



Centro de
Especializaciones
Noeder



Florida
Global
University

Diplomado de Especialización

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

CICLO REGULAR

MÓDULO IV

CLASE 2

**DISEÑO DE PROCESOS Y
PRODUCTIVIDAD INDUSTRIAL**

Ing. Paul Cirilo Flores



Filosofía organizacional

La Teoría de las Restricciones (TOC) es un enfoque sistemático para identificar y gestionar los obstáculos que limitan el rendimiento de una organización.. Toda organización es un Sistema Complejo se comporta como una cadena; por lo que su Resistencia total está determinada únicamente por el eslabón más débil.

Objetivo principal

TOC busca maximizar la velocidad a la que el Sistema genera dinero a través de las ventas, gestionando todo el proceso alrededor de la restricción





TOC

Principios clave de la Teoría de las Restricciones (TOC)

Simplicidad inherente

Goldratt afirmaba que la realidad no es compleja, es sumamente simple. Por más caótica, enredada o gigante que parezca una fábrica o empresa, su comportamiento está gobernado por unos poquísimos elementos claves (restricciones).

Todo Sistema tiene al menos una restricción

Si un Sistema no tuviera un cuello de Botella, su capacidad para generar dinero sería infinita. Puesto que ninguna empresa gana dinero infinito, siempre existe algo que la limita. La restricción no es un “enemigo” que hay que odiar; es el punto de apalancamiento

Los Óptimos locales No equivalen al óptimo global

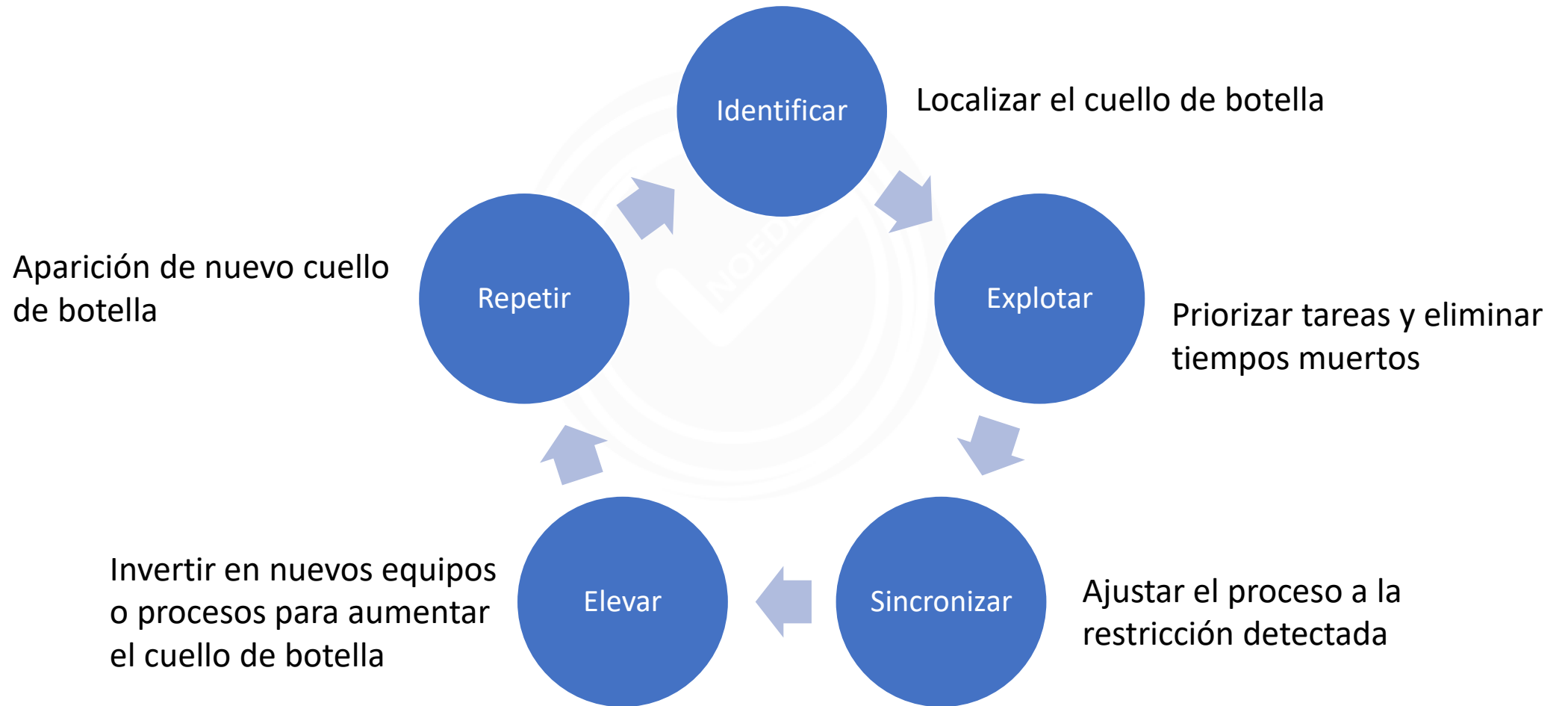
Mejorar la eficiencia de un departamento o una máquina de forma aislada no mejora el Sistema en su conjunto, y en la mayoría de los casos, lo perjudica gravemente.

