

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: REDISEÑO DE UN PROCESO DE FABRICACIÓN INTEGRADO DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS PARA AUTOMÓVILES

Autora: Antonia GARCÍA GUTIÉRREZ

Fecha: Julio 2006



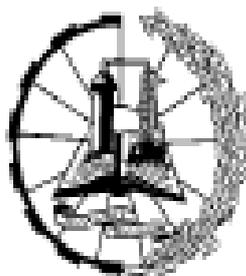




ÍNDICE.

Rediseño de un proceso de fabricación
integrado de componentes electrónicos
para automóviles.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



INDICE

1. RESUMEN.
2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.
3. OBJETIVOS.
4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL.
 - 4.1. Mapa de Valor Añadido.
 - 4.1.1. ¿Qué es el Mapa de Valor Añadido ?
 - 4.1.2. Elección del modelo.
 - 4.1.3. El proceso de producción.
 - 4.1.4. El flujo de información.
 - 4.1.5. El lead time.
 - 4.1.6. Características de Lean Value Stream.
 - 4.2. Descripción del proceso de producción.
 - 4.2.1. Almacén de materiales y etiquetadora.
 - 4.2.2. SMD.
 - 4.2.3. Market place.
 - 4.2.4. Célula de producción.
 - 4.2.5. Almacén de producto acabado.
 - 4.3. Toma de datos.
 - 4.3.1. Número de operarios.
 - 4.3.2. Tecnología utilizada.
 - 4.3.3. Espacio ocupado y distribución de las distintas estaciones.
 - 4.3.4. Volumen de producción.
 - 4.3.5. Modificación de la QPS.
 - 4.3.6. Change over.
 - 4.3.7. Lead Time.
 - 4.3.8. Datos de OEE.
 - 4.3.9. Datos de FTT.

4.3.10. Tiempos de ciclo.

4.4. Layout.

5. IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS.

5.1. Las siete pérdidas.

5.2. Herramientas utilizadas.

5.2.1. El Value Stream Mapping.

5.2.2. El takt time.

5.2.3. Hojas de cronometraje.

5.2.4. Formato de control de producción.

5.2.5. Análisis y rediseño de estaciones.

5.2.6. Board Preparation.

6. PROPUESTAS DE MEJORA.

6.1. Introducción.

6.2. Propuestas de mejora.

6.2.1. Mapa de Valor Añadido del Estado Futuro

6.2.2. Layout.

7. IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO.

7.1. Introducción.

7.2. El Value Stream Plan.

7.3. Desvelación.

7.4. Mantenimiento.

7.5. Seguimiento.

8. CONCLUSIONES.

9. ANÁLISIS FINANCIERO.

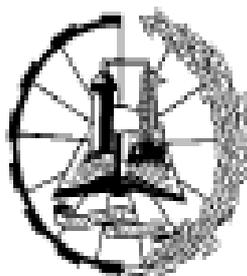
10. ANEXOS.



1. INTRODUCCIÓN.

Rediseño de un proceso de fabricación
integrado de componentes electrónicos
para automóviles.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



1. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, si una empresa no es lo suficientemente flexible para adaptarse a los cambios del mercado se podría decir que esa empresa estará fuera de competencia en muy poco tiempo. esto significa "que se acomoda a las necesidades y demanda del cliente", tanto de diseño, calidad y entrega.

Uno de las problemáticas más comunes en lo que respecta a la planeación de la producción es producir sólo lo necesario en el tiempo necesario, para lograr esto se necesita un plan que sea flexible, hecho para ser modificado y además, que se pueda modificar rápidamente.

Un plan de producción es influenciado tanto externamente como internamente. Las condiciones del mercado cambian constantemente. Para responder a estos cambios, se deben dar instrucciones continuamente al área de trabajo.

Ya que se quiere producir en un sistema Just in Time, las instrucciones de trabajo deben ser dadas de manera constante en intervalos de tiempo variados. La información más importante en el área de trabajo será, cuánto debemos producir y de qué producto en cada momento.

Ya que no es conveniente hacer órdenes de producción muy grandes tratando de prevenir la demanda del mercado, porque esto es muy difícil de prever. Tampoco es conveniente hacer órdenes unitarias; lo más conveniente es hacer órdenes de lotes pequeños. Este es el concepto fundamental.

Uno de los sistemas más utilizados es el *Lean Manufacturing*. El Lean es una metodología de trabajo que permite actuar sobre la cadena de valor del producto o de una familia de productos. Una empresa que gestiona sus procesos según los principios de Lean Manufacturing, busca sistemáticamente conocer aquello que el cliente reconoce como valor

añadido y está dispuesto a pagar por ello, al tiempo que va eliminando aquellas operaciones del proceso que no generan valor.

