



# Eficiencia global de los equipos OEE para líneas de producción semiautomatizadas

Conoce las particularidades del cálculo del indicador OEE en líneas de producción y las condiciones que debe cumplir un proceso para la automatización de su obtención.



# OEE

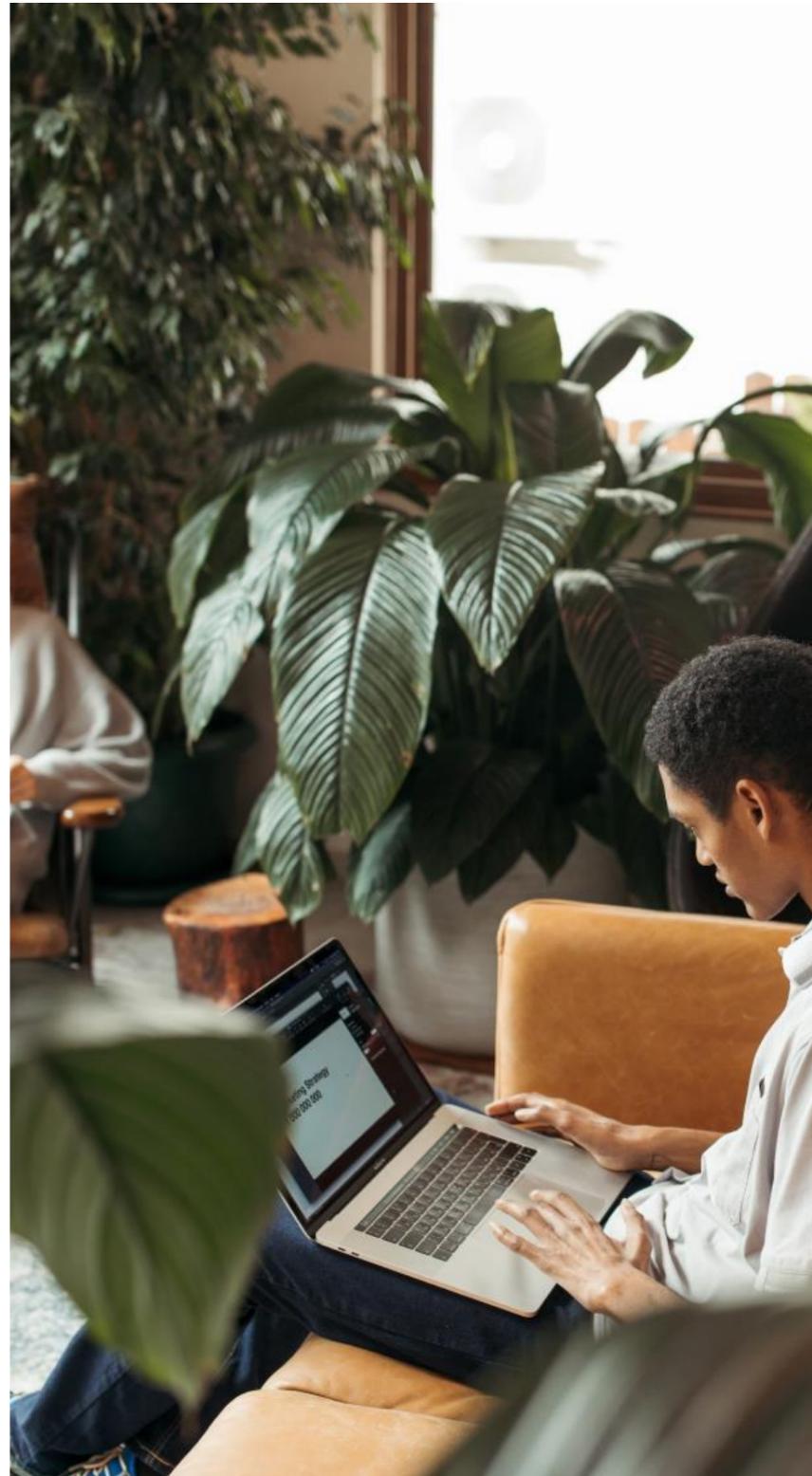
# i40

La **automatización de la producción** está cada vez más extendida. Sin embargo, la mayoría de los procesos de fabricación son híbridos, es necesario mantener ciertas tareas manuales, bien por su complejidad para su automatización o bien porque se trata de tareas que requieren un alto grado de calidad.

La fabricación de elementos compuestos, la fabricación aditiva, el control numérico computerizado, el ensamblaje de piezas, etc. son todos procesos de producción que se adaptan perfectamente a la automatización, sin embargo, en todos ellos hay fases de la producción que requieren trabajo manual.

La **Eficiencia Global de los Equipos (OEE)** es un indicador ampliamente utilizado en la industria para medir la eficiencia con la que los recursos son usados para la producción. No obstante, tradicionalmente se aplica sólo para puestos de trabajo automatizados. Enfrentarse a los retos de convertir un proceso de fabricación en una Fábrica 4.0 requiere implementar formas de medir el OEE de manera eficaz, dinámica y global, independientemente de si el proceso es automático o no.

En este *ebook* se detallan las particularidades del cálculo del OEE en líneas de producción semiautomatizadas. Se describen también las **variaciones OOE y TEEP** y se enumeran las condiciones, a modo de checklist, que se deben dar en un proceso para que el cálculo del OEE se pueda automatizar.



**01** industria 4.0,  
¿una revolución?  
Una introducción sobre lo que significa esta cuarta revolución industrial y su impacto real.

**02** líneas  
semiautomatizadas  
Algunos apuntes sobre las líneas de producción semiautomatizadas y efectivas en una Fábrica 4.0.

**03** cálculo  
automático OEE  
Una disección de las particularidades a considerar para alcanzar un cálculo automático exitoso del OEE.

**04** checklist  
de requisitos  
Qué requisitos debe cumplir un proceso para hacer viable el cálculo automático de su OEE.

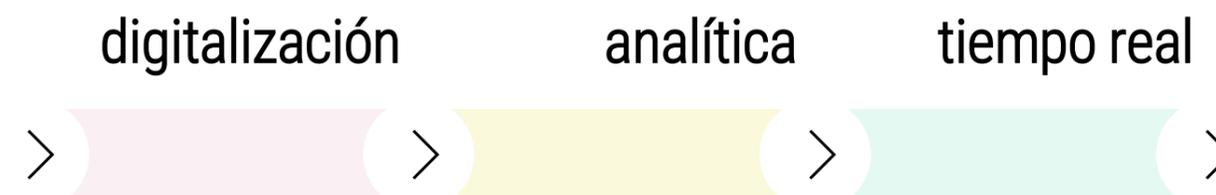
**05** indicadores  
OOE y TEEP  
Dos variaciones sobre el indicador OEE que aportan información complementaria de valor.

**06** polaris,  
una solución  
Un sistema MEP-MES para la planificación y el control de las operaciones en entornos industriales.



## El cálculo automático

y en tiempo real de la efectividad de los equipos es una herramienta muy potente a la hora de detectar problemas sobre la disponibilidad, el rendimiento o la calidad producida. La mejora de la efectividad en estas dimensiones es esencial en el camino hacia una Fábrica 4.0.



**S**e pueden encontrar diversas definiciones y características sobre el concepto de Industria 4.0, y no menos discusiones sobre el momento de su aparición o su autoría.

En nuestra humilde opinión, la cuarta revolución industrial se encuentra en poner en marcha mecanismos basados en tecnologías digitales capaces de aportar mayor capacidad de decisión y soberanía a los diferentes agentes, tanto máquinas como humanos, que intervienen en un proceso industrial. En este sentido, se consideran clave la adquisición y gobernanza de los datos; el análisis, minería y big data; la inteligencia artificial y el acceso a la información en tiempo real.

En los últimos años, modelos de fabricación como la producción masiva siguiendo JIT (*just-in-time*), o la personalización de productos de mecanizado por CNC, utilizan las ventajas que proporciona una fábrica inteligente para ganar en efectividad.

La industria manufacturera se enfrenta al problema de implementar líneas de producción ultra dinámicas, necesarias para responder a la personalización total de sus productos y a la fabricación bajo demanda, características cada vez más solicitadas por los clientes. Unido a que cada vez más los proveedores se adhieren a este tipo de patrones, resulta un auténtico reto planificar las operaciones y la logística, reto imposible de abordar sin implementar, al menos, las características mencionadas sobre Industria 4.0.

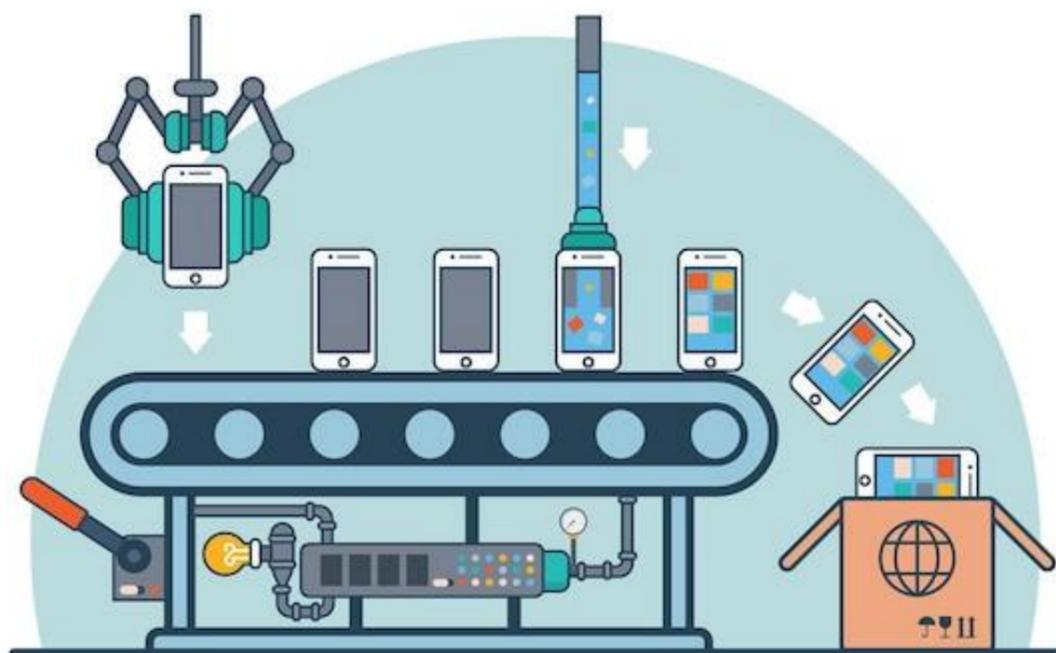
02 líneas de producción **semiautomatizadas** /

# Las líneas de producción **efectivas**, capaces de **afrontar las exigencias de una Fábrica 4.0,**

son aquellas que consideran la efectividad de sus equipos como un indicador global, para cualquiera de sus puestos de trabajo, independientemente si son manuales o automatizados.



## líneas de producción semiautomatizadas /



**E**n industria manufacturera es habitual que las líneas de producción estén semiautomatizadas, muchas de las tareas son llevadas a cabo por máquinas pero es habitual encontrar puestos de trabajo manual. Las razones pueden ser variadas pero, fundamentalmente se debe a que se trata de tareas que son difícilmente automatizables o que el resultado de las mismas ha de ser de una elevada calidad. Es habitual que el trabajo manual se controle a través de órdenes de trabajo, y que el resultado se informe a través de partes de trabajo, en la mayoría de los casos a través de papel.

Sistemas informáticos con características MES son habituales, aunque en raras ocasiones consiguen combinar la información de los puestos de trabajos de tipo máquina con los manuales, o bien no logran establecer un mecanismo eficaz para clasificar correctamente la naturaleza de todas las desviaciones de tiempo que se producen en un proceso de fabricación.

En muchas ocasiones la efectividad global de los equipos se calcula exclusivamente para los puestos de trabajo de tipo máquina, seguramente porque estas máquinas ya vienen dotadas del software que lo calcula. En líneas de producción con puestos de trabajo manuales y automáticos, el cálculo de la efectividad global de los equipos ha de ser un compendio de cálculos y se ha de considerar la naturaleza de la relación entre los diferentes puestos de trabajo.

# Cálculo automático del indicador OEE



La efectividad global de los equipos,

OEE por sus siglas en Inglés, es un indicador usado para el control de la producción y que ayuda a calcular, en base a una capacidad de producción instalada, el grado en el que los recursos son utilizados para producir correctamente, y cómo los diferentes tipos de paradas e incidencias que se sufren, afectan a la disponibilidad y el rendimiento del equipo en su conjunto.

## Disponibilidad

Razón entre el tiempo real disponible para producir y el tiempo total planificado

## Rendimiento

Razón entre el tiempo teórico necesario para ejecutar el trabajo frente al tiempo real que se ha empleado

## Calidad

Razón entre el tiempo necesario para llevar a cabo un trabajo correcto frente al tiempo real total dedicado

**E**l OEE calcula la efectividad en base a la clasificación de los tiempos en los que el equipo no está produciendo o está retrabajando. En base a la clasificación de estos tiempos, el OEE se compone de tres subíndices diferentes:

**Disponibilidad.** Se trata de la razón entre el tiempo real disponible para producir y el tiempo total planificado. De manera general, el tiempo no disponible para producir es debido a paradas inesperadas tales como averías, falta de material, etc.

**Rendimiento.** Se trata de la razón entre el tiempo teórico necesario para llevar a cabo el trabajo frente al tiempo real que se ha necesitado para hacerlo. En un mismo periodo de tiempo, es la razón entre el tiempo según estándar de las piezas construidas y el tiempo disponible. En este caso las diferencias de tiempo vienen dadas por microparadas, baja velocidad en las tareas manuales, etc.

**Calidad.** Se trata de la razón entre el tiempo necesario para llevar a cabo un trabajo correcto frente al tiempo real total dedicado. En este caso las diferencias de tiempo vienen dadas por el tiempo dedicado a retrabajar las piezas incorrectas.

$$\text{OEE} = \text{disponibilidad} \times \text{rendimiento} \times \text{calidad}$$

## Disponibilidad

Razón entre el tiempo real disponible para producir y el tiempo total planificado

$$\left( \frac{\mathbf{T}_{\text{total planificado}}}{\mathbf{T}_{\text{total en producción}}} \right) \times \mathbf{100} \%$$

## Rendimiento

Razón entre el tiempo teórico necesario para ejecutar el trabajo frente al tiempo real que se ha empleado

$$\left( \frac{\mathbf{T}_{\text{total teórico}}}{\mathbf{T}_{\text{total real empleado}}} \right) \times \mathbf{100} \%$$

## Calidad

Razón entre el tiempo necesario para llevar a cabo un trabajo correcto frente al tiempo real total dedicado

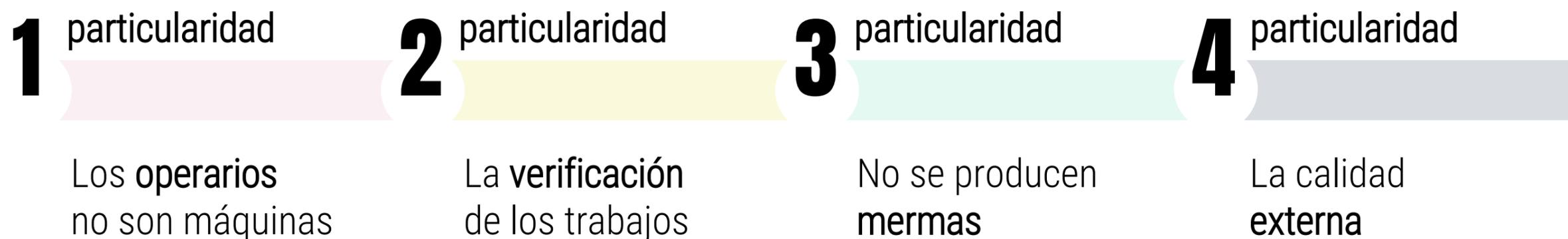
$$\left( \frac{\mathbf{T}_{\text{trabajo correcto}}}{\mathbf{T}_{\text{total real dedicado}}} \right) \times \mathbf{100} \%$$

## cálculo automático del OEE / particularidades /

**T**radicionalmente, el OEE se aplica a puestos de trabajo de tipo máquina. La razón fundamental se debe a que una máquina suele trabajar de manera homogénea para una serie de trabajo relativamente larga. Así, el resultado del índice representa de una manera muy sencilla el efecto que tienen las paradas y las mermas sobre la efectividad de la máquina, sabida por especificación la capacidad que esta tiene.

En puestos de trabajo manuales, de tipo artesanal o creativo, la clasificación de las paradas que se producen es más complicada, por lo tanto el OEE puede perder significado en estos casos. Sin embargo, en líneas de producción semiautomatizada, es habitual que los trabajos a realizar, tanto automáticos como manuales, estén planificados con antelación y vengán determinados por una ruta de fabricación preestablecida, una ingeniería del proceso de fabricación que determina la secuencia de tareas a realizar y el tiempo teórico necesario para llevarlas a cabo.

Este escenario es ideal para aplicar el índice OEE ya que las paradas que se producen inciden directamente en la efectividad esperada según el estándar.



## cálculo automático del OEE / particularidades /

### 01 Los operarios no son máquinas

Respecto al cálculo del OEE no se suele considerar al operario como tal, sino más bien se considera la cantidad de tiempo en el que se realizan tareas en un puesto de trabajo manual, independientemente del operario. De esta manera, un puesto de trabajo manual podría tener una capacidad instalada de 365x24x7, al igual que una máquina, si por ejemplo hay tres operarios trabajando uno por cada turno.

Sin embargo, es habitual considerar las paradas pactadas por convenio con los trabajadores como capacidad no instalada en los puestos de trabajo en los que han de trabajar, esto se suele dar en entornos en los que cubrir estas paradas de convenio con otros operarios es complicado.

### 02 La verificación de los trabajos

En líneas de ensamblaje, por ejemplo, es habitual que la verificación de los trabajos realizados se lleve a cabo al final de una fase de trabajo. El ensamblaje es habitual que cuente con varias fases, con varios puestos de trabajo cada una y se suele implementar la verificación sólo al final de cada fase, o incluso al final del ensamblaje. Esto implica que el componente calidad del OEE varíe dependiendo del grupo de puestos de trabajo sobre el que se calcule. Es importante considerar la agrupación de puestos de trabajo dependiendo de la naturaleza del proceso productivo en cada caso.

De manera similar, es habitual que las fases de ensamblaje sean relativamente largas, por lo que el retrabajo y la reparación se llevan a cabo en momentos diferentes. Esto también afecta significativamente al cálculo del componente calidad del OEE. Hay que considerar su cálculo teniendo en cuenta diferentes periodos de tiempo.

## cálculo automático del OEE / particularidades /

### 03 No se producen mermas

En la producción masiva y automática de piezas se suele medir el componente calidad del OEE como la razón entre las piezas buenas frente a las defectuosas. Esto es útil cuando las piezas defectuosas se consideran mermas.

Sin embargo, en líneas con trabajo semiautomático esto no suele ocurrir, las piezas defectuosas suelen ser reparadas, retrabajando las tareas necesarias. En estos escenarios es más útil considerar el componente calidad como la razón entre el tiempo empleado en producir una pieza correcta frente al tiempo total, considerando los retrabajos.

### 04 La calidad externa

De manera similar a lo comentado anteriormente, en líneas de ensamblaje, por ejemplo, se suelen producir productos sujetos a una verificación final llevada a cabo por el cliente. Son comunes los escenarios en los que se permite a los clientes lanzar no conformidades y devolver una pieza defectuosa para su reparación.

En estos casos es habitual no sólo calcular el OEE para el periodo de tiempo completo, sino también se suele dividir el cálculo entre el OEE interno, que considera la información propia de la producción de la pieza, y el OEE externo, como complemento del anterior, que considera la no calidad dada por las no conformidades lanzadas por el cliente final.



## ¿Qué necesitas para automatizar el cálculo del OEE?

Utiliza esta checklist para evaluar el estado de tus líneas de producción y averiguar qué acciones debes tomar para obtener un cálculo del indicador OEE eficaz, fiable y en tiempo real.



## Gestión de las paradas programadas

El mantenimiento de las máquinas, la formación de los equipos humanos, las verificaciones programadas, las auditorías, etc. Son paradas previstas que afectan al cálculo del OEE, en particular, suponen un tiempo en el que no se pueden planificar tareas.

Es necesario mantener un control temporal sobre estas paradas programadas para así poder introducir las en el cálculo.



## Control de la capacidad instalada

La capacidad instalada en un puesto de trabajo no tiene por qué ser siempre a tiempo completo. Especialmente en líneas de producción multiproducto se suele usar un mismo puesto de trabajo para diferentes líneas. En CNC, por ejemplo, se usa una misma máquina para fabricar piezas diferentes. Si se desea el cálculo del OEE por cada línea, que es lo habitual, es necesario determinar la capacidad del puesto asignada a cada línea.

Son necesarias la digitalización y el control de la capacidad instalada para cada puesto de trabajo, para cada línea de producción y para cada periodo en el que se calcule el OEE.

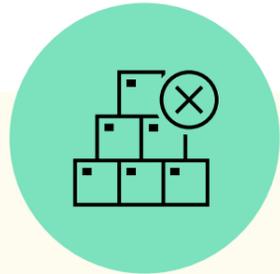


## Rutas de fabricación y planificación de los trabajos

Para cada orden de fabricación es necesario conocer el conjunto de operaciones a realizar, en qué puestos de trabajo se han de llevar a cabo y el tiempo estándar esperado para su realización.

De esta manera, conociendo la capacidad instalada, se puede planificar qué tareas se han de hacer en un periodo de tiempo determinado y esto sienta las bases para el cálculo de la disponibilidad y el rendimiento.

Es necesario, para cada línea de producción y periodo de tiempo, conocer la cantidad de trabajo que se ha planificado.



## Gestión de las incidencias

Durante la ejecución de las tareas aparecen incidencias que provocan paradas, tiempos muertos que afectan a la efectividad del equipo. Faltas de material, averías, cambios de referencia, etc.

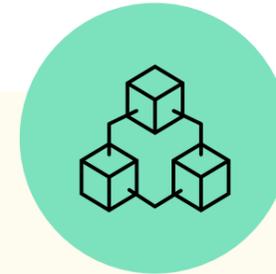
Es necesario la digitalización de la ejecución de tareas, tanto por máquinas como por operarios, y la posibilidad de que estos puedan notificar el tiempo dedicado a cada tarea y las incidencias que se hayan podido producir durante la ejecución de las mismas.



## Partes de trabajo

Una vez los trabajos se han llevado a cabo, e independientemente de aquellas paradas que hayan afectado a la disponibilidad, es necesario revisar si se ha producido alguna desviación respecto al tiempo estándar esperado para llevar a cabo dichos trabajos. Cualquier desviación al respecto provoca una falta de rendimiento y por lo tanto afecta al OEE.

Es muy útil la digitalización de la gestión de los partes de trabajo, brindando la posibilidad de clasificar todas aquellos tiempos muertos y desviaciones en la ejecución que se hayan producido durante un periodo de tiempo.



## Gestión de no conformidades retrabajo

Para cada orden de fabricación es necesario conocer el conjunto de operaciones a realizar, en qué puestos de trabajo se han de llevar a cabo y el tiempo estándar esperado para su realización.

De esta manera, conociendo la capacidad instalada, se puede planificar qué tareas se han de hacer en un periodo de tiempo determinado y esto sienta las bases para el cálculo de la disponibilidad y el rendimiento.

Es necesario, para cada línea de producción y periodo de tiempo, conocer la cantidad de trabajo que se ha planificado.



# OOE & TEEP

## Overall Operations Effectiveness & Total Effective Equipment Performance

Dos indicadores complementarios al OOE que se calculan aplicando variaciones clave sobre éste y aportan un valor diferencial en el control de la producción.

# OOE

## Overall Operations Effectiveness

La efectividad del equipo se mide respecto del tiempo en el que se han planificado tareas a realizar. El tiempo que no se logra planificar, hasta alcanzar la capacidad instalada, es debido a paradas programadas o a falta de carga de trabajo.

El índice OOE (*Overall Operations Effectiveness*) es idéntico al OEE salvo en el cálculo de la disponibilidad. Mientras que en OEE este componente es la razón entre el tiempo disponible real para la producción frente al tiempo total planificado, en el OOE se tiene en cuenta el tiempo planificado más el tiempo de paradas programadas.

$$\left( \frac{\mathbf{T}_{\text{total Planificado + Paradas programadas}}}{\mathbf{T}_{\text{total en producción}}} \right) \times \mathbf{100}$$

Esta variación del índice sirve para medir la efectividad con la que los recursos se usan para las operaciones

# TEEP

## Total Effective Equipment Performance

**D**e la misma manera el índice TEEP (*Total Effective Equipment Performance*) tiene en cuenta, para el cálculo de la disponibilidad, el tiempo planificado más el tiempo de paradas programadas más el tiempo de paradas por falta de carga de trabajo.

$$\left( \frac{\mathbf{T}_{\text{total Planificado + Paradas programadas + Paradas por falta de carga de trabajo}}}{\mathbf{T}_{\text{total en producción}}} \right) \times \mathbf{100}$$

Esta variación sirve para medir la efectividad del uso del total de la capacidad instalada

# POLARIS, una solución para la gestión de tu producción

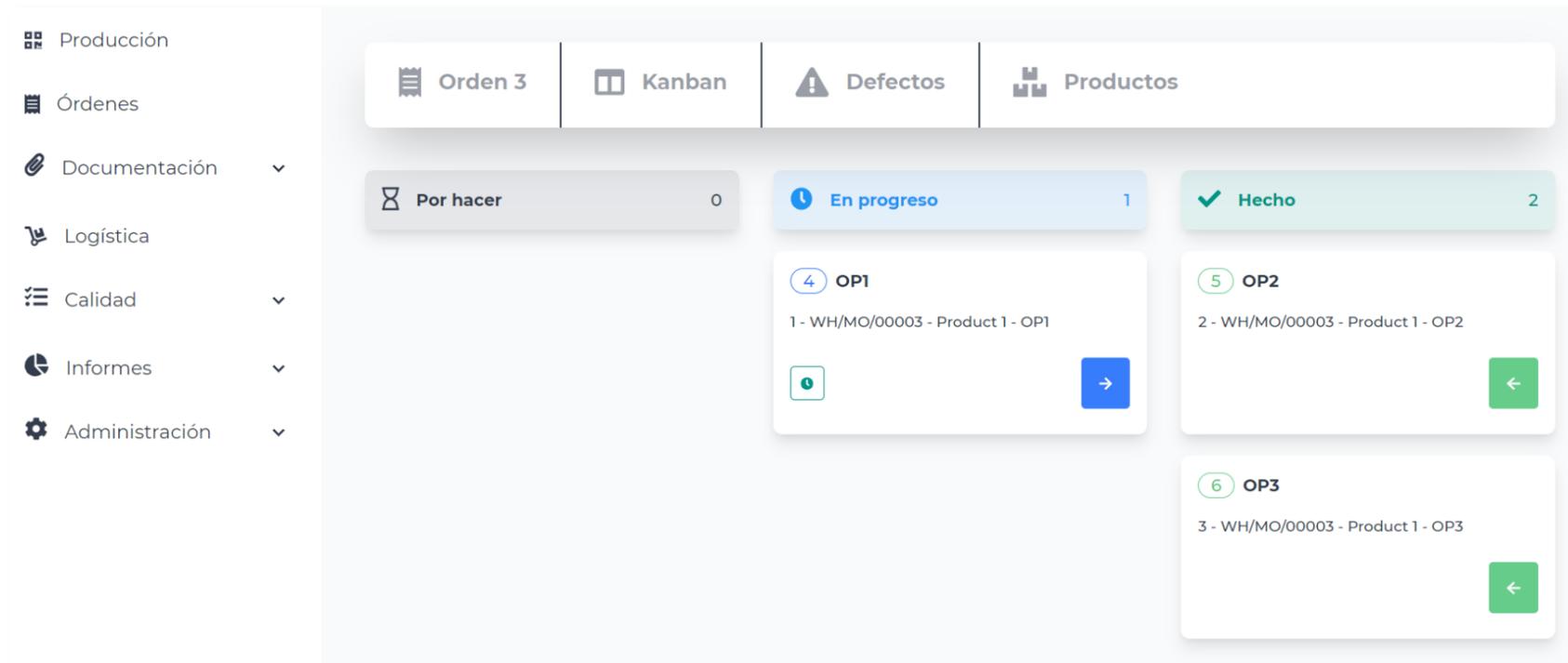
Polaris es un sistema MEP-MES para la planificación y el control de las operaciones en entornos industriales manufactureros.



06

una solución tecnológica / POLARIS /

sixphere.



Gestión de la estructura de líneas de producción y de la capacidad de cada puesto de trabajo.



Planificación y asignación de operaciones y órdenes de trabajo a máquinas y operarios.



Gestión de incidencias en la producción y control de partes de trabajo.



Cálculo automático del índice OEE y todas sus variantes (OEE y TEEP).



Visualización de información en tiempo real por líneas de producción y series temporales.

**POLARIS, una solución  
para la gestión de tu  
producción**



light up your **business**