Producción esbelta

Administración de Operaciones 2025

IIMPI - DPI

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

Índice

1. Introducción
2. Evolución de la producción esbelta
3. Principios de la producción esbelta
4. Sistema esbelto
5. Estabilización del programa maestro
6. Sistema Kanban
7. Tiempo de preparación y tamaño de lote
8. Distribución física y mantenimiento de equipos
9. Capital humano
10. Calidad
11. Proveedores
12. Implantación de la producción esbelta
13. Resumen

Introducción

Producción esbelta = Lean manufacturing

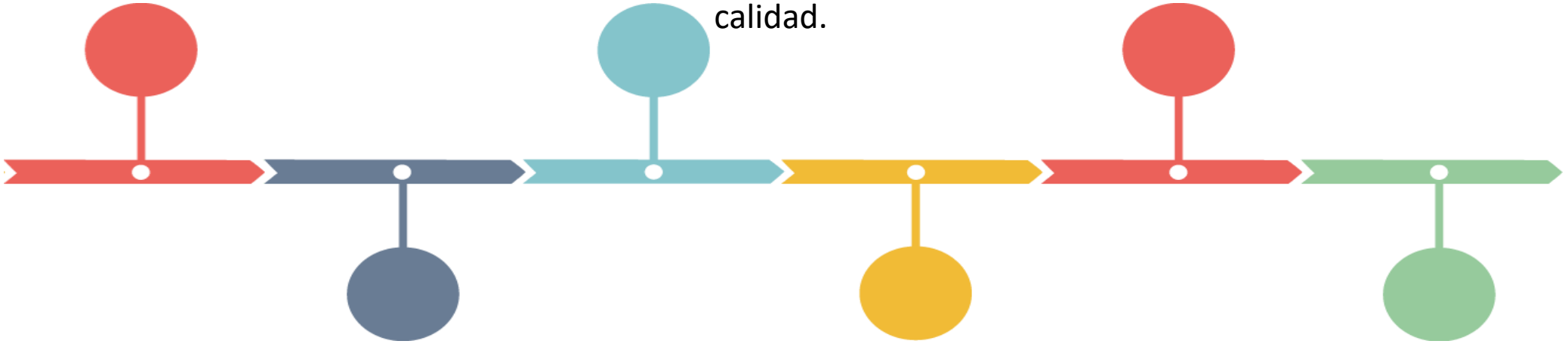
- **Filosofía productiva** que apunta a la **eliminación de desperdicios** en los procesos de manufactura y servicios.
- Busca **reducir** todo aquello que **no agrega valor** al producto o servicio desde la **perspectiva del cliente.**

Evolución de la producción esbelta

Revolución Industrial: Inicio de la producción en masa, optimización de procesos, impacto en costos y accesibilidad.

Años 50´s: EEUU líder de la producción en masa. Productos discretos y estandarizados en grande volúmenes. Tecnologías repetitivas de manufactura. Costos sobre calidad.

Año 1981: Just-In-Time llega a EEUU a planta de motos Kawasaki, aunque limitado a la reducción de inventarios.

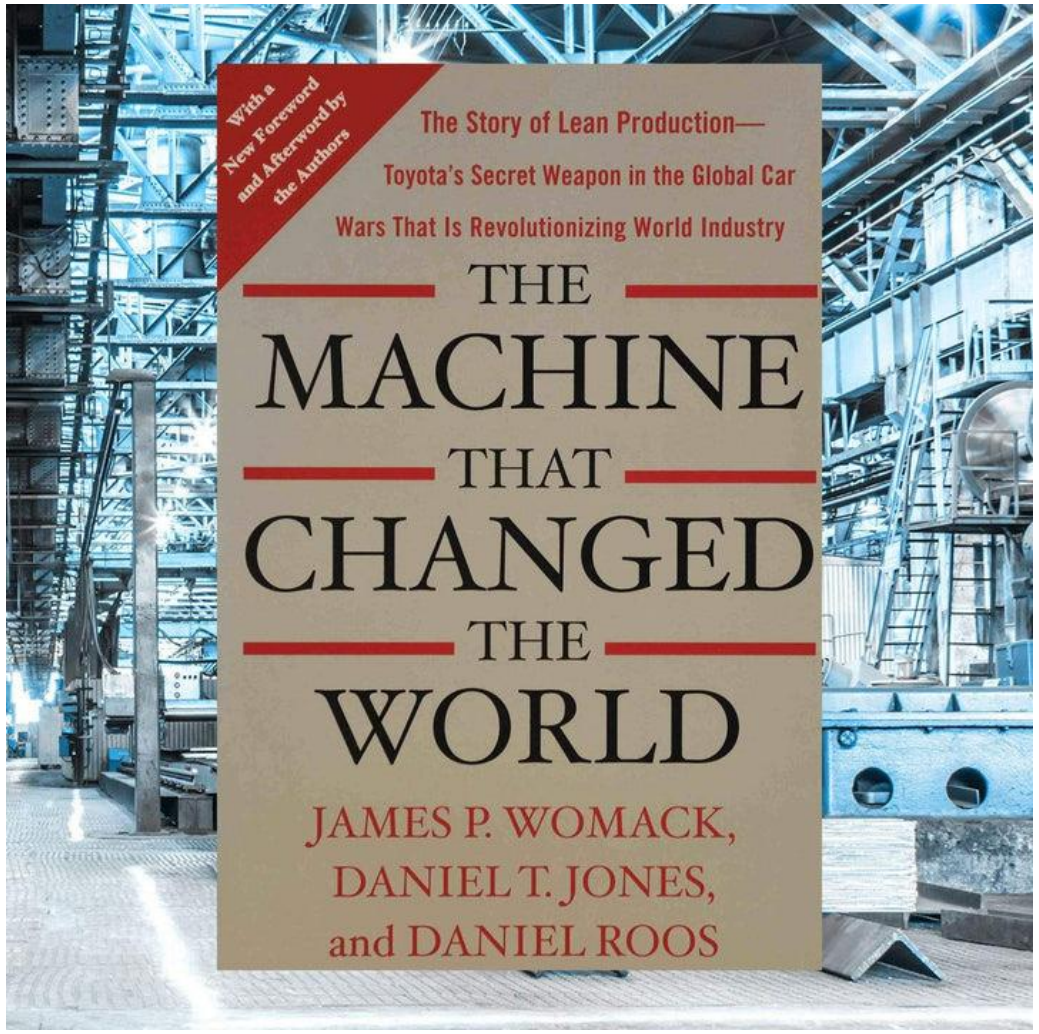


1920 – 1950: Control de calidad, impacto en empresas japonesas, mejora calidad de productos.

Años 60´s: Milagro económico japonés. Toyota como símbolo de un nuevo paradigma productivo. Foco en residuos, reprocesamientos e inventarios. Lotes pequeños, procesos sencillos, alta calidad e involucramiento. TPS y JIT.

Año 1990: Se estudió la manufactura automóviles en Japón, producción esbelta se populariza en Europa y EEUU.

Evolución de la producción esbelta



- **¿Qué observaron?** Ventajas en desempeño de los ensambles, productividad de la mano de obra, reducción de defectos de producción, reducción de inventarios.
- **1990: "The Machine that changed the world: The story of lean production".** Manufactura esbelta como la que elimina sistemáticamente el desperdicio en todos los procesos de producción al proporcionar exactamente lo que el cliente requiere y nada más.
- **1996: "Lean Thinking".** Filosofía de la producción esbelta. Conceptos, principios y técnicas del lean manufacturing pueden extenderse a la totalidad de la empresa, más allá de la producción. La filosofía también puede aplicarse al mejoramiento de servicios.

Principios de la producción esbelta

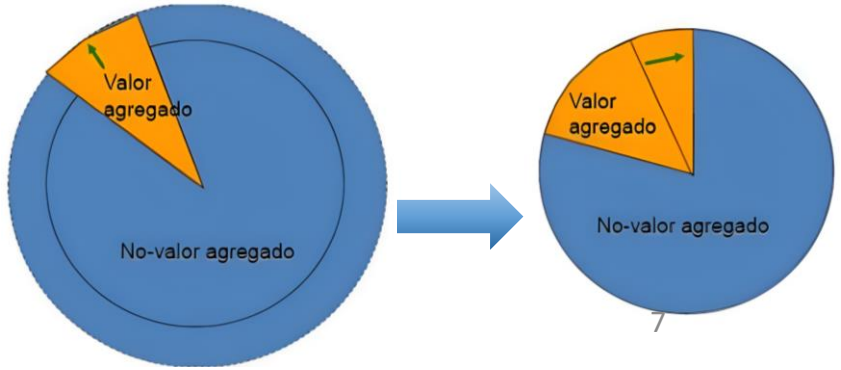
La **filosofía de la manufactura esbelta** es una forma de concebir los procesos del trabajo.

Dicho modo de pensar se edifica en torno de **cinco principios** que incluyen conceptos, principios y técnicas específicas y pretenden **entregar valor a los clientes** de una **manera eficiente**.

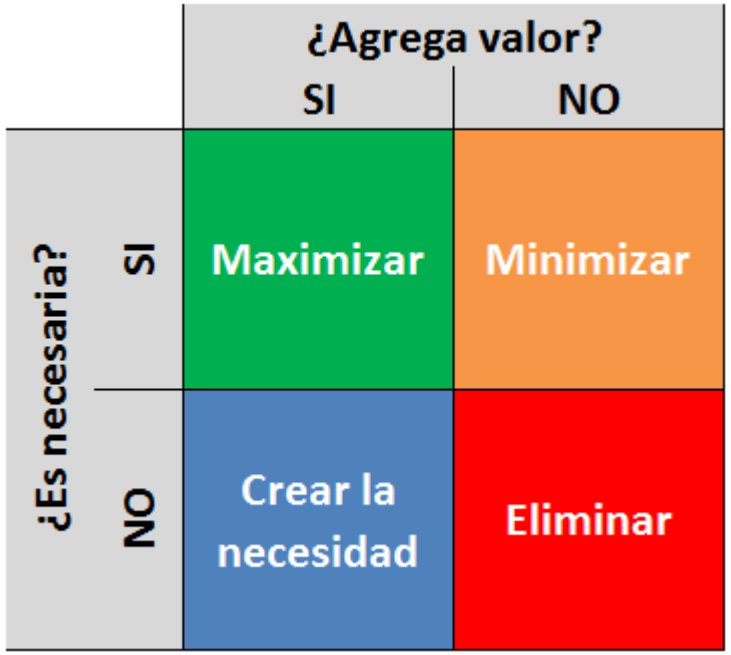
1er principio: VALOR

¿Qué es lo que crea valor en un producto o servicio desde la perspectiva del cliente?

- **Identificar y definir** qué es aquello acerca de un producto o servicio que **crea valor** desde la **perspectiva del cliente.**
- El **valor lo define el cliente** y se brinda en el producto o servicio que el consumidor necesita en un **lugar, momento y precio** que esté dispuesto a pagar.
- Con frecuencia, es una **solución** para un problema al que el cliente se enfrenta y por la que está **dispuesto a pagar**.
- El valor es de carácter **dinámico**.



1er principio: VALOR



Actividades:

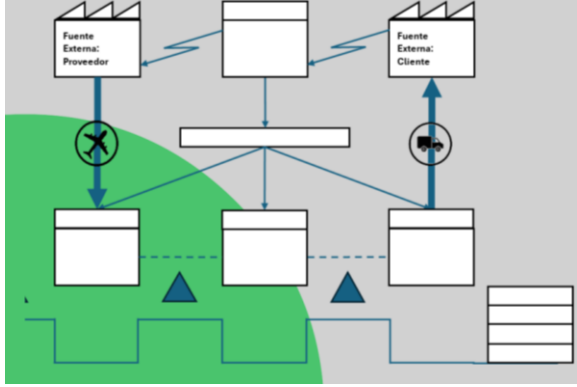
1. **Maximizar:** El cliente las **valora directamente**. Transforman el producto o servicio de una forma que el cliente **está dispuesto a pagar**.
2. **Minimizar:** **Necesarias bajo la forma actual de operar**, aunque no agregan valor directo (ej. mantener un gran stock para asegurar entregas rápidas).
3. **Crear la necesidad:** **Agregan valor potencial**, pero su utilidad aún no es percibida por el cliente. Requieren, por ejemplo, marketing para que el cliente las valore.
4. **Eliminar:** **No transforman el producto**, **no aportan valor** y el cliente identifica como **desperdicio** (ej. reprocesos, esperas, movimientos innecesarios).