Los principios básicos del Lean Manufacturing, sistema de gestión de las operaciones, se basan en tres pilares fundamentales:

1. *Producción*: mediante la aplicación de las técnicas japonesas de JIT (Just in Time) , Kanban, ...

2. *Cadena de suministro*: reduciendo el número de proveedores siguiendo un proceso de selección con base en su habilidad para adaptarse a los requerimientos del cliente y la estabilidad de la relación.

3. *Cultura*: flexibilidad en las tareas que realizan los trabajadores, búsqueda de organizaciones planas.

Son pocas las empresas occidentales que han logrado integrar estos tres pilares en sus sistemas de producción, sean de productos o de servicios.

Los conceptos de Lean están realmente inspirados en las siguientes técnicas y formas habituales de trabajo en la industria japonesa:

- Las múltiples habilidades (polivalencia), participación del personal.

- La cercanía en la relación con proveedores que permite hacer funcionar sin interrupciones la cadena de suministro.

- La conciencia colectiva de mejora continua en los flujos de procesos y en la utilización de máquinas

- La clara tendencia hacia la ejecución

- El trabajo con tamaños de lote pequeño: aspecto básico del Just In Time (JIT)

- La continúa búsqueda de la reducción del tiempo de cambio de útiles.

- La instauración de mecanismos Poka-Yoke o a prueba de error.

En general, hay pocas empresas que empleen más del 10% de su tiempo en actividades que realmente generan valor. Sorprendentemente

el 90% de su tiempo lo pasan en tareas que generan poco o ningún valor añadido. El objetivo de un sistema Lean es simplificar los procesos, cambiar el flujo para aumentar el tiempo de trabajo que genera valor, hacerlos más esbeltos, que fluyan mejor, más rápidamente y con menos costes para los clientes. Lean implica sobre todo *velocidad*.

En el siguiente gráfico vemos la secuencia de actividades para llevar a cabo un proyecto de reducción de tiempos de acuerdo al Lean Manufacturing. Todo arranca de la elaboración del mapa de proceso tal y como es, también denominado Mapa de Valor Añadido, y de la medición del tiempo que no añade valor(trampas de tiempo).

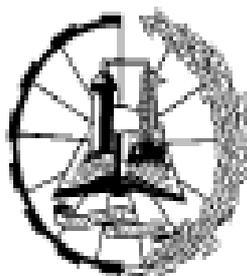




10. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

Rediseño de un proceso de fabricación integrado de componentes electrónicos para automóviles.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

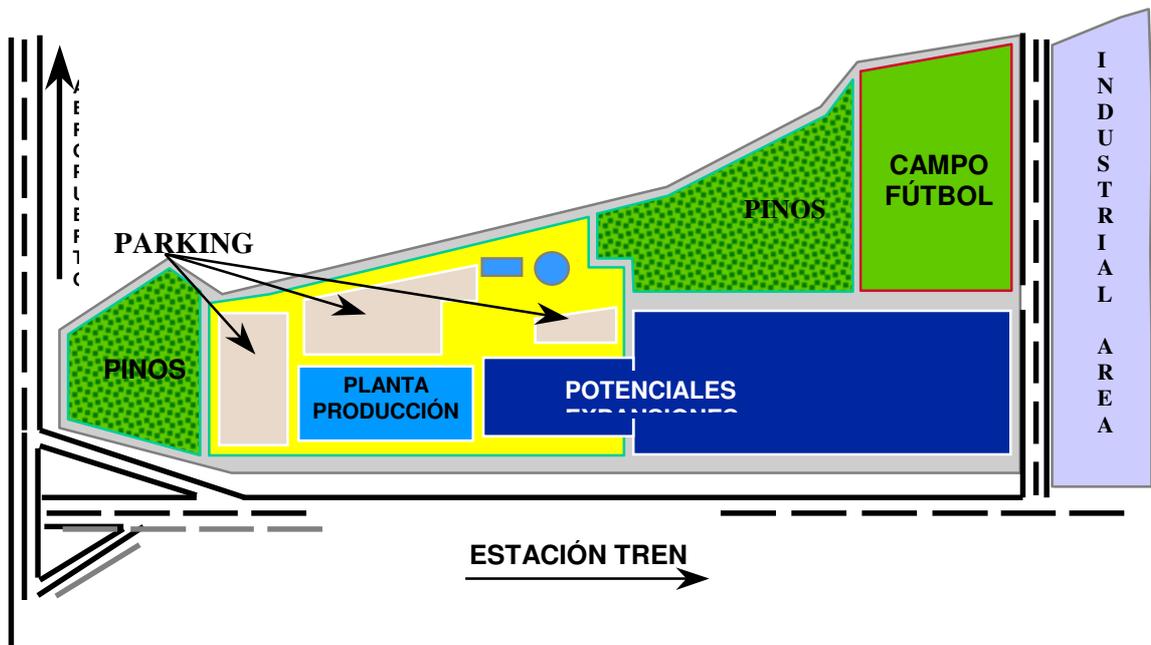
COMELSA es una empresa dedicada al sector de la automoción. Tiene aproximadamente 70.000 empleados, en los 5 continentes y en 25 países, más de 200 centros técnicos, plantas de producción y centros de Servicios.