La inercia es el principal enemigo de la mejora continua

Cuando logras elevar una restricción, la restricción se moverá a otro lado (quizás ahora el cuello de botella sean las ventas)



TOC





TOC

Throughput, Goldratt indica que “es la velocidad que un sistema genera dinero a través de las ventas. Producir sin vender es como llenar un almacén de optimismo operativo pero no de caja”

Throughput Financiero

Es una métrica física. Se define como la velocidad a la que el sistema en su totalidad procesa, termina y entrega productos o servicios al cliente final.

Enfoque: Velocidad de generación de dinero fresco a través de las ventas reales. No le importa cuantas piezas fabricó una máquina sino cuantas piezas ya fueron absorbidas y pagadas por el mercado.

Unidad de medida: Unidades monetarias por periodo de tiempo(ej. \$ 1000 por semana etc.)

Regla: “ Producir para el almacén no es ganar dinero; es enterrar la liquidez” No importa si la máquina operó con una eficiencia del 100% o si los costos unitarios bajaron; si el cliente final no ha comprado el artículo, esa producción solo sirvió para aumentar el inventario y los Gastos Operativos



Throughput Operativo

Es una métrica física. Se define como la velocidad a la que el sistema en su totalidad procesa, termina y entrega productos o servicios al cliente final.

Enfoque: Mira a la empresa como una sola “caja negra”. No le importa qué máquina hace qué cosa por dentro; solo le importa a qué velocidad salen los productos terminados hacia las manos del cliente.

Unidad de medida: Unidades físicas sobre tiempo (ej. 300 cajas por turno, 50 autos por día, etc.)

Regla: El Throughput operativo no es lo mismo que la producción de las máquinas. Si una máquina fabrica 1000 piezas pero estas se quedan en el almacén porque el cliente no las ha comprado o porque otra máquina más adelante no puede procesarlas, el throughput operativo es cero



Throughput del Cuello de Botella

Es una métrica aterriza directamente en la línea de producción. Se define como la tasa de procesamiento real exclusiva del recurso más lento o limitado (la restricción)

Enfoque: Es el latido del corazón de la fábrica, lo que Goldratt llamó el “Tambor” (Drum). Es la capacidad máxima a la que el eslabón más débil puede operar sin detenerse.

Unidad de medida: Unidades procesadas por el recurso sobre tiempo (ej. 50 piezas soldadas por hora, 500 galones producidos por minuto, etc.)