2do principio: CADENA DE VALOR

¿Cómo es la cadena de valor del proceso para cada producto o servicio?

- **Identificar, estudiar y mejorar la cadena de valor** del proceso para cada producto o servicio. Identifica todos los **pasos y tareas de procesamiento** que se emprenden para completar un producto o para proporcionar un servicio desde el **principio hasta el fin**.
- Una cadena común de valor puede incluir **pasos y tareas** de procesamiento **con o sin un valor añadido**.
- La meta es **eliminar los pasos y las tareas** de procesamiento **que no conllevan un valor agregado**.

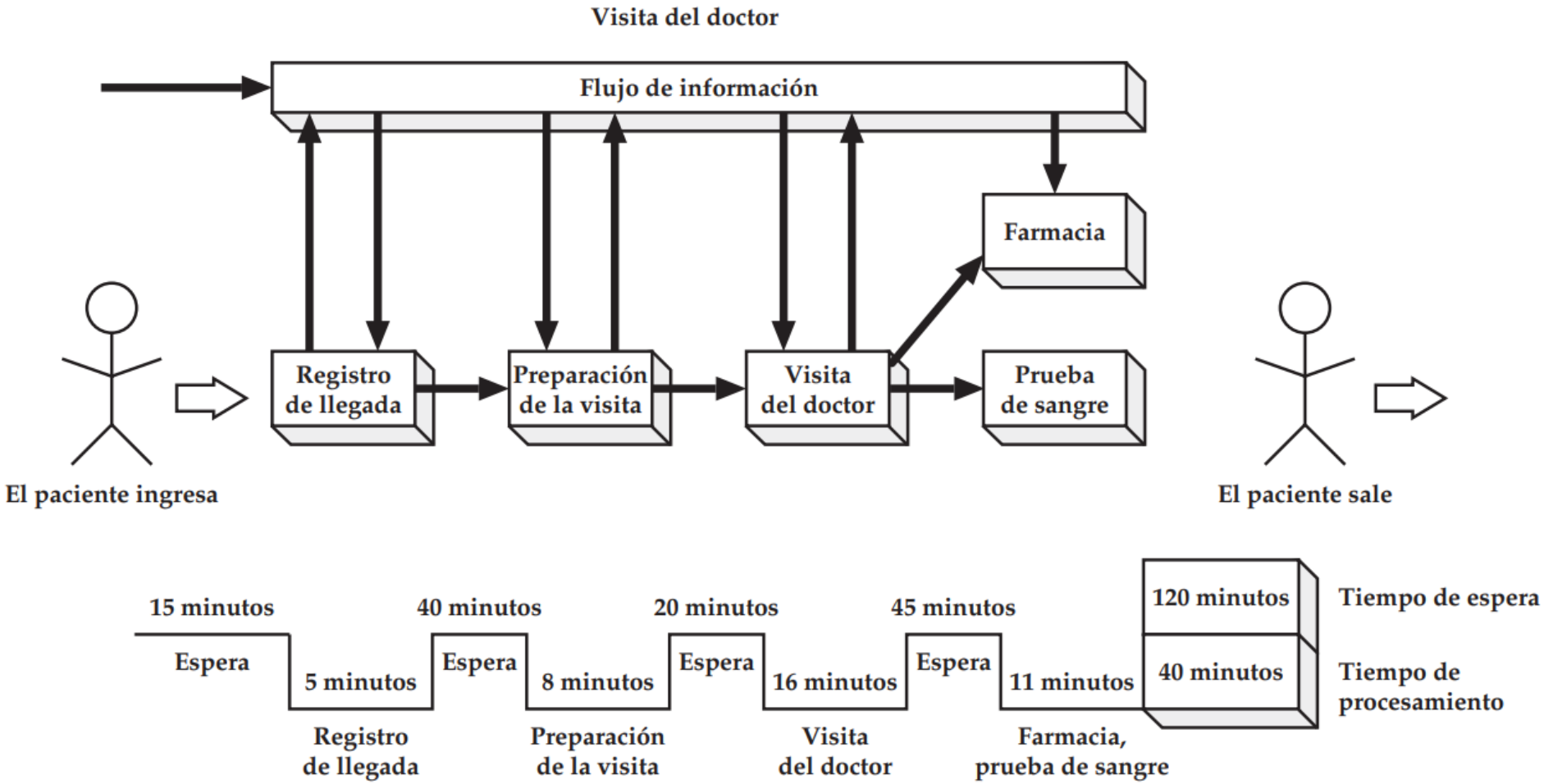
2do principio: CADENA DE VALOR



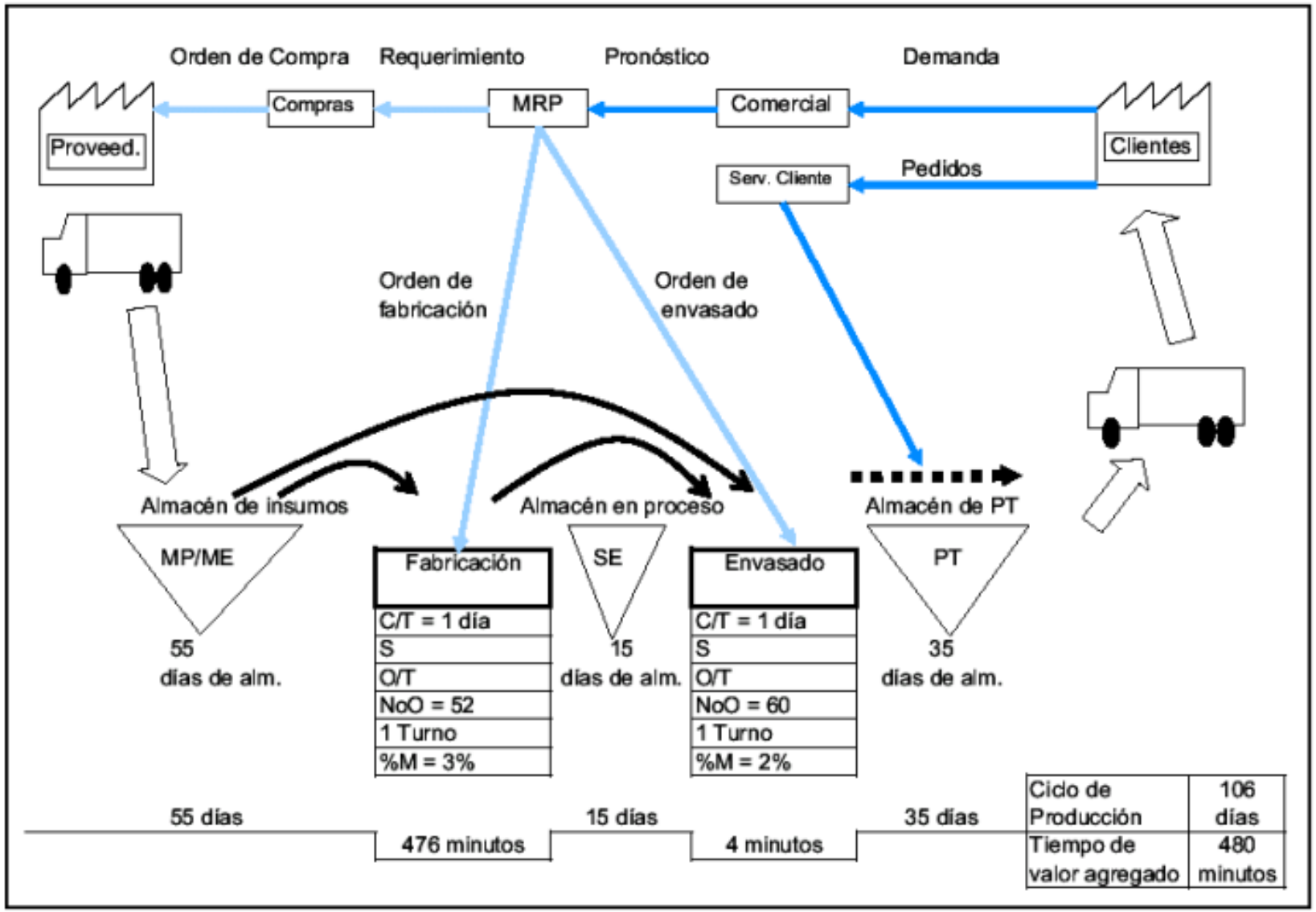
Mapa de Flujo de Valor o Value Stream Mapping (VSM)

- **Representación visual** de la cadena de valor de un proceso.
- **Observación directa** del trabajo y el flujo dentro de un proceso (**Genba**).
- Ilustra los puntos iniciales y finales del proceso, los **pasos** y las **tareas** entre esos puntos y la **información de desempeño** relevante del proceso.
- ¿Por qué **es necesario este paso o esta tarea** en la **creación de valor para el cliente**? Lo que no es indispensable o no agrega valor puede eliminarse para optimizar el desempeño y, en última instancia, mejorar el valor del producto o servicio otorgado al cliente.

2do principio: CADENA DE VALOR



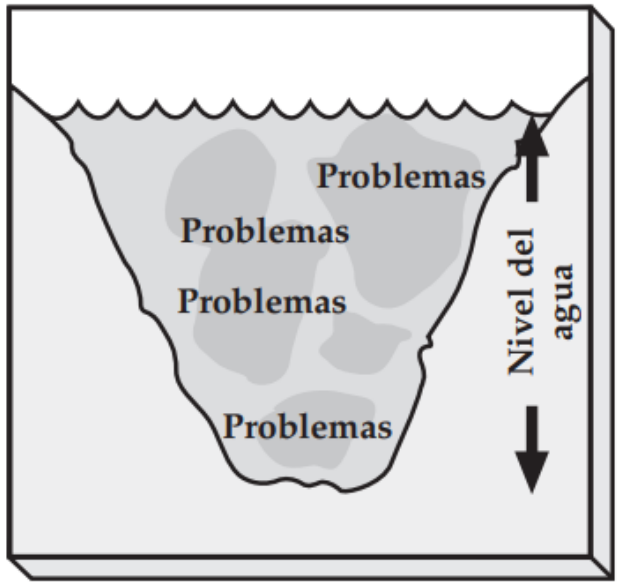
2do principio: CADENA DE VALOR



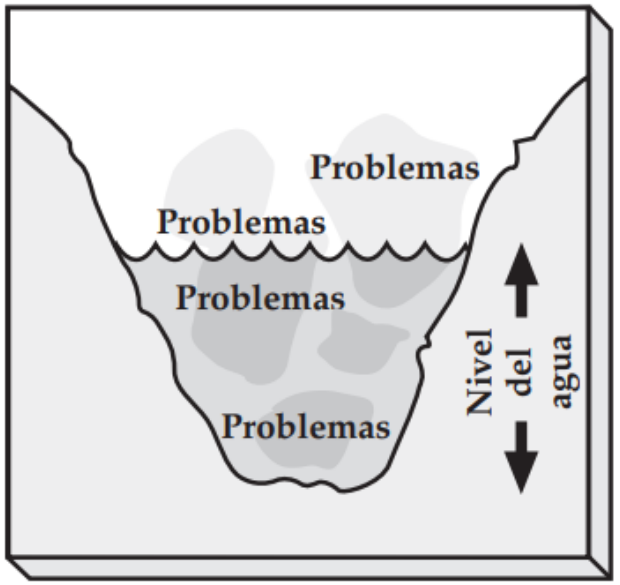
3er principio: FLUJO

¿Existe un flujo simple, uniforme y libre de errores?