En España, posee cinco plantas: Valencia, Barcelona, Pontevedra, Valladolid y Cádiz, además de un centro técnico en Barcelona.

COMELSA Cádiz se localiza en el sur de España. Su planta se inauguró en septiembre de 1990. En la actualidad cuenta con más de 600 empleados, de los cuales 50 son ingenieros. Posee clientes en toda Europa.



Esta planta opera a tres turnos, los siete días de la semana. Posee más de 60 proveedores que proporcionan un volumen de materia prima superior a 4200 piezas, siendo su producción final superior a 960. Estas piezas son enviadas diariamente a sus clientes.



En la planta de COMELSA Cádiz se fabrican componentes electrónicos para automóviles. Al principio, la producción se centraba en muy pocos productos, con sistemas de trabajo altamente automatizados, procesos muy estables y demandas continuas. Con el tiempo, el mercado se ha ido abriendo, ha aumentado el número de clientes, y por tanto, la demanda se ha diversificado. Actualmente, se fabrican más de 500 modelos diferentes. Entre ellos se encuentran:

- Control Electrónico del Motor
- Panel Electrónico de los Indicadores del Vehículo
- Inmovilizador. Sistema de Protección Antirrobo
- Sistema Multiplexor Electrónico
- Transmisor y Receptor Remoto de Apertura
- Sistema Pasivo de Apertura

- Climatizador
- Reconocimiento de Voz + Bluetooth Wireless Interface Modules
- DVD
- Control de altura de faros
- Unidad de Control de Audio
- Sintonizador de Radio (DAB)

Este trabajo se centra en el panel electrónico de los indicadores del vehículo porque éste es uno de los productos de mayor producción en la planta, y el primero al que se le están realizando estas modificaciones, con el objetivo de ser más competitivos.

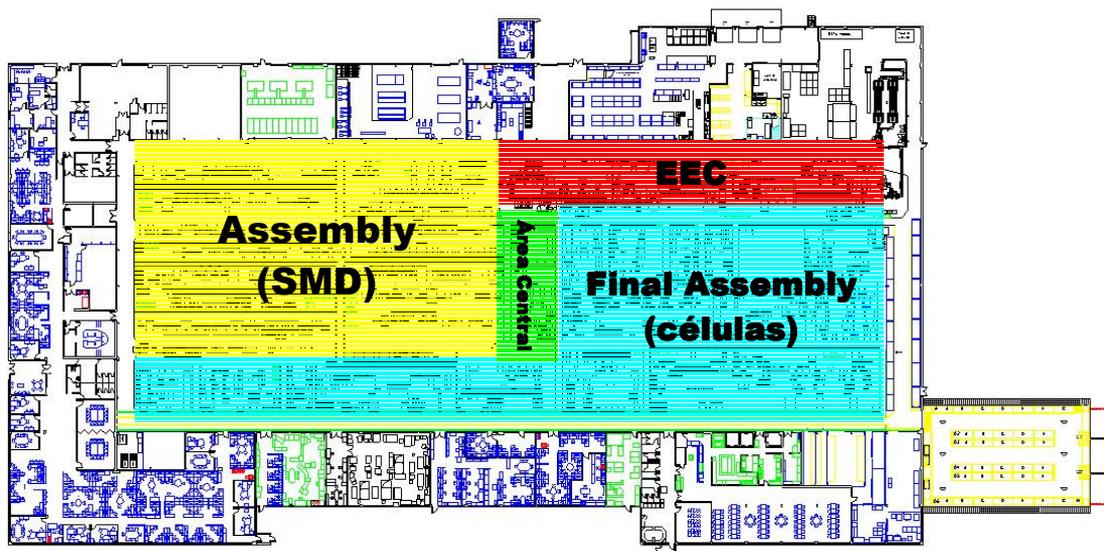
El producto en estudio tiene tres modelos: HIGH, MID y LOW. Estos tres modelos se distinguen principalmente por el número de componentes que se les insertan, además de por las funciones que pueden realizar una vez fabricados. Los modelos LOW y MID sólo llevan componentes electrónicos en una cara de la placa, mientras que el modelo HIGH los lleva en ambas caras. Los modelos LOW y MID se fabrican para vehículos de gama baja y media, mientras que el HIGH es para vehículos de gama alta.