Regla: Ninguna otra estación de trabajo debe operar a un ritmo mayor que el Throughput del Cuello de Botella. Si lo hacen, solo generarán inventario en proceso (WIP), atascos y gastos operativos innecesarios



TOC

Throughput Financiero (Dinero que se gana por unidad vendida)

$$T = \text{Precio de Venta} - \text{Costos Variables}$$

Throughput Operativo (Que tan rápido se convierte la producción en ventas)

$$T_o = \text{Total de Unidades vendidas} / \text{Tiempo de Producción}$$

Throughput Cuello de Botella (límite máximo del sistema, cuanto se puede producir realmente)

$$T_C = \text{Capacidad del Cuello de Botella} \times \text{Tiempo de Operación}$$



TOC

"**ElectroHogar S.A.**" La empresa fabrica tres modelos de licuadoras: Básica, Plus y Premium. La demanda del mercado para la próxima semana es conocida, pero la planta tiene un tiempo limitado en su **estación de Ensamblaje de Motores**, la cual es el cuello de botella comprobado. La estación solo está disponible **2,400 minutos a la semana**. Los Gastos Operativos (OE) fijos de la fábrica (salarios, alquiler, luz) son de **\$5,000 semanales**.

Datos por Unidad	Licuadora Básica	Licuadora Plus	Licuadora Premium
Precio de Venta (\$V\$)	\$40	\$60	\$90
Costo Totalmente Variable (\$CTV\$) (Materia Prima)	\$15	\$25	\$40
Demanda Semanal Máxima (unidades)	200	150	100
Tiempo en el Cuello de Botella	5 minutos	10 minutos	15 minutos

- Calcula el Throughput Financiero Unitario (\$) para cada modelo.
- Determina el Throughput por minuto de cuello de botella para cada modelo y establece la prioridad de producción.
- Calcula cuántas unidades de cada modelo se deben fabricar para maximizar las ganancias y cuál será la Utilidad Neta (\$) de la semana.



TOC

"Muebles de Diseño CNC"

Una fábrica elabora sillas de madera de alta gama. Actualmente, pueden vender todas las sillas que fabriquen a un precio de **\$200 cada una**. El Costo Totalmente Variable (madera y herrajes) es de **\$80 por silla**.

El cuello de botella absoluto de la fábrica es la **Máquina CNC de Corte**. Trabajando al máximo de su capacidad (24/7), la máquina solo permite sacar **100 sillas por semana**. Los Gastos Operativos (OE) de toda la fábrica son **\$6,000 a la semana**.

La Propuesta:

Un taller externo se ofrece a cortar la madera de **20 sillas adicionales por semana**. Sin embargo, este taller cobra muy caro. Si se acepta su servicio, el Costo Totalmente Variable (\$CTV\$) de esas 20 sillas subirá de \$80 a **\$140 por unidad** (sumando el costo original del material más el servicio del taller externo).

- Calcula la Utilidad Neta semanal actual de la empresa.
- ¿Aceptaría un contador tradicional la propuesta del taller externo sabiendo que el costo de producción de esas 20 unidades se dispara drásticamente?
- Demuestra mediante la contabilidad del Trúput si se debe aceptar o rechazar la propuesta calculando el nuevo escenario.



OEE

Eficiencia General de los Equipos (OEE)

El OEE responde a una pregunta gerencial muy simple: De todo el tiempo que planificamos que una máquina estuviera produciendo a su máxima velocidad piezas perfectas, ¿ Cuanto tiempo lo logró realmente?

Un OEE del 100% significa producción perfecta: Fabricar solo piezas buenas lo más rápido posible, sin tiempos muertos.

Para calcularlo, el OEE disecciona la producción en 3 dimensiones independientes (sus 3 pilares). Si uno solo de estos pilares falla, el indicador global se desploma.



OEE

Los 3 pilares del OEE y sus formulas



Disponibilidad

Evalua los tiempos Muertos. Mide qué porcentaje del tiempo que la máquina debía estar funcionando, realmente lo estuvo. Castiga las paradas no planificadas (averías, falta de material).

Rendimiento

Evalúa la velocidad. Cuando la máquina por fin Estaba encendida y trabajando, ¿ lo hizo a la velocidad que prometía el fabricante (Capacidad instalada) o fue más lento?. Castiga las micro paradas (atascos de pocos segundos) y la velocidad reducida

Calidad

Evalua los defectos. De todo lo que la máquina logró escupir mientras estuvo encendida ¿ Cuanto sirve para venderse?. Castiga los productos defectuosos, los reprocesos y la merma de arranque



OEE

OEE = Disponibilidad X Rendimiento X Calidad



$$OEE = B/A \times D/C \times F/E$$



Contexto del Caso: Inyectora de Plástico "PoliMax" La empresa fabrica carcasas para electrodomésticos. Se evalúa el desempeño de una máquina inyectora durante un turno normal.