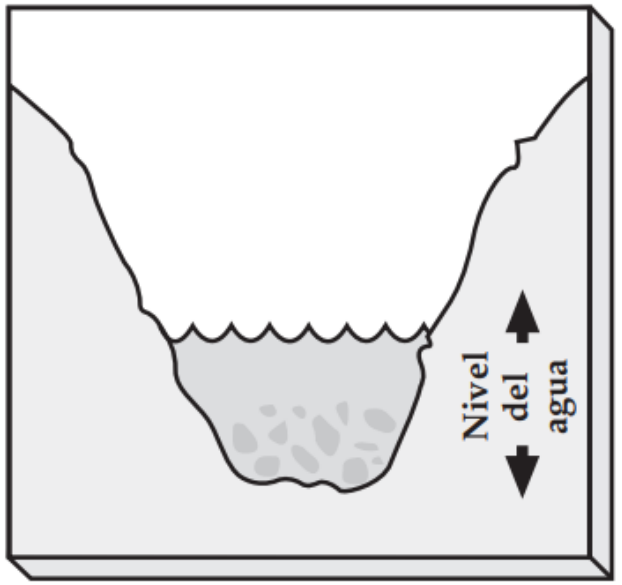
- Asegurarse de que el **flujo** de un proceso sea **simple, uniforme y libre de errores**, **evitando** con ello el **desperdicio**.



Situación original (el inventario cubre los problemas)



El nivel del agua disminuye (para que los problemas salgan a la superficie)



El agua fluye uniformemente (los problemas se pulverizan)

3er principio: FLUJO

- El **inventario** no es solo un tipo de desperdicio, sino que, además, **oculta los problemas** que favorecen **otras formas de desperdicio**.
- En la filosofía de la manufactura esbelta, el **desperdicio** es **cualquier cosa que no aporte un valor** al producto o servicio que se produce y entrega al cliente; en lugar de añadir valor, el desperdicio **incrementa costos**.
- Se deben **evitar interrupciones, tiempos muertos y movimientos innecesarios**.
- El término japonés para la palabra **desperdicio** es **muda**.

Desperdicios

Desperdicios: Subutilización

- La **subutilización** del **capital humano**, puede extenderse en la cadena de suministro para **incluir a los proveedores**.
- Si no pueden cumplir con la producción de partes de calidad JIT, se les pide que **detengan el proceso de producción** simplemente jalando de un cordón que desencadene una **llamada de ayuda** (**Jidoka**).
- Además de poseer **mayor responsabilidad** en la producción, los empleados y los proveedores son los **encargados de mejorar dicho proceso** (equipos de calidad, sistemas de sugerencias y otras estrategias para su participación).

Desperdicios: Inventario

- Inventario excesivo genera **costos adicionales** y puede **esconder problemas** del proceso, existe **riesgo de deterioro** de materiales, **incrementa el lead time** de producción.
- **Ejemplo** en empresas de alimentos: Grandes lotes pueden expirar antes de su distribución.
- **¿Cómo reducirlo?** Definir niveles de inventario necesario y minimizarlo reduciendo el tamaño del lote y limitando los productos en proceso.

Desperdicios: Movimientos innecesarios

- **Desplazamientos innecesarios** de personas y máquinas durante el proceso. Genera **pérdida de eficiencia.**
- **Ejemplo**: Operarios caminando entre estaciones para recoger herramientas.
- **¿Cómo reducirlo?** Chequear si los ciclos manuales o de máquinas contienen movimientos innecesarios, chequear si las herramientas, equipamientos y partes en la estación de trabajo están optimizados, verificar si el layout está optimizado.

Desperdicios: Tiempo de espera

- **Tiempo muerto** de **máquinas o personal** mientras se espera por materiales, información o decisiones. **Pérdida de productividad** en líneas de ensamblaje.
- **Ejemplo** en línea de ensamblaje: Operarios detenidos por falta de piezas.
- **¿Cómo reducirlo?** Chequear si las máquinas necesitan ser monitoreadas, chequear si está balanceada la línea de producción tal que el tiempo improductivo de las personas y máquinas está minimizado, verificar si el tiempo inactivo puede ocuparse de otra manera.

Desperdicios: Transporte innecesario

- **Movimientos innecesarios o excesivos** de productos, herramientas o personas. **No agregan valor** e incrementa el **riesgo de daños, esperas, afectar la calidad**.
- **Ejemplo** en almacén: Trasladar componentes varias veces antes del montaje final.
- **¿Cómo reducirlo?** Mejorar el layout actual tratando de minimizar el transporte de materiales de una función a otra.

Desperdicios: Defectos

- **Errores** en productos y servicios **que no cumplen las especificaciones** y **requieren corrección o retrabajo**.
- **Ejemplo** en fabricación de electrodomésticos: Cableado incorrecto implica desarme total del equipo.
- **¿Cómo reducirlos?** Incrementar las capacidades del proceso analizando y resolviendo las causas fundamentales del los defectos.

Desperdicios: Sobreproducción

- **Producir antes, más rápido o en mayores cantidades** que las **demandadas** por el cliente**. Quita tiempo a actividades** que **agregan valor** y **genera inventario innecesario** que ocupa espacio y recursos, hay riesgo de obsolescencia.
- **Ejemplo** en Planta Automotriz: Producción de vehículos sin demanda inmediata, almacenamiento costoso.
- **¿Cómo reducirlo?** Tener clara la demanda de los clientes y producir solo lo que el cliente requiere, cuando lo requiere.

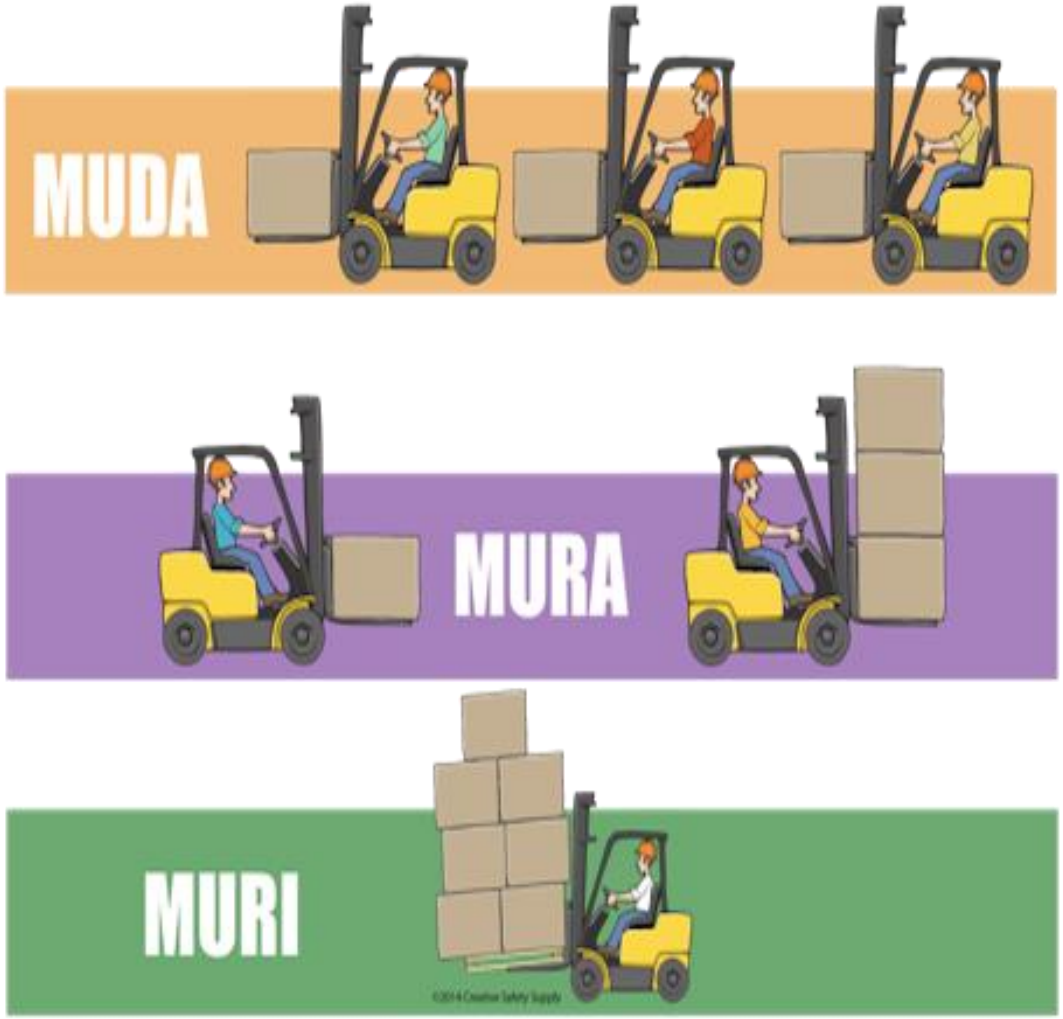
Desperdicios: Exceso de procesamientos

- Realizar **más trabajo del necesario**, procesos que **no aportan valor**.
- **Ejemplo** industrial: Pulir piezas que ya cumplen con especificación técnica.
- **¿Cómo reducirlo?** Tener clara las expectativas del cliente y traducirlas a especificaciones que luego serán seguidas durante el diseño y producción.

Desperdicios

Sobreproducción	Producir más que la demanda de los clientes, dando como resultado inventarios, acarreos, trámites y espacios de almacenamiento innecesarios.
Tiempo de espera	Los operadores y las máquinas esperan que las partes o los trabajos se reciban de los proveedores o de otras operaciones; los clientes esperan.
Transporte innecesario	Movimientos dobles o triples de los materiales debido a una distribución física ineficiente, una falta de coordinación y una mala organización del lugar de trabajo.
Exceso de procesamientos	Diseño deficiente o mantenimiento inadecuado de los procesos, lo que implica mano de obra o tiempo de máquina adicional.
Exceso de inventarios	Demasiado inventario debido a lotes muy grandes, artículos obsoletos, pronósticos deficientes o una inadecuada planeación de la producción.
Movimientos innecesarios	Desplazamientos innecesarios de las personas o recorridos adicionales para obtener los materiales.
Defectos	Uso de los materiales, la mano de obra y la capacidad para la producción de defectos, clasificación indebida de partes o costos de las garantías con los clientes.
Subutilización	Subutilización del capital humano. No reconocer, desarrollar ni sacar provecho de las capacidades mentales, creativas y físicas de los empleados.

3MU

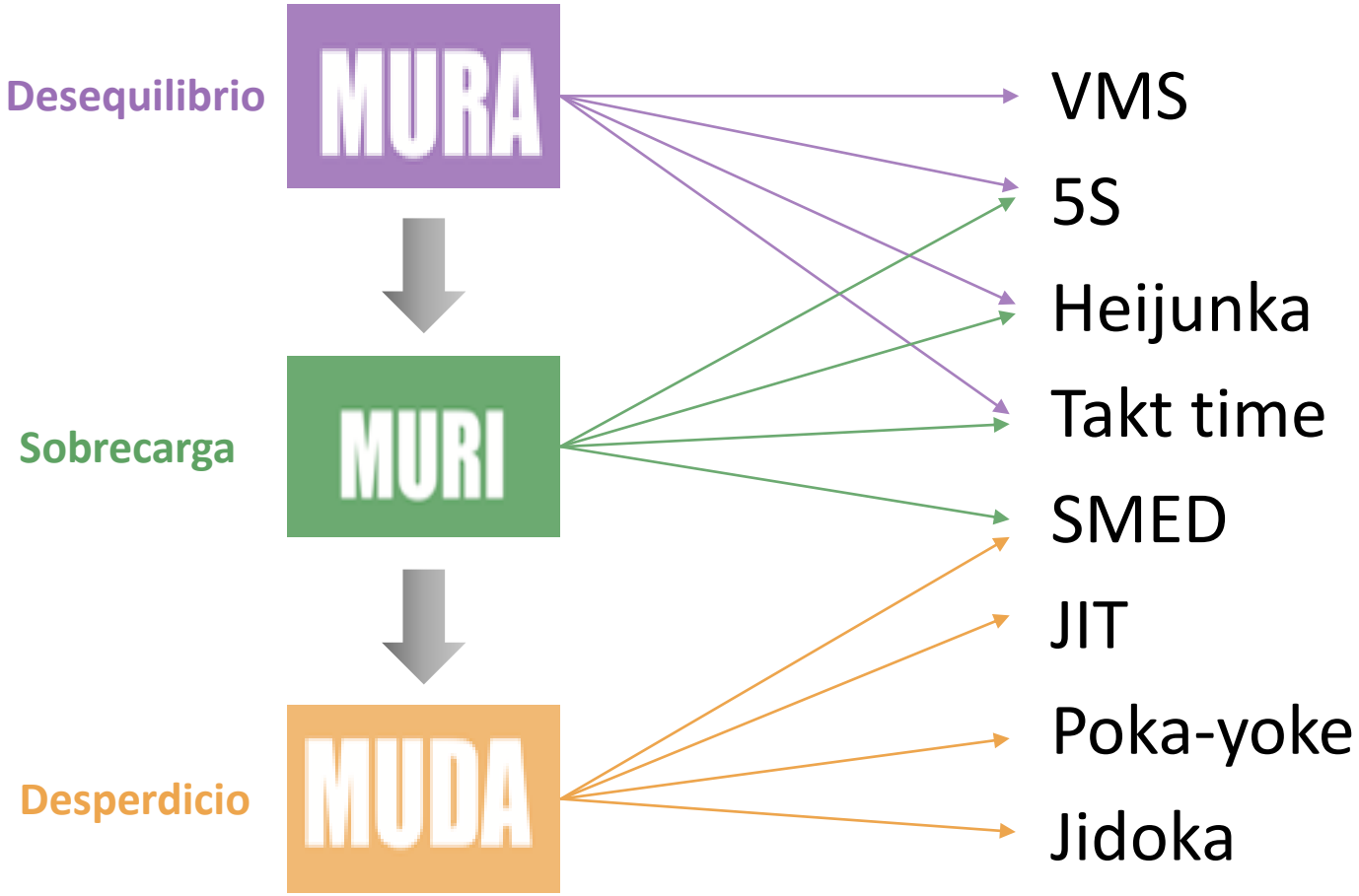


Desperdicio, cualquier actividad que consume recursos y no agrega valor. Los ocho desperdicios de la producción esbelta.