De los tres modelos se ha decidido centrar el estudio sobre el HIGH ya que es el más restrictivo. Este módulo contiene componentes por sus dos caras (top y bottom), mientras que el resto sólo los tiene en la cara

top. Esto influirá en el tiempo de producción en las líneas de SMD, debe pasar dos veces para la colocación de los componentes. Y evidentemente, también será mayor el tiempo de ciclo de la tecnología utilizada en la célula final.

El área de producción está dividida en tres partes bien diferenciadas.



El área de Assembly es el primer paso para la producción de todos los productos de la planta. Esta área está formada por 15 líneas de SMD (Dispositivos de Montaje Superficial). Las líneas de SMD están constituidas por máquinas en serie unidas a través de conveyor, cuya función es insertar, soldar y asegurar los componentes electrónicos de las placas de los distintos productos que se fabrican en la planta. Los procesos que se realizan en estas líneas están altamente automatizados, son de gran velocidad y precisión, por lo que en este área no se necesita una gran cantidad de personal.

El siguiente paso dentro del área de producción es el Área Central. Esta área, aunque no es paso obligado para todos los productos, sí pasan buena parte de ellos. Aparece como consecuencia de que algunos

productos necesitan una tecnología que no rentabilizarían debido a su bajo volumen de producción. Por ello, todos estos productos que necesitan de la misma tecnología se unifican y organizan en esta área. En este caso, el número de operarios por máquina es superior que en el área anterior.

Por último, todos los productos pasan a Final Assembly. Esta parte está formada por las células de producción. Cada célula es un recinto independiente donde se terminan de ensamblar las distintas partes de los productos siguiendo un orden secuencial y mediante un flujo continuo. En esta área predominan las operaciones manuales, aunque también existe cierto grado de automatización. Por ello, está en continuo estudio. Las operaciones manuales son actividades que pueden modificarse más fácilmente que las máquinas, por lo que continuamente se estudian formas de mejorar y optimizar estos procesos, y así conseguir rentabilizar todos los recursos de los que se dispone.

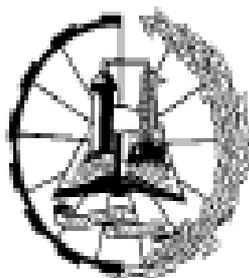
La cuarta zona, es el área de EEC. Esta área está automatizada prácticamente en su totalidad, aunque es una tecnología poco versátil. Por ello, en la actualidad, se intenta reducir el espacio que ocupa debido a que en ella sólo se fabrica un producto, el controlador electrónico del motor (EEC).



10. OBJETIVOS.

Rediseño de un proceso de fabricación integrado de componentes electrónicos para automóviles.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



3. OBJETIVOS.

Este proyecto fin de carrera se ha realizado para rediseñar un proceso de fabricación de componentes electrónicos.

Se ha realizado el estudio e implantación del proyecto en la planta de COMELSA en Torrevieja de la Vega, intentando conseguir el objetivo de obtener un proceso de producción mejorado, más productivo y con niveles de calidad superiores.

Las bases teóricas de este modelo son los principios del Lean Manufacturing, que como se ha mencionado anteriormente, es una filosofía de mejora continua surgida en las plantas de fabricación de Toyota en Japón y que hoy día se aplican en multitud de factorías de diferentes sectores productivos en todo el mundo.

Se ha realizado el proyecto en una línea de producción en la que la intervención de la mano del hombre es mayoritaria, aunque la automatización también resulta imprescindible.

La mejora de la línea se produce en todos los sentidos de la calidad:

- Reducción de los defectos de fabricación y gestión adecuada de los que se producen para que al cliente sólo llegue material excelente.
- Mantenimiento o mejora de los niveles de calidad del producto en todo momento mediante la estandarización del trabajo.
- Aseguramiento del cumplimiento de normativas de seguridad y medio ambiente.
- Ajuste de la producción a las variaciones en la demanda, generando calidad en el servicio como proveedor.

- Reducción de la cantidad de envíos urgentes y retrasos.
- Mejora de la imagen visual del área de trabajo.