Datos recopilados del turno de ayer:

- Duración del turno: 1 turno de 8 horas (480 minutos).
- Paradas planificadas: El operario tiene 2 descansos de 15 minutos cada uno. Durante este tiempo, la gerencia *no espera* que la máquina produzca.
- Velocidad ideal (Capacidad Instalada): Según el fabricante de la inyectora, el tiempo de ciclo ideal es de 10 segundos por pieza (lo que equivale a 6 piezas por minuto).
- Eventos durante el turno (Paradas no planificadas): * Se rompió una manguera hidráulica y el mantenimiento tardó 45 minutos en arreglarla.
 - Al iniciar el turno, el cambio de molde y calentamiento (Set-up) tomó 15 minutos.
- Resultados finales de producción: El contador de la máquina registró un total de 1,900 piezas fabricadas. Sin embargo, el departamento de control de calidad rechazó 150 piezas por rebabas o mal sellado.

Calcula los porcentajes de Disponibilidad, Rendimiento, Calidad y el OEE final de la máquina.



OEE

Contexto del Caso: Planta Embotelladora "Refrescos del Valle" Se analiza el desempeño de la línea principal de envasado durante la jornada completa del día miércoles.

Datos recopilados de la jornada:

- Horario operativo: Se trabajan 2 turnos continuos de 8 horas cada uno (Total = 16 horas o 960 minutos).
- Paradas planificadas: Por norma de sanidad, al finalizar la jornada se detiene la línea completa durante 1 hora (60 minutos) para la limpieza profunda y sanitización obligatoria.
- Velocidad ideal (Capacidad Instalada): La máquina llenadora está diseñada para procesar 120 botellas por minuto.
- Eventos durante la jornada (Paradas no planificadas):
 - La máquina se detuvo por falta de botellas vacías (retraso del almacén) durante 40 minutos.
 - Hubo un fallo en el motor de la banda transportadora que tardó 50 minutos en repararse.
- Resultados de producción: Al final del día, ingresaron al almacén de producto terminado 82,000 botellas perfectas listas para la venta. El registro de mermas indica que se desecharon y reciclaron 3,000 botellas durante el día por nivel de llenado incorrecto.

A partir de estos datos, calcula la Disponibilidad, el Rendimiento, la Calidad y el OEE final.



OEE

Planta Envasadora de Alimentos "NutriVital" Eres el Gerente de Operaciones y estás auditando el desempeño de la Línea de Envasado Automático N°1 durante el día de ayer (jornada completa de 24 horas). El sistema te arroja el siguiente reporte desordenado de eventos y métricas.

Datos del Reporte Operativo:

- Jornada Laboral: La planta operó 3 turnos de 8 horas cada uno (24 horas continuas).
- Paradas y Eventos Registrados:
 - Mantenimiento preventivo anual (Programado desde hace 3 meses): 2 horas.
 - Descansos para alimentación del personal: 30 minutos por turno (Durante estos descansos se apaga la máquina por políticas del sindicato).
 - Falla eléctrica en el motor principal: 85 minutos.
 - Espera por falta de bobinas de empaque (retraso del almacén): 35 minutos.
 - Cambio de formato (Set-up) para pasar de envasar 500g a 1kg: 40 minutos. *(Nota: El estándar OEE considera los set-ups como pérdida de disponibilidad).*

Datos de la Máquina y Producción:

- Velocidad Nominal (Catálogo): La máquina está diseñada para envasar 120 bolsas por minuto.
- Contador final de la máquina: Al terminar las 24 horas, el sensor de salida marcó un total bruto de 105,000 bolsas procesadas en total.

Reporte de Calidad:

- Control de Calidad destruyó y botó a la basura 3,000 bolsas por sellado deficiente (Merma/Scrap).
- Otras 2,000 bolsas salieron con la etiqueta torcida, pero un grupo de operarios logró despegarlas y re-etiquetarlas manualmente fuera de la línea para poder venderlas (Reproceso).

