN Y MATERIALES

## MÉTRICAS CLAVE PARA AUDITAR LA EXCELENCIA DE PLANTA Y SUMINISTRO

| INDICADOR (KPI) | FÓRMULA MATEMÁTICA | BENCHMARK | IMPACTO EN EL NEGOCIO |
|---|---|---|---|
| **Adherencia al MPS** | $\left(\frac{\text{Producción Real Realizada}}{\text{Plan Maestro Programado}}\right) \times 100$ | **≥ 95%** | Evita quiebres de producto terminado y horas extras no planificadas. |
| **Cumplimiento OTIF Proveedor** | % A Tiempo × % Completo de Órdenes MRP | **≥ 96%** | Garantiza que los insumos estén en muelle antes del turno de ensamble. |
| **Exactitud de Registro (ERI)** | $\left(\frac{\text{SKUs Insumos Conformes}}{\text{Total SKUs Auditados}}\right) \times 100$ | **≥ 98%** | Previene paradas de máquina por stock fantasma en el sistema. |
| **Rotación de Materia Prima** | Consumo Anual de Insumos Inventario Promedio Insumos | **≥ 8 - 12 vueltas** | Maximiza el capital de trabajo liberando flujo de caja líquido. |

# SÍNTESIS Y CONCLUSIONES DE LA CLASE 2

**RESUMEN DE COMPETENCIAS ESTRATÉGICAS Y TÁCTICAS ADQUIRIDAS**

- **El MPS es el puente entre Demanda y Planta:** Desagrega el S&OP en SKUs específicos y protege la fábrica de reprogramaciones caóticas mediante barreras de tiempo (**Time Fences**).
- **El ATP blinda la relación comercial:** Proporciona a Ventas la certeza exacta de inventario disponible para prometer fechas de entrega reales sin generar quiebres. **La Demanda Dependiente se calcula con la BOM:** El MRP I elimina las compras a ciegas; calcula requerimientos netos descontando inventario y desplazando órdenes por **Lead Time**.
- **El dimensionamiento de lotes optimiza el capital:** Seleccionar entre *L4L*, *EOQ* y *POQ* equilibra los costos de setup frente a la inmovilización de inventario en racks.

# ¡Gracias!

Centro de
Especializaciones
Noeder

Conéctate con nuestra comunidad

© 2026 | CENTRO DE ESPECIALIZACIONES NOEDER | R.U.C. 20604924236 | Todos los derechos reservados