Todos estos aspectos redundan en un abaratamiento de costes para la empresa y, por tanto, capacidad para reinvertir en más mejoras y posibilidad de ofrecer precios más competitivos en el mercado.

Lean Manufacturing se podría traducir como “producción simplificada” y es en ese sentido en el que se alcanza la máxima productividad: alcanzando los niveles de calidad y los volúmenes de producción demandados con una cantidad de recursos suficiente, pero ajustada, se logra maximizar la ecuación de la productividad.

El rediseño de este proceso de producción se ha elaborado durante nueve meses de trabajo en la empresa cuyo origen, filosofía, objetivos y visión se han explicado anteriormente.

El objetivo de este proyecto es identificar e implantar una serie de mejoras para aumentar la productividad, flexibilidad y calidad de las líneas de producción. La productividad se logra aumentar mediante la eliminación de pérdidas que consumen recursos y no generan valor añadido en el producto.

Para aumentar la flexibilidad se propone que los operarios participen, de forma activa, en buena parte del proceso, efectuando buena parte de las operaciones que generan valor añadido. Gracias a este sistema y, de nuevo, a una gestión adecuada de este recurso (el humano) se logra alcanzar la flexibilidad que la demanda del cliente pueda exigir.

La calidad del suministro a los clientes se genera mediante una correcta organización de la línea. La disminución de inventarios, simplificación de los procesos y otras medidas se encaminan a la creación del flujo continuo y aseguran una mejor producción, no sólo en cuanto a los

tiempos de entrega, sino también desde todos los puntos de vista de la calidad.

Para la realización de este proyecto fue necesario pasar por dos etapas:

- - La primera etapa, donde se llevo a cabo un trabajo de campo basado en la observación y estudio del desarrollo de todo el proceso en la propia planta de producción, durante este periodo se recogía toda la información necesaria y se identificaban las posibles pérdidas del proceso.
- - Durante la segunda etapa se realizaron los estudios pertinentes: estudios de tiempo, estudio de la situación actual y futura, estudio de layout, recopilación de mejoras, reducción de pérdidas.

El producto en estudio se fabrica en dos partes perfectamente diferenciadas, con procesos y máquinas diferentes. Una de las modificaciones más importantes que se pretenden realizar, ya que la tecnología no se verá modificada, es la remodelación de su layout para evitar el desperdicio y ajustarse a la producción simplificada.

Con este proyecto lo que se pretende es:

- ✓ Producir a un ritmo (llamado takt time) condicionado por la distribución de tareas entre los operadores y no por el ciclo de las máquinas.
- ✓ Incrementar el porcentaje de valor añadido en espacio y tiempo, para reducir costes.
- ✓ Reducir los desplazamientos innecesarios, por lo que se gana tiempo de operación.

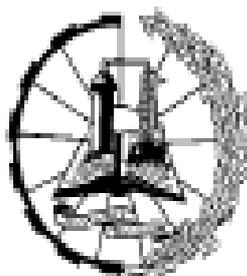
- ✓ Mejora la imagen visual del área de producción, lo que facilita el control del proceso y la inmediata detección visual de problemas en ella.
- ✓ Eliminar los gastos (mantenimiento, gasto de luz, etc.) asociados a equipos eliminados.
- ✓ Asegurar el cumplimiento de las demandas de los clientes, en el orden en que lo van pidiendo y en las cantidades que solicitan.
- ✓ Mejorar la comunicación entre miembros del grupo, debido a la cercanía de las máquinas y a la distribución de tareas.
- ✓ Generar el sentimiento de propiedad del producto en vez de propiedad de una máquina o estación por parte de los operarios.
- ✓ Conseguir un flujo de producción de uno en uno (no en lotes), lo que facilita la respuesta a cualquier cambio de demanda de clientes y asegura una mejora continua real.



10. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL.

Rediseño de un proceso de fabricación integrado de componentes electrónicos para automóviles.

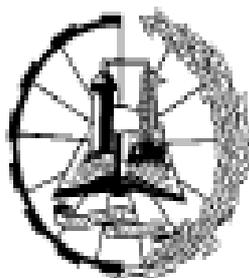
Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.





10. Mapa de Valor Añadido.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



4.1. Mapa de Valor Añadido.

Para realizar el rediseño del proceso de fabricación de componentes electrónicos se han utilizado herramientas como el Mapa de Valor Añadido o VSM (“Value Stream Mapping”) que se estudiará a continuación.

4.1.1. ¿Qué es el Mapa de Valor Añadido?

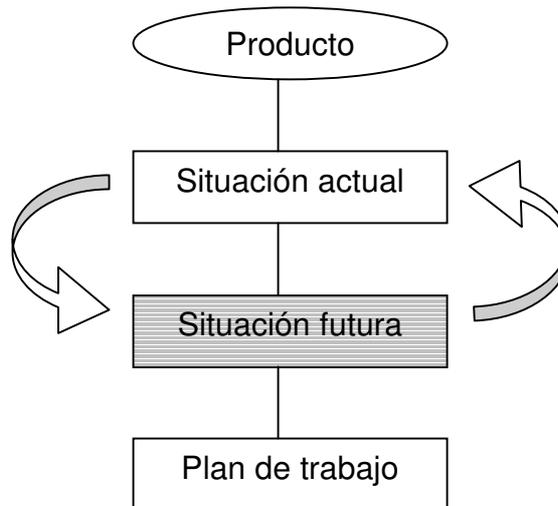
El VSM es una herramienta de visualización que ayuda a entender y mejorar procesos de trabajo usando las técnicas del Lean Manufacturing. El objetivo del VSM es *identificar, demostrar y disminuir* las pérdidas del proceso. Definiendo pérdida como cualquier actividad que no aporte *valor añadido* al producto final. El Mapa de Valor Añadido sirve como punto de partida para ayudar a todos los que intervienen en el proceso de fabricación de un producto (ingenieros, proveedores, clientes,...) a reconocer las pérdidas e identificar sus causas.

Para conseguir esto, el Mapa de Valor Añadido traza el flujo de materiales y de información del producto. Un “*value stream*” son todas las actividades (tanto las que aportan valor añadido como las que no lo hacen) que se necesitan para producir cada producto desde la materia prima hasta el producto final que llega al proveedor.

Trazar las actividades que intervienen en el proceso de fabricación del producto, incluyendo información sobre tiempos de ciclo, inventario, tiempos muertos, movimientos del material, ayuda a visualizar el estado actual de las actividades y guía el proceso hacia el estado futuro deseado.

Este proceso incluye trazar tanto el estado actual como el futuro, y estos sirven como el origen para otras estrategias de “Lean Manufacturing”.

Además muestra los pasos para conseguir los objetivos, parte del análisis del estado actual para llegar a un estado futuro mejorado, basándose en las técnicas del Lean Manufacturing.



Pasos del Value Stream Mapping

El primer paso para dibujar el estado actual es obtener toda la información posible sobre el proceso, para ello, será necesario realizar un trabajo de campo en la propia área de producción. Como se puede observar en el esquema anterior, las flechas entre el estado actual y el futuro realizan un recorrido cíclico, esto indica que el desarrollo de los estados actual y futuro se superponen. Las propuestas de mejora para la situación futura surgen cuando se realiza el mapa de la situación actual. Igualmente, cuando se dibuja el mapa de la situación futura se puede descubrir información importante de la situación actual que se ha pasado por alto, lo que implicaría poder encontrar otras mejoras no consideradas antes. Sería un proceso cíclico de mejora.

El último paso es preparar y comenzar a utilizar de forma activa el plan de implementación que describe, en una página, como se ha planeado la transición del estado actual al futuro. Entonces, es cuando el estado futuro comienza a hacerse realidad, el proceso de “mapping” se repite,... porque siempre es necesario un estado futuro. Esto es la *mejora continua* del Mapa de Valor Añadido.

Una característica importante de esta herramienta es la necesidad de elegir un único modelo sobre el que trabajar. Es importante determinar desde el principio, cual es el producto o modelo sobre el que se va a trabajar, porque a no ser que la planta en estudio tenga un solo producto, sería muy complicado dibujar los flujos de todos los productos. El Mapa de Valor Añadido significa ir dibujando paso a paso todas las estaciones del proceso para un producto, a través de flujos de materiales y de información.

4.1.2. Elección del modelo.

Para empezar a dibujar el estado inicial, lo primero que se debe conocer es el producto o modelo que se va a estudiar, como se ha mencionado antes. En este caso, el producto en estudio es el panel de instrumentos del vehículo. Este producto presenta tres modelos: HIGH, MID y LOW. Este estudio, como se explica en el capítulo “4.2. Descripción del proceso de producción”, se centra en el HIGH por ser el más restrictivo. Los tres modelos tienen características muy similares, a simple vista parecerían iguales, pero éste posee componentes por ambas caras de la placa, y por tanto, pasa dos veces por la línea de SMD. En cuanto al resto de la producción son iguales, sólo variando los tiempos de ciclo de algunas máquinas como selectiva, ICT, programadora y final test, que tienen en

cuenta la cantidad de componentes que se le han insertado a la placa en SMD.

Los límites para este proceso de producción incluyen desde el aprovisionamiento del material hasta la recepción del producto acabado por el cliente. Como ya se ha mencionado anteriormente, el Pensamiento Lean propone que el punto crítico para empezar cualquier mejora sea el *cliente final*. Es muy importante conocer los requerimientos exigidos por el cliente, de lo contrario se corre el riesgo de mejorar un mapa de valor añadido que provee eficientemente al cliente con algo que realmente no necesita. Por ello, lo primero que se dibuja en el mapa de valor añadido de la Situación Inicial es el cliente final.

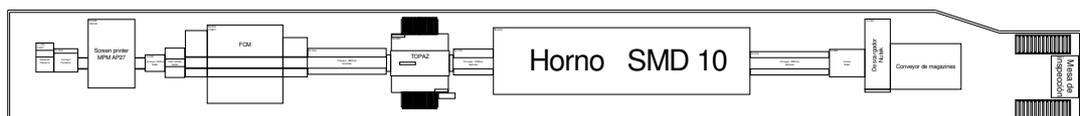
En este caso, los requerimientos del cliente son obtener una producción de 600.000 placas, de las cuales un 5.5% deben ser del modelo HIGH, un 54.5% del LOW y un 40% del MID. Estas placas deben colocarse en bandejas de plástico con una capacidad para 12 placas, con espacio suficiente entre ellas para que no sufran daños. Además se debe asegurar que los modelos nunca se mezclen en una misma bandeja. Estas bandejas las suministra el mismo cliente. Las bandejas deben ir colocadas en pallet, con una capacidad de 50 bandejas, y éste debe estar identificado con una etiqueta donde se pueda ver el modelo de placa, la cantidad y el cliente. Cada modelo debe ir en una bandeja y pallet distinto, ya que nunca deben mezclarse.

El cliente final se representa con el icono que se muestra a continuación (ver anexo A.1) y se coloca en la parte superior izquierda del dibujo. Debajo de este icono se dibuja un recuadro que recoge todos los requerimientos del cliente. Una vez consideradas las exigencias del cliente, se sigue avanzando. El siguiente paso es dibujar el proceso de producción.

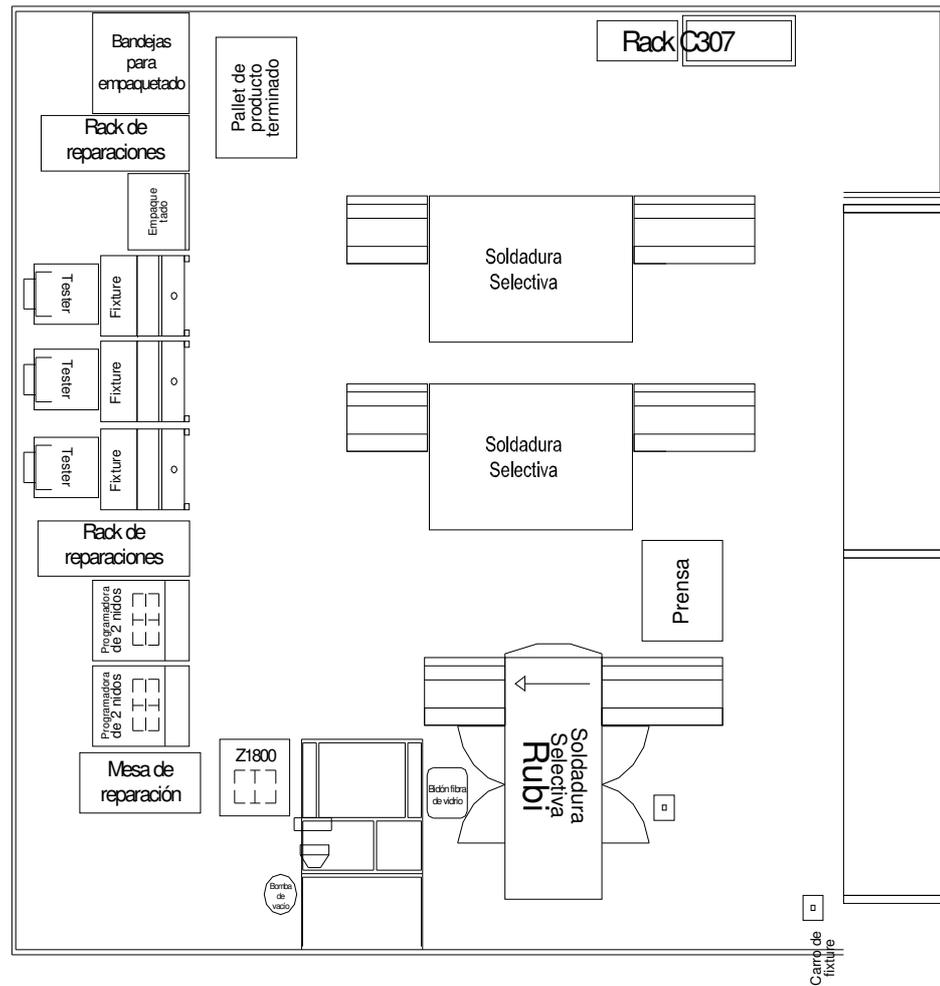
4.1.3. El proceso de producción.

Para indicar un proceso se utilizan las cajas de procesos. La regla general para realizar el Mapa de Valor Añadido es que una caja de proceso indique un proceso en el cual el material fluya. Si se dibuja una caja para cada proceso simple el dibujo podría ser muy difícil de manejar y no se verían claramente algunas zonas importantes. Por ello, se dibuja una caja de proceso para indicar un área donde existe un flujo de material, idealmente un flujo continuo.

Por ejemplo, la primera área del proceso de producción, la línea de SMD tiene distintas máquinas conectadas de forma secuencial una tras otra, como la screen, la topaz, ..., como puede verse en la siguiente figura. Todas estas máquinas están conectadas a través de un conveyor, por ello, aunque se acumulen placas entre ellas se debe dibujar como una única caja de proceso porque el flujo siempre va a ser continuo. Si se estuviera estudiando más en detalle esta parte del proceso, sí se podría dibujar cada máquina como una caja individual.



En el caso de la célula final (véase figura inferior), se observan distintas estaciones dentro del mismo área de trabajo. Esto se debe a que las distintas estaciones están conectadas entre sí, pero entre ellas normalmente se acumulan placas y el movimiento de la placa pasa de ser de una en una, a un movimiento por lotes. Es decir, las placas no van circulando de una en una a través de todas las estaciones de la célula sino que se espera a que algunas estén acumuladas (esto se denomina buffer), para pasarlas a la siguiente estación. En este caso, cada estación se representa por una caja de proceso.



El flujo de material se dibuja de izquierda a derecha en la parte inferior del papel. En el caso que en estudio, se observan doce procesos por los que debe pasar el material para obtener el producto acabado. Estos procesos siguen el siguiente orden:

1. Almacén de recepción de material.
2. Etiquetadora.
3. SMD top.
4. SMD bottom.
5. Insercion manual.
6. Soldadura Selectiva.
7. Router.
8. ICT.
9. Programadora.

10. Final Test.
11. Empaquetado.
12. Almacén producto acabado.

Como se ha mencionado antes, todas estas estaciones se representan con una caja de proceso independiente, puesto que el material no fluye de uno en uno a través de las mismas, sino que entre ellas aparece un inventario. Es decir, el material circula entre las estaciones por lotes.

Una vez que se han definido los procesos por los que va a circular el flujo de material, es necesario conocer algunos datos importantes para determinar cómo será la situación futura. Estos datos se recogen en unos recuadros que se dibujan debajo de cada caja de procesos, y que se conocen como caja de datos.

En este caso, la información recogida en las cajas de datos es:

- **Tiempos de ciclo.**

Como se comenta en el apartado “4.3. Toma de datos”, el tiempo de ciclo es el espacio de tiempo transcurrido desde que una pieza llega a un punto del proceso hasta que la siguiente llega a ese mismo punto. Normalmente se toma como referencia la salida de la pieza o módulo de una máquina. Este tiempo se expresa en segundos.

- **Change over.**

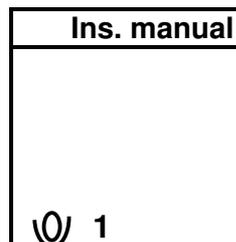
El tiempo de change over es el tiempo transcurrido desde que sale la última pieza correcta de un lote de producción hasta que sale la primera pieza correcta del siguiente. Al igual que el anterior también se expresa en segundos.

En el caso en estudio, el tiempo de change over sería el tiempo transcurrido desde que sale la última placa MID hasta que sale

correctamente la primera placa HIGH del producto. Este tiempo incluiría cambios de programas, de fixtures, de componentes, ...

- **Número de operarios.**

El número de operarios es el número de personas que se necesitan en la estación o puesto de trabajo. En este caso, este dato no se representa en la caja de datos, sino dentro de la caja de proceso.



- **Tiempo disponible por turnos.**

El tiempo de producción disponible dependerá del producto en estudio, ya que la producción puede estar distribuida en 1, 2 ó 3 turnos, cada