1. Calcula el Tiempo de Producción Planificado y discrimina qué paradas afectan el OEE y cuáles no.
2. Determina la Disponibilidad, el Rendimiento y la Calidad. *(¡Cuidado con cómo tratas el reproceso!)*
3. Calcula el OEE Final de la jornada.



Las 6 grandes pérdidas

I. Pérdidas que hundan la **DISPONIBILIDAD**

Estas son las paradas en las que la máquina debería estar produciendo, pero está completamente detenida (Tiempo de inactividad / Downtime).

1. Fallas del Equipo (Averías no planificadas)

- **Concepto:** Ocurre cuando la máquina pierde su función de repente. Es el clásico "se rompió la máquina".
- **Causas comunes:** Motores quemados, bandas rotas, fallas eléctricas, sensores dañados o falta de mantenimiento preventivo.
- **Impacto en la planta:** Detiene la producción por completo. Exige la intervención de urgencia del equipo de mantenimiento, generando estrés y caos en la programación.

Ejemplo: Una embotelladora se detiene durante 45 minutos porque la válvula neumática principal se atascó.

2. Configuración y Ajustes (Set-ups y Cambios de formato)

- **Concepto:** Es el tiempo de inactividad necesario para preparar la máquina al cambiar la producción de un producto a otro. A diferencia de las averías, esta es una parada *necesaria*, pero a menudo toma mucho más tiempo del que debería.
- **Causas comunes:** Falta de herramientas a la mano, ajustes manuales tediosos, o calibraciones de prueba y error por parte del operario.
- **Impacto en la planta:** Reduce drásticamente el tiempo útil de producción. La herramienta clásica para atacar esta pérdida es la metodología **SMED** (Single-Minute Exchange of Die).

Ejemplo: Detener una etiquetadora durante 1 hora y media para cambiar los rodillos y pasar de etiquetar botellas de 500 ml a botellas de 1 Litro.



Las 6 grandes pérdidas

II. Pérdidas que hundan el RENDIMIENTO

Estas ocurren cuando la máquina sí está encendida y funcionando, pero no a la velocidad óptima (Speed losses).

3. Micro-paradas y Tiempo en vacío (El "asesino silencioso")

- **Concepto:** Son paradas muy cortas (generalmente menores a 5 minutos) que el mismo operario resuelve rápidamente sin llamar a mantenimiento.
- **Causas comunes:** Sensores ópticos sucios, pequeños atascos de material en la banda, variaciones en el flujo del producto.
- **Impacto en la planta:** Como son tan cortas, *rara vez se registran*. El operario simplemente destraba la pieza y sigue. Sin embargo, si ocurren 30 veces en un turno, destruyen la productividad diaria sin dejar rastro en los reportes tradicionales.

Ejemplo: Una caja de cartón se traba en la formadora; el operario camina, la saca con la mano, reinicia la máquina y vuelve a su lugar (tardó 40 segundos, pero ocurre 50 veces al día).

4. Velocidad Reducida (Operar por debajo de la placa base)

- **Concepto:** La máquina está produciendo piezas sin parar, pero a un ritmo más lento que su Tiempo de Ciclo Ideal o Capacidad de Diseño.
- **Causas comunes:** Máquinas viejas o desgastadas que vibran mucho si se aceleran, operarios inexpertos que tienen miedo de usar la velocidad máxima, o materia prima de mala calidad que se rompe si se procesa rápido.
- **Impacto en la planta:** Se genera una falsa sensación de eficiencia porque la máquina "no se ha parado", pero al final del día la producción total está muy por debajo de la meta.

Ejemplo: Una selladora térmica está diseñada para sellar 60 bolsas por minuto, pero el operario la corre a 45 bolsas por minuto porque la resistencia eléctrica está fallando y necesita darle más tiempo a la bolsa para que selle bien.



Las 6 grandes pérdidas

III. Pérdidas que hundan la CALIDAD

Estas ocurren cuando la máquina funciona y produce, pero el resultado no sirve para la venta inmediata (Quality losses).

5. Defectos de Proceso (Rechazos y Reprocesos)

- **Concepto:** Productos defectuosos creados durante la producción estable (estado estacionario) que no cumplen con los estándares de calidad del cliente.
- **Causas comunes:** Parámetros de máquina incorrectos (temperatura, presión), desgaste de herramientas de corte, o manipulación brusca que daña el producto terminado.
- **Impacto en la planta:** Es la pérdida más costosa, porque no solo se pierde el tiempo de la máquina, sino que se desperdicia materia prima, energía y horas-hombre. Incluye tanto lo que va a la basura (Scrap) como lo que se puede reparar (Reproceso).

Ejemplo: 500 botellas salen con la tapa chueca a mitad del turno y deben ser desechadas o re-tapadas a mano.

6. Pérdidas de Arranque (Merma de Inicio)

- **Concepto:** Son los productos defectuosos que se producen **exclusivamente al inicio** de un turno, después de un cambio de formato o tras encender la máquina, mientras el equipo se estabiliza.
- **Causas comunes:** Las máquinas térmicas, hornos o extrusoras necesitan alcanzar cierta temperatura antes de operar correctamente. El material que pasa durante esa curva de calentamiento suele salir defectuoso.
- **Impacto en la planta:** Muchas empresas aceptan esta pérdida como "normal" (le llaman purga o calentamiento), pero en realidad es una ineficiencia que debe minimizarse ajustando los procedimientos de arranque.

Ejemplo: Al prender la inyectora de plástico en la mañana, las primeras 30 piezas salen con burbujas de aire porque el molde aún está frío, y van directo a la trituradora para reciclarse.



Las 6 grandes pérdidas

Caso 1: El fantasma del sensor En una línea de empaque de galletas, el sensor óptico que cuenta las cajas suele llenarse de polvo de galleta. Cada vez que esto pasa, la banda se detiene por seguridad. El operario simplemente sopla el sensor, presiona un botón verde y la máquina arranca de nuevo. Esto le toma 20 segundos, pero ocurre unas 15 veces por turno.

Caso 2: El lote de las 8:00 AM En una planta de extrusión de tuberías de PVC, la máquina se enciende de lunes a viernes a las 8:00 AM. El plástico necesita fundirse y salir con un grosor específico. Los primeros 40 metros de tubo que salen de la máquina todos los lunes siempre tienen paredes muy delgadas y son triturados inmediatamente para ser reutilizados en la mezcla del martes.

Caso 3: El operador precavido Una troqueladora de metal tiene en su placa base una capacidad de 120 golpes por minuto. Sin embargo, la máquina tiene 15 años de antigüedad y el operario más experimentado sabe que si la pasa de 90 golpes por minuto, la máquina empieza a vibrar violentamente y bota aceite. Por lo tanto, todo el año operan a 90 golpes por minuto.

Caso 4: Cambio de formato dominical Una planta cervecera envasó cerveza en botella de vidrio de 330 ml durante toda la semana. El domingo en la mañana, el equipo debe cambiar las válvulas, guías y estrellas de la máquina para empezar a envasar botellas de 1 Litro. Este proceso de ajuste y calibración les toma 2 horas y media, tiempo durante el cual no sale ni una sola gota de cerveza.

Caso 5: La catástrofe del miércoles A las 3:00 PM del miércoles, el motor principal de la banda de enfriamiento hace un ruido fuerte, saca humo y se detiene. El equipo de mantenimiento diagnostica que se quemó la bobina. Tardan 3 horas en ir al almacén, buscar el repuesto, instalarlo y volver a encender la línea.

Caso 6: El ejército de las pinzas En una ensambladora de componentes electrónicos, la máquina automática suelda las placas base perfectamente durante horas. Sin embargo, a mitad del turno, un lote de soldadura vino con exceso de plomo. La máquina no se detiene, pero 300 placas salen con un "puente" de soldadura que causa cortocircuito. Al final de la línea, hay tres personas con pinzas y cautines arreglando manualmente esas 300 placas antes de meterlas en sus cajas.

¡Gracias!



Centro de
Especializaciones
Noeder

Conéctate con nuestra comunidad