Desequilibrio, cualquier variación imprevista que produce irregularidades. Demanda irregular, distribución desigual de la carga de trabajo, calidad inconsistente de los insumos y herramientas, programación irregular del trabajo.

Sobrecarga, evidencia mala planificación. Cualquier actividad que exige un esfuerzo excesivo de los recursos. Personas trabajando excesivamente, máquinas trabajan de forma acelerada, saltarse mantenimiento para reducir falta de tiempo.

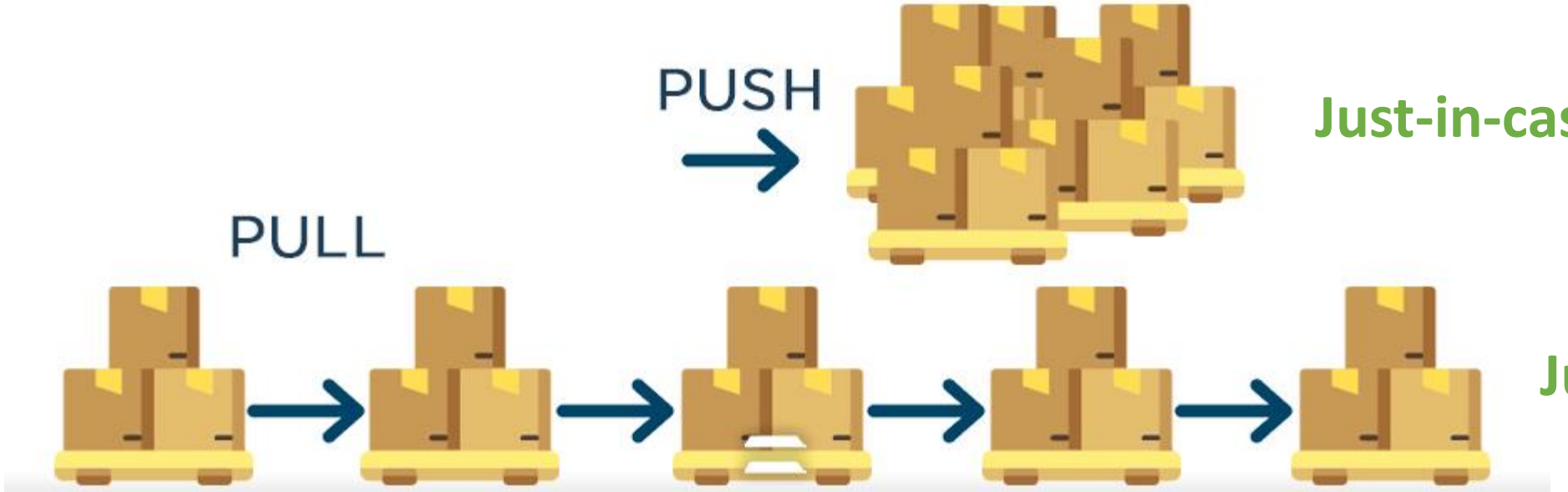
3MU y herramientas del pensamiento esbelto



4to principio: SISTEMA PULL

¿Se produce sólo lo que el cliente requiere?

- **Producir** solo lo que el **cliente requiere**.
- Se debe **reemplazar** la mentalidad de productos propuestos por la empresa (**push**) en la producción tradicional en masa **por** la de productos demandados por el cliente (**pull**) en la producción esbelta.



Just-in-case

Just-in-time

5to principio: PERFECCIÓN

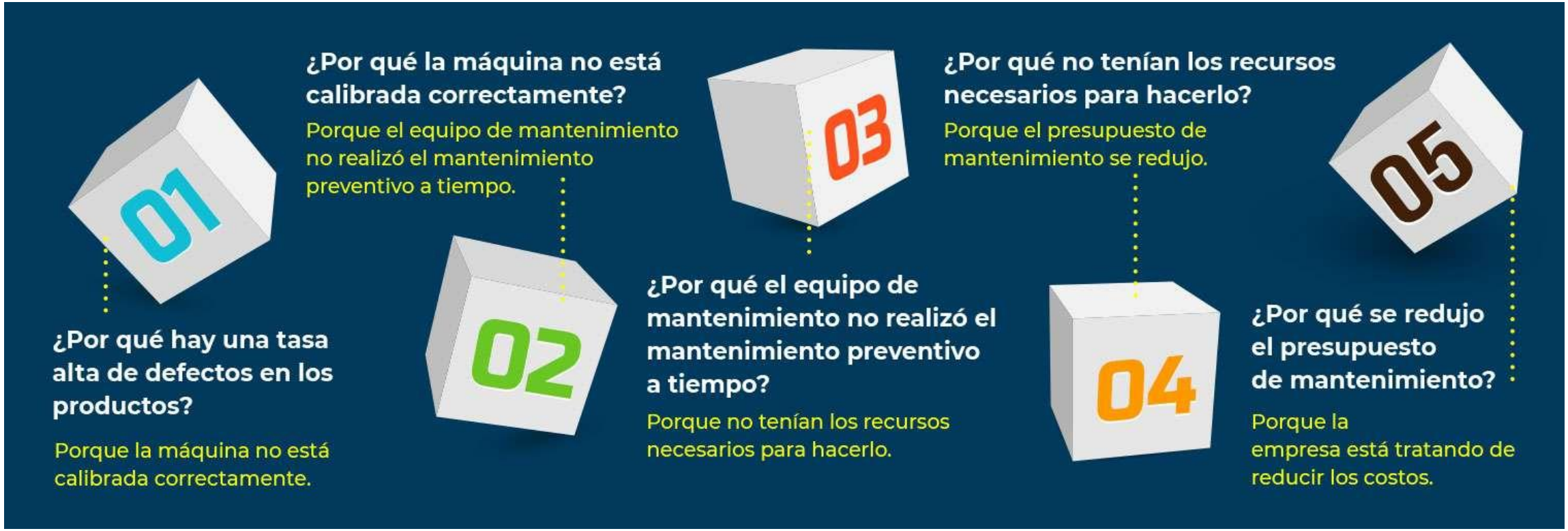
¿Existe un esfuerzo continuo hacia el perfeccionamiento?

- Esforzarse en la perfección, lo que implica un **mejoramiento continuo** de todos los procesos, así como un **cambio radical** cuando ello es necesario.
- Definimos la perfección como un **servicio o un bien** asequible que se **entrega rápidamente y a tiempo**, y **satisface las necesidades** de los consumidores.
- Cuando **cambian las necesidades** de los clientes, se **modifican** la definición de **valor** y la de **perfección**; por lo tanto, **no hay un fin** para los **mejoramientos** que pueden buscarse y realizarse.

5 por qué

- **Técnica** sencilla y relativamente eficaz para la **solución de problemas**, que explora de manera sistemática las **relaciones de causa y efecto** en las que se fundamenta un problema observado.
- Al preguntar al menos **cinco veces por qué**, esta técnica se usa para obtener indicios informativos respecto a la **causa primordial** de un problema observado, de modo que pueda tomarse **acciones correctiva y preventivas** para que dicha causa no vuelva a crear el problema originalmente detectado.

5 por qué


01
¿Por qué hay una tasa alta de defectos en los productos?
Porque la máquina no está calibrada correctamente.
02
¿Por qué la máquina no está calibrada correctamente?
Porque el equipo de mantenimiento no realizó el mantenimiento preventivo a tiempo.
03
¿Por qué el equipo de mantenimiento no realizó el mantenimiento preventivo a tiempo?
Porque no tenían los recursos necesarios para hacerlo.
04
¿Por qué no tenían los recursos necesarios para hacerlo?
Porque el presupuesto de mantenimiento se redujo.
05
¿Por qué se redujo el presupuesto de mantenimiento?
Porque la empresa está tratando de reducir los costos.

5S

- **Técnica** que se utiliza para **organizar un espacio de trabajo**, con lo que se pretende incrementar la moral de los empleados, la seguridad ambiental y la eficiencia del proceso.

Clasificar (Seiri)
- Identificar y eliminar elementos innecesarios

Ordenar (Seiton)
- Organizar los elementos necesarios para un fácil acceso

Limpiar (Seiso)
- Mantener el área de trabajo limpia y ordenada

Estandarizar (Seiketsu)
- Establecer normas y procedimientos para mantener la organización

Sostener (Shitsuke)
- Fomentar la disciplina y el hábito de seguir las normas establecidas

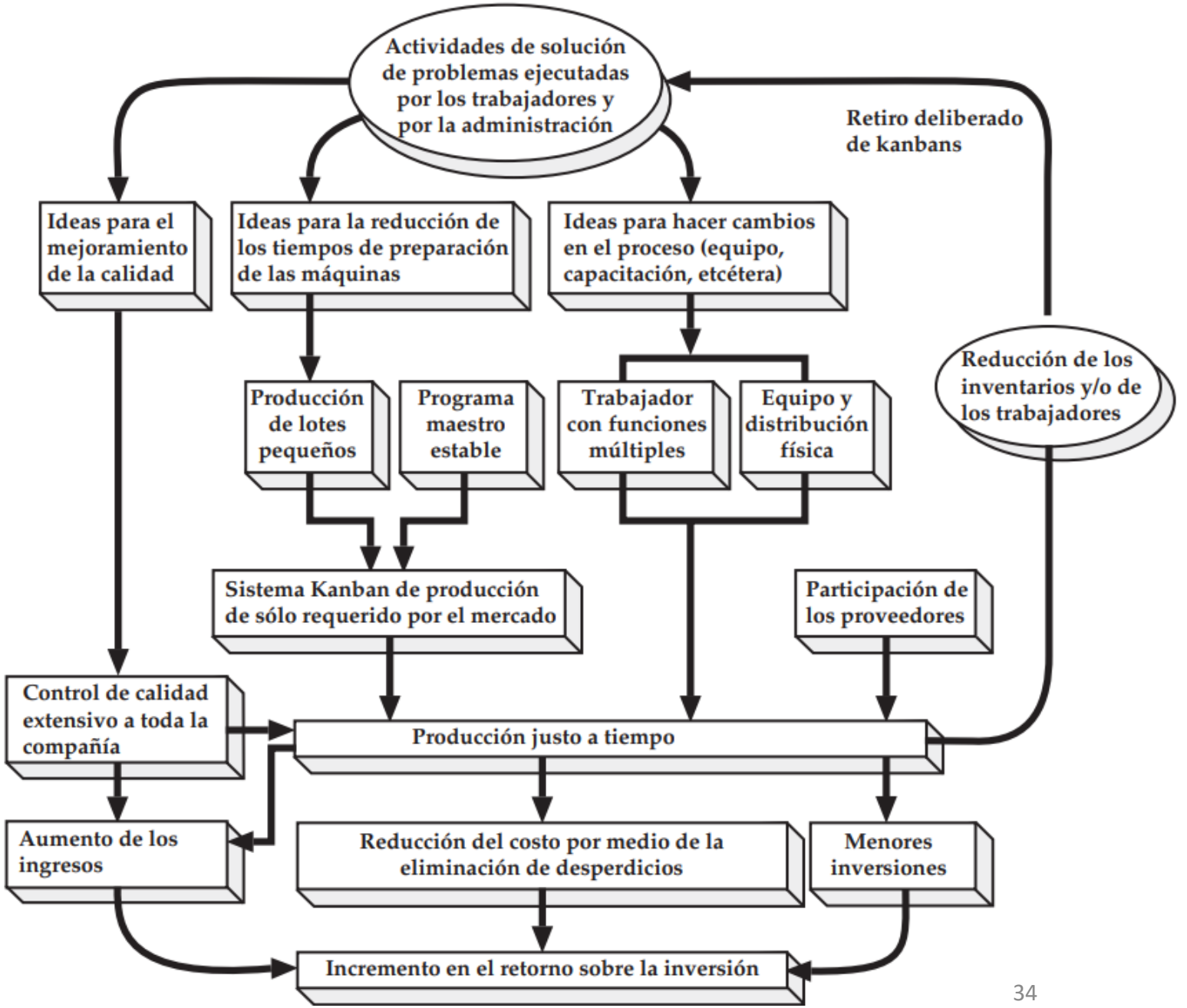
5S

Poka-yoke

- Concepto de producción **a prueba de errores**.
- Trata de **eliminar los defectos** en los bienes o servicios **mediante la prevención y la corrección** de los errores humanos generados.
- Cualquier **mecanismo** que **evite que ocurran errores** durante la producción, la entrega o el consumo de un bien o servicio o que permita que los **errores se identifiquen con facilidad**, con frecuencia con una mirada.

Sistema esbelto

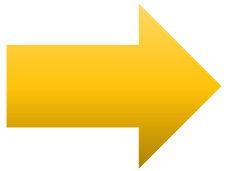
- Se espera que la implantación de una filosofía de manufactura esbelta da como resultado la creación de un **sistema esbelto**.
- El efecto que tiene este sistema a nivel de operaciones, **se extenderá a demás funciones** de la empresa: ingeniería, marketing, RRHH, finanzas, etc.



Estabilización del programa maestro

¿Por dónde comenzar?

Planeación de la producción



Evaluación de ventas

Planeación de utilidades

Planificación de capacidad

Plan de producción agregada

Anual

Mensual

Diario

Estabilización del programa maestro

Ejemplo: Plan rotativo mensual

Producto A: 10.000 unidades

Producto B: 5.000 unidades

Producto C: 5.000 unidades

20 días de producción

Programa diario: 500 A, 250 B y 250 C

Secuencia: AABC / AABC / AABC

Estabilización del programa maestro

Acoplamiento de la oferta con la demanda: tiempo takt

Es el tiempo entre unidades de producción sucesivas: **velocidad de producción.**

En sistemas de producción esbelta, el tiempo takt debe definirse como igual al **promedio** de la **tasa de demanda del mercado**, **minimizando inventarios**.

El tiempo takt dependerá del **tiempo disponible** de producción durante el día. Si se produce a **tasas inferiores**, creará **faltantes** para la satisfacción de la demanda. Si se produce **por encima** provocará **exceso** de inventarios.

El objetivo del tiempo takt es producir a una **tasa constante** que sea exactamente **igual a la demanda promedio**.

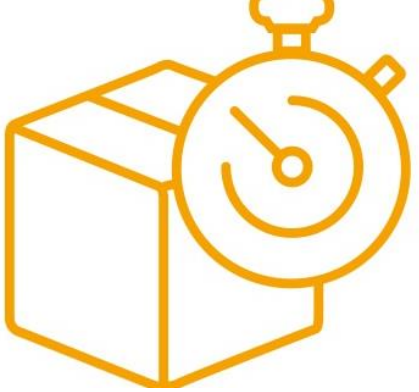
Estabilización del programa maestro

¿Cuál es el costo de **tiempos de conversión** entre máquinas? Debería ser **casi nulo**, sino, la línea tendría que rediseñarse para reducirlo al mínimo.

En algunos casos esto no es posible. Se programan **lotes muy pequeños** y se hacen esfuerzos para reducirlos de modo continuo: **objetivo de producción de una unidad única**.

El **programa mensual maestro** debe **transmitirse** a todos los **centros de trabajo** y también a los **proveedores**.

Estabilización del programa maestro



Fijada la cuota diaria, no se permite la sobreproducción: se programa **just-in-time** para **satisfacer la demanda**.

La **meta es elaborar la cantidad correcta cada día**, **ni más ni menos**. La programación maestra se parece al promedio de la demanda con base diaria, minimizando stocks de producto terminado.

También se **minimizan los inventarios** de productos en proceso y de materia prima: la **estabilización del programa maestro** aporta una **demanda casi constante** sobre todos los centros de trabajo y proveedores externos (**Heijunka**).

Sistema Kanban

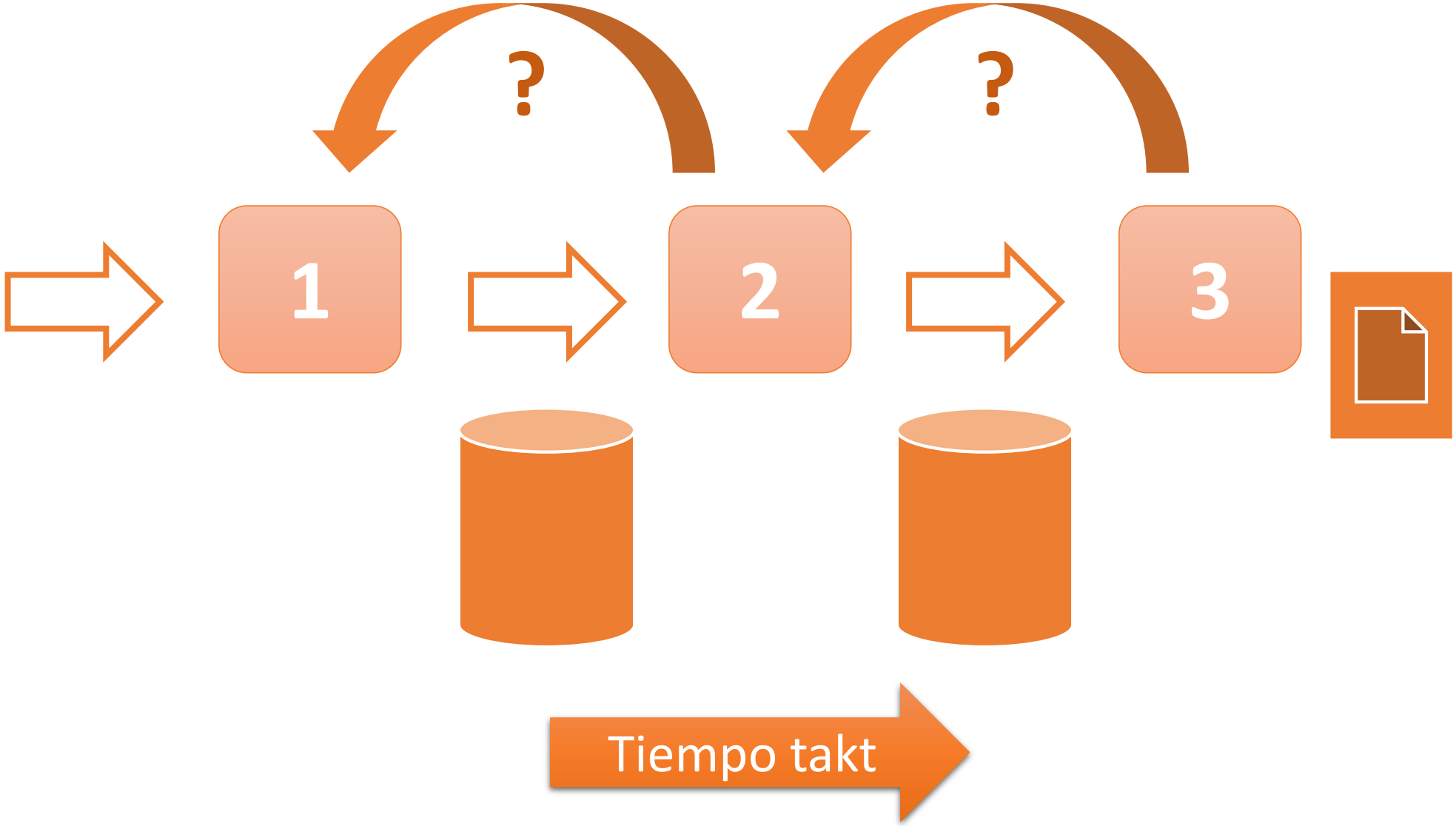
Un sistema de producción esbelto, debe alcanzar un **flujo simple y uniforme**.

El **Kanban** es el método de **autorización de la producción** que permite administrar el movimiento de los materiales.

Kanban también se le denomina a las tarjetas, señales, placas o cualquier otro marcador utilizado para el **control de la secuencia del trabajo** en un proceso.

Representa un **sistema sencillo y visual** de retiro de partes en el que se combinan contenedores y tarjetas para que el flujo de materiales de un centro de trabajo al siguiente se ajuste a los **requerimientos del just-in-time**.

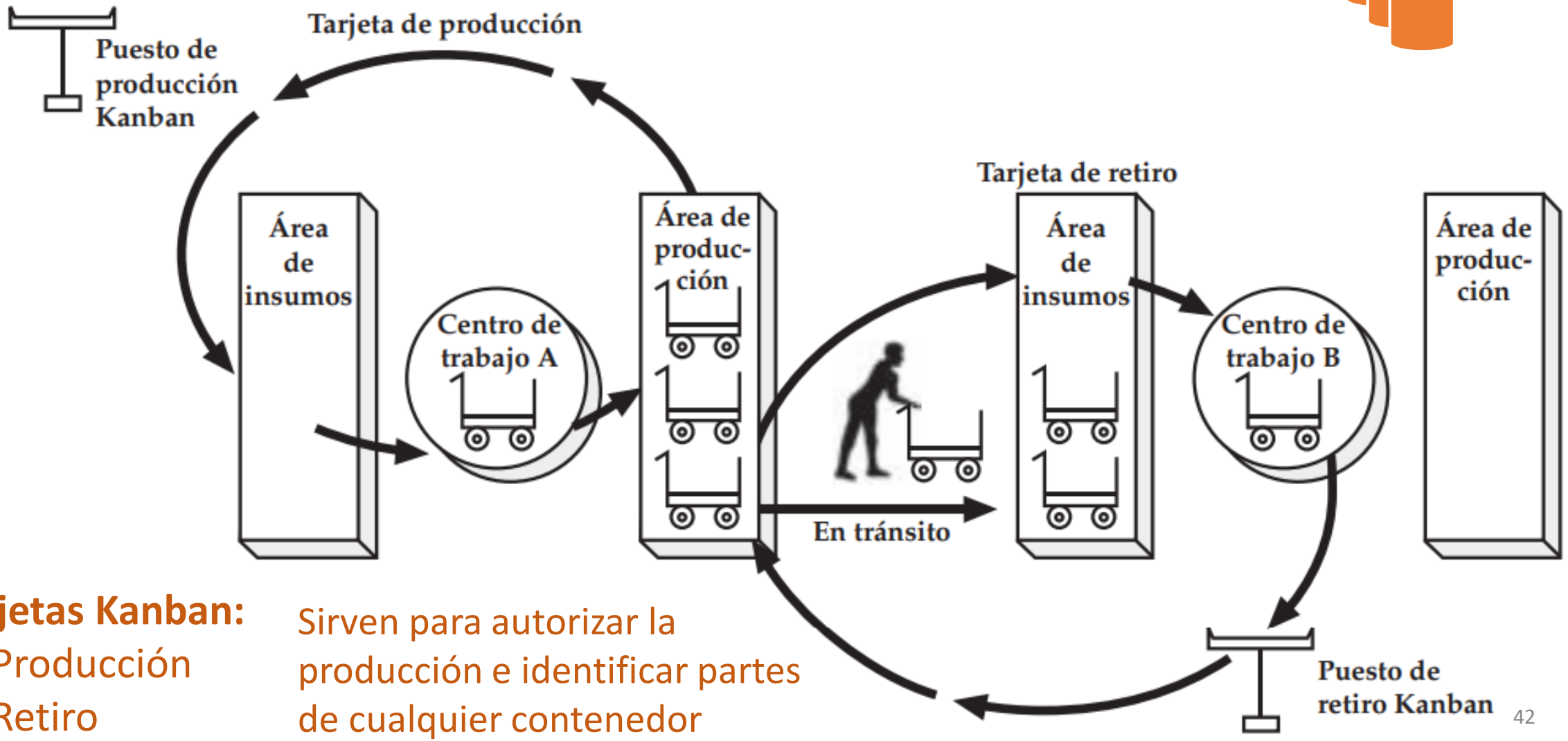
Sistema Kanban



Sistema Kanban

= 20 máx

= 160 máx

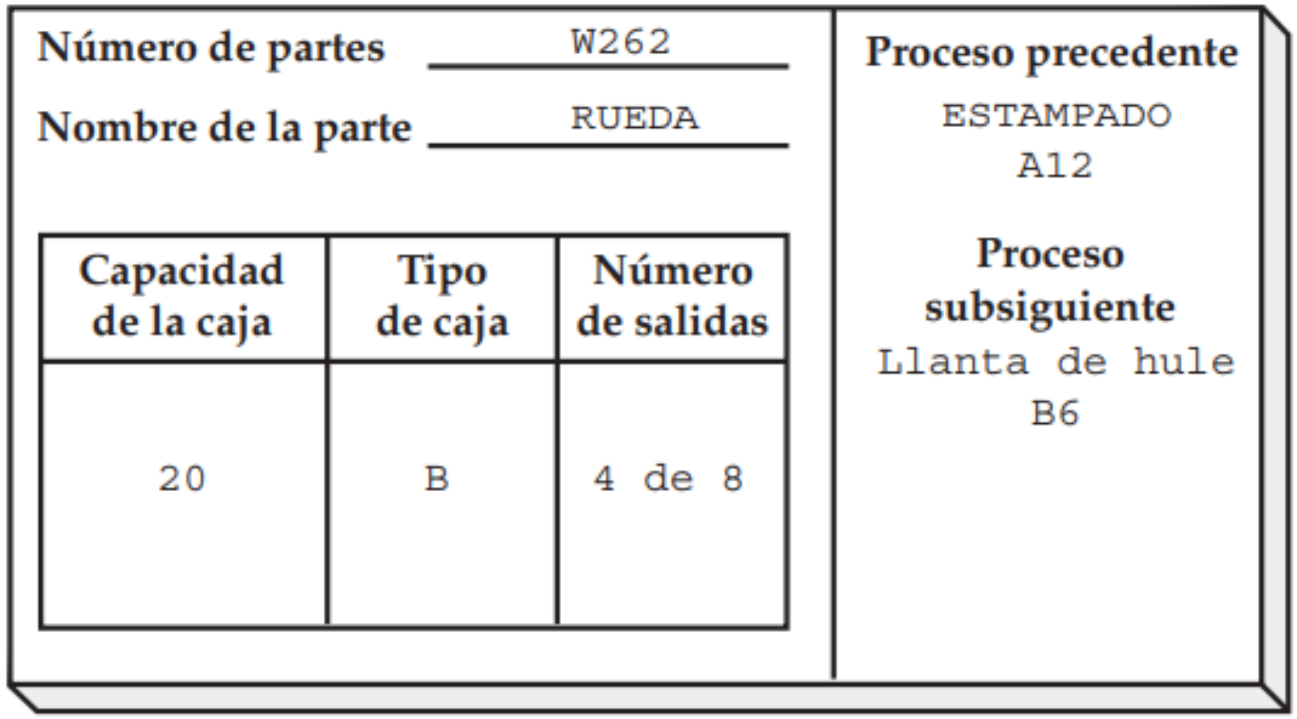


Tarjetas Kanban:

1) Producción
2) Retiro

Sirven para autorizar la producción e identificar partes de cualquier contenedor

Sistema Kanban



Número de partes W262

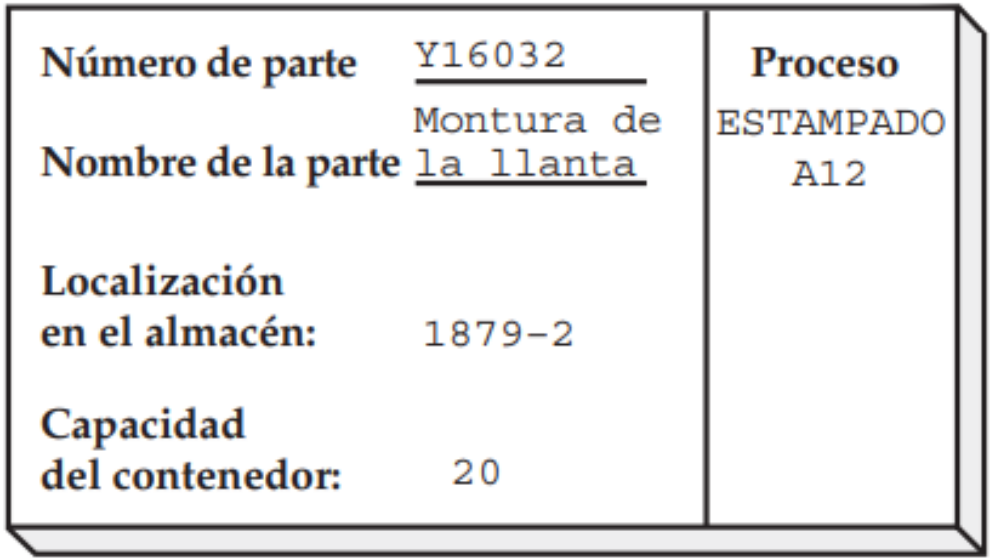
Nombre de la parte RUEDA

Capacidad de la caja	Tipo de caja	Número de salidas
20	B	4 de 8

Proceso precedente
ESTAMPADO
A12

Proceso subsiguiente
Llanta de hule
B6

Retiro Kanban



Número de parte Y16032

Nombre de la parte Montura de la llanta

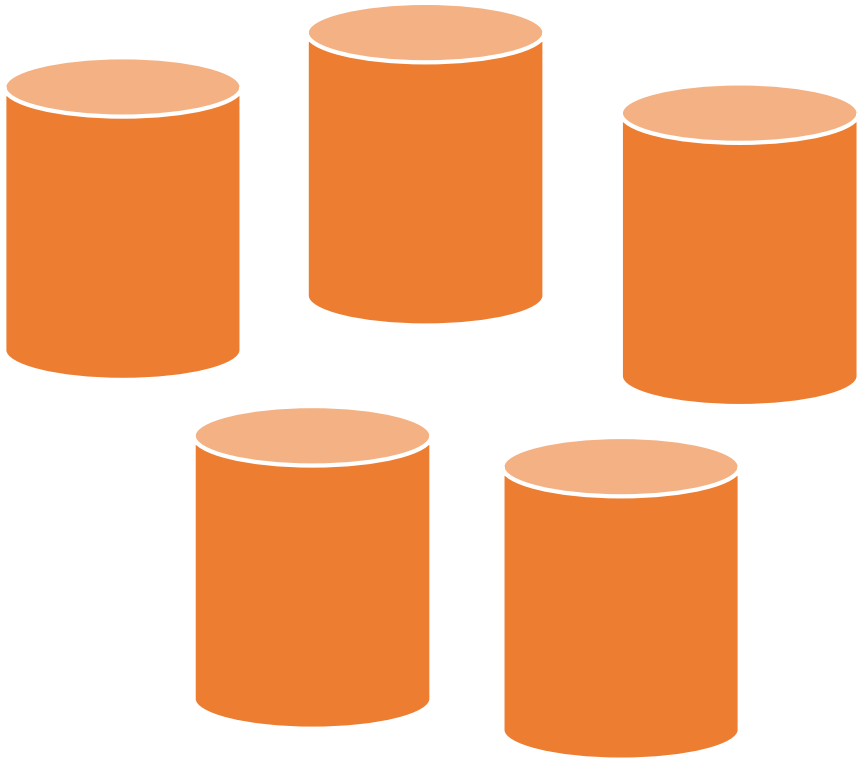
Localización en el almacén: 1879-2

Capacidad del contenedor: 20

Proceso
ESTAMPADO
A12

Producción Kanban

Sistema Kanban



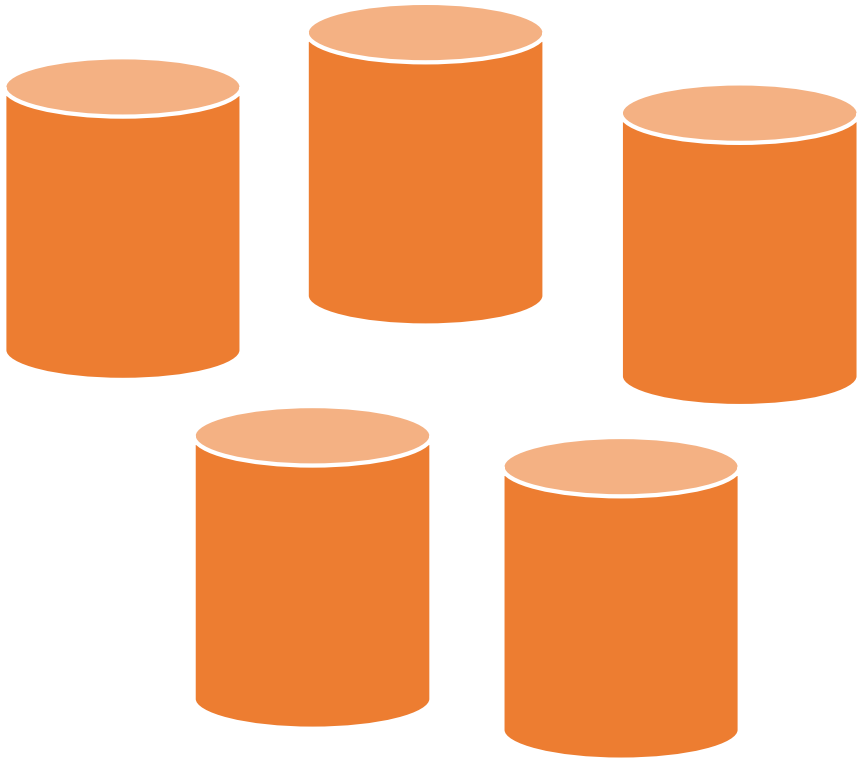
¿Cuántos?

- Tasa de demanda
- Tamaño
- Ciclo

$$n = \frac{D \times T}{C}$$

n = número de contenedores
D = tasa de demanda del centro de trabajo en evaluación
C = tamaño de contenedor en número de partes
T = tiempo para que un contenedor complete un circuito completo

Sistema Kanban



¿Inventario máximo?

Será el que resulta del tamaño de los contenedores multiplicado por la cantidad.

$$Inv\ máx = n \times C = D \times T$$

n = número de contenedores
D = tasa de demanda del centro de trabajo en evaluación
C = tamaño de contenedor en número de partes
T = tiempo para que un contenedor complete un circuito completo

¿Cómo reducirlo?

Lo usual es reducir T, que incluye tiempos de preparación, esperas, traslado: **tiempos guía.**

Tiempo de preparación y tamaño de lotes

$$Inv\ máx = D \times T$$

Si el objetivo es **reducir los inventarios** y la **demanda** se encuentra **definida**, es de suma importancia la **reducción** del **tiempo de preparación** de las máquinas.

Ventajas:

- Aumenta capacidad disponible
- Incrementa flexibilidad
- Reducción de inventario

Tiempo de preparación y tamaño de lotes

Enfoque tradicional:

- Grandes volúmenes
- Tiempos unitarios muy reducidos (tasa de producción muy elevadas)
- Costos bajos
- Poca preocupación por tiempos de preparación y por stocks.

¿Es razonable? Con la planificación agregada del enfoque tradicional, la reducción de tiempos de preparación no parece fundamental. Mejor pensar en la **reducción** de los **tiempos de procesamiento**.

Esto explica la **histórica falta de preocupación por los tiempos de preparación**.

Tiempo de preparación y tamaño de lotes

Caso en General Motors: tiempos de cambio de un dado en una prensa troqueladora de gran tamaño.

Enfoque para **reducción de tiempos de preparación**:

1) Separar preparaciones externas e internas
2) Intentar llevar todas las preparaciones al tipo externo

6 horas a 18 minutos
Tiempo preparación

1.000.000 a 100.000
Inventario USD

Tiempo de preparación y tamaño de lotes

SMED (Single Minute Exchange of Die):

- Metodología para reducir drásticamente el tiempo necesario para cambiar de una producción a otra.

OTED (One-Touch Exchange of Die):

- Cambios con un solo movimiento en lugar de varios pasos.

Distribución física y mantenimiento de equipos

Enfoque tradicional

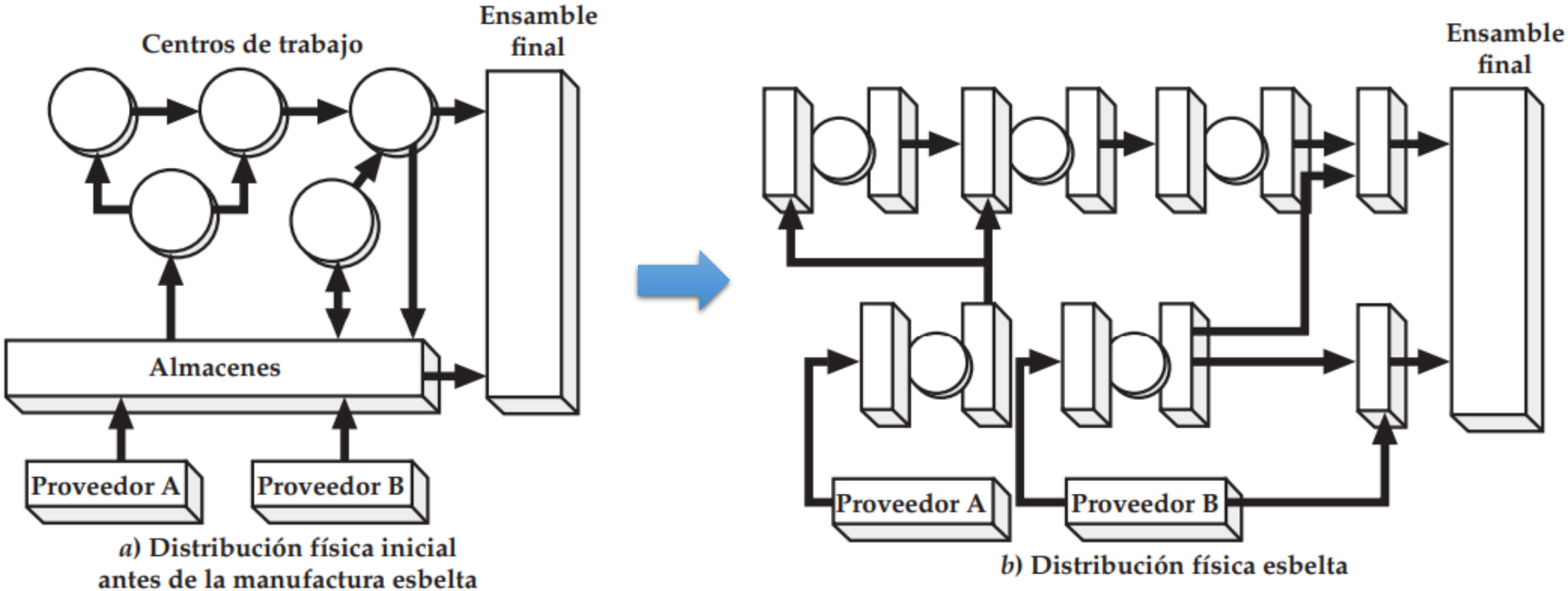
Grandes volúmenes
Grandes almacenes

vs

Enfoque lean

Flujo más simplificado
Mayor automatización
Tamaños de los lotes y almacenes se reducen

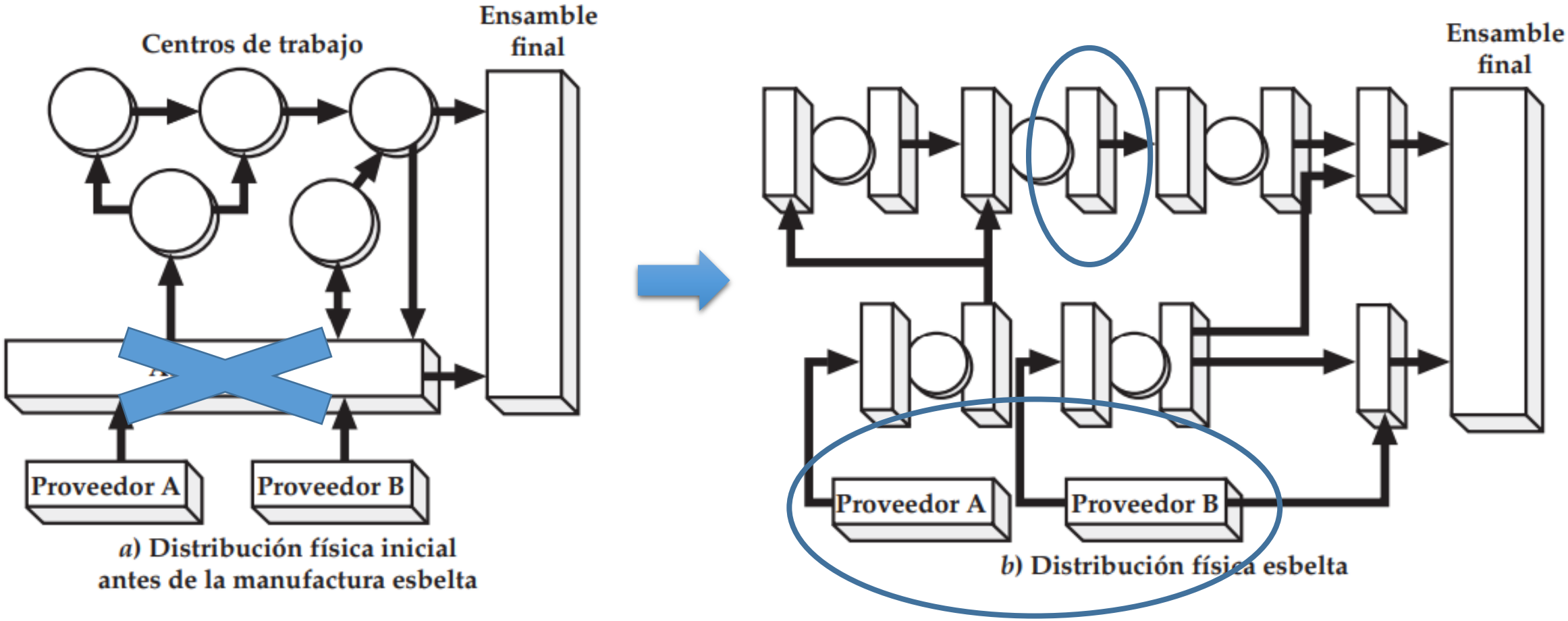
Distribución física y mantenimiento de equipos



a) Distribución física inicial antes de la manufactura esbelta

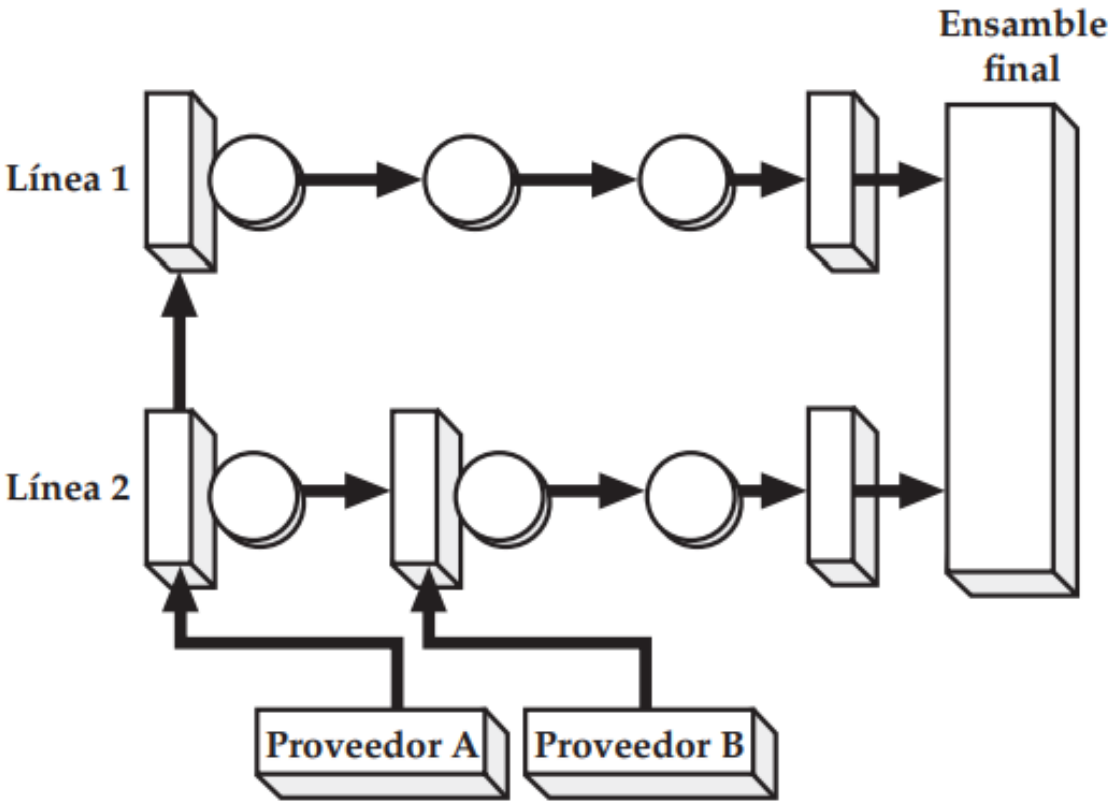
b) Distribución física esbelta

Distribución física y mantenimiento de equipos



Distribución física y mantenimiento de equipos

Objetivo:
Lotes de una unidad



c) **Distribución física esbelta con una tecnología en grupo**

Distribución física de tecnología de grupo (GT) o de manufactura celular

Capital humano

Capacitación interfuncional, remuneración y contratación de trabajadores:

- Trabajadores con funciones múltiples
- Capacitación interfuncional
- Modo de remuneración
- Negociaciones sindicales
- Participación activa
- Entendimiento y cooperación

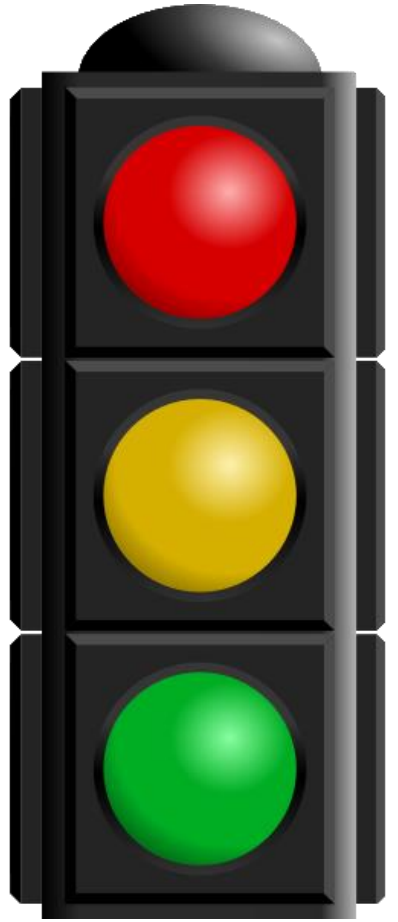
Garantía de la calidad

BIEN O SERVICIO DEFECTUOSO = CLIENTES INSATISFECHOS

DEFECTO = DESPERDICIO

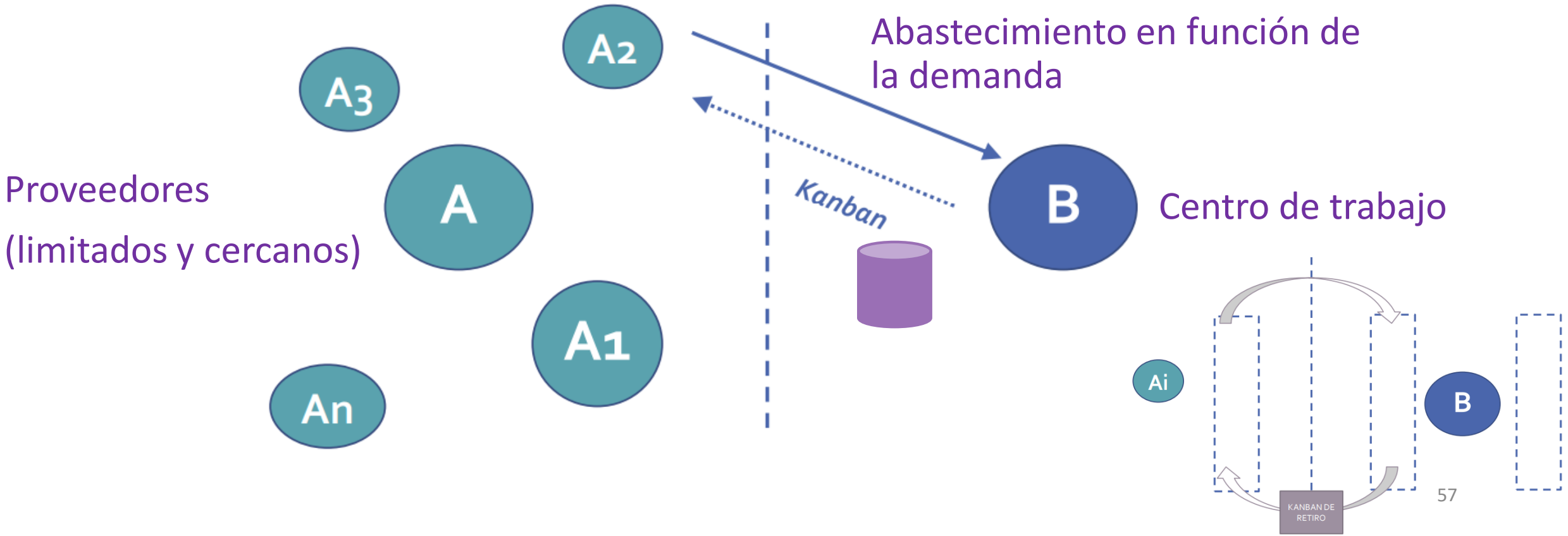
La detección de una **falla** en la cadena de producción del bien o servicio en cuestión, lleva al **detenimiento de todo el proceso**.

Al no existir inventarios para cubrir errores, se requiere de una **calidad perfecta o casi perfecta**.



Proveedores

En un sistema de producción esbelta, los proveedores son tratados de una forma muy similar a como se trata a los centros de trabajo internos.



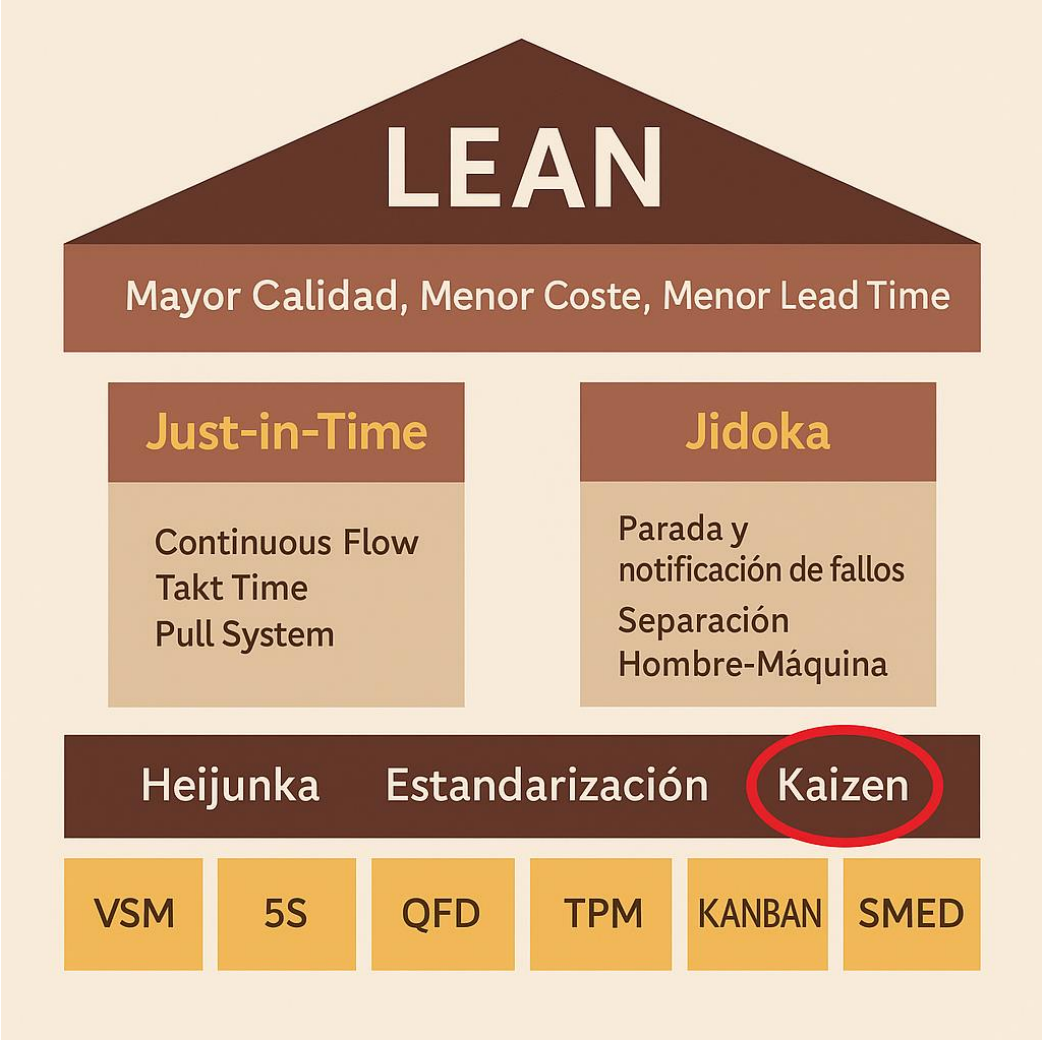
Proveedores

Características de un **programa integral de proveedores**:

- Selección anticipada
- Abastecimiento de familias de partes
- Relación estratégica a largo plazo
- Reducción de los trámites (recepción e inspección)

Los sistemas de producción esbelta implican un **cambio de lógica en la relación comercial** con los proveedores.

Implantación de la manufactura esbelta



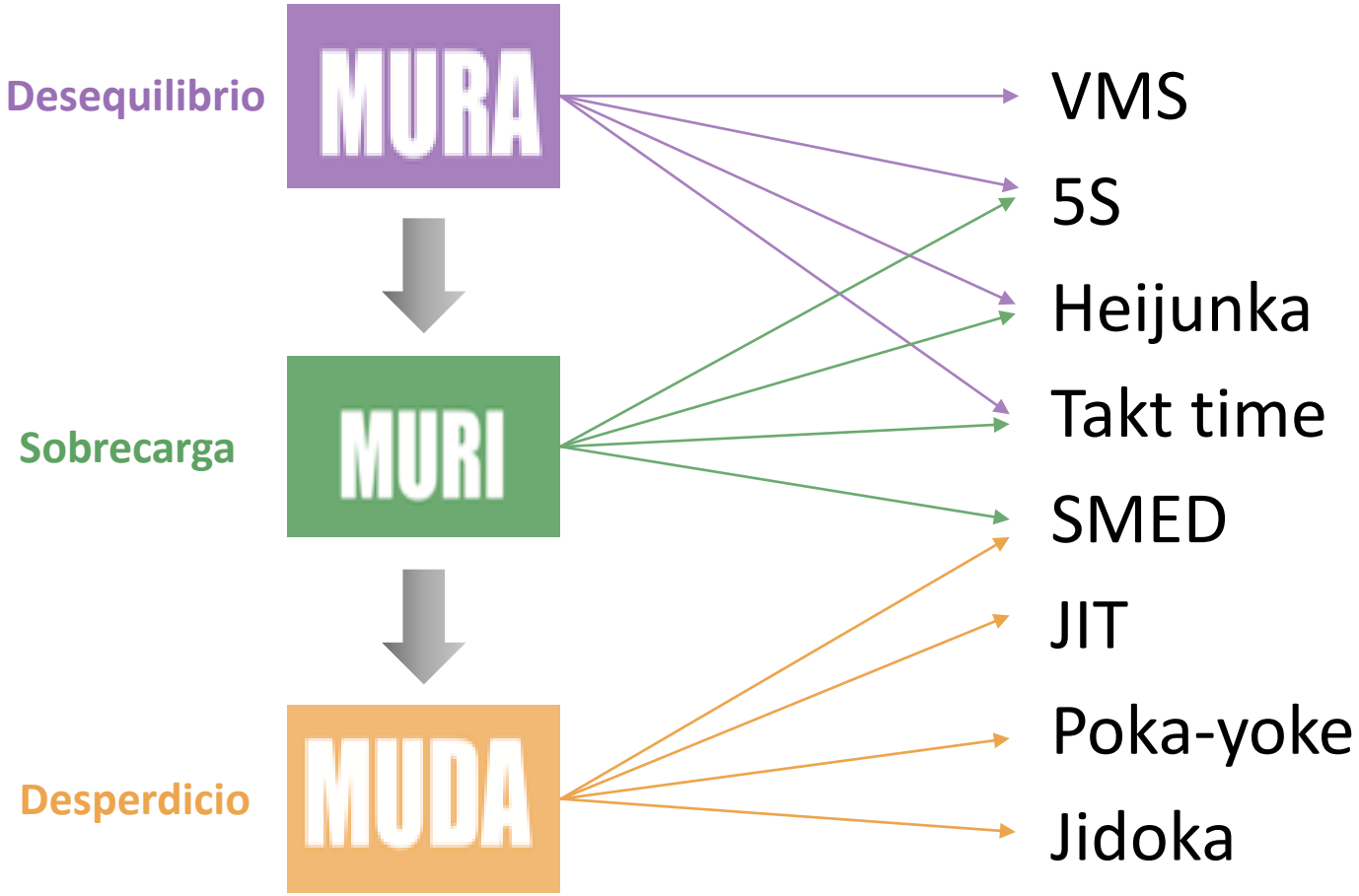
Acciones Kaizen:

- Involucramiento del personal en equipos de mejora
- Valor desde el punto de vista del cliente (interno o externo)
- Cadena de valor incluyendo pasos del proceso y tiempos
- Enfoque pull
- Cambios para mejora y mantenimiento duradero

Resumiendo

- **Sistemas esbeltos:** eliminación de las actividades que no agregan valor y minimización de los desperdicios.
- **5 principios:** la especificación del valor para el cliente; la representación gráfica de la cadena de valor; la construcción del flujo de producto o del servicio; el impulso de la demanda a partir del cliente y el esfuerzo hacia la perfección.
- Un sistema de producción esbelta está apoyado por un **programa maestro** estable y uniforme, lo que implica una producción diaria constante dentro del marco de tiempo del programa maestro y de un modelo mixto de ensamblado.

Resumiendo


Desequilibrio
MURA
Sobrecarga
MURI
Desperdicio
MUDA
VMS
5S
Heijunka
Takt time
SMED
JIT
Poka-yoke
Jidoka

¿Consultas?

FACULTAD DE INGENIERÍA | UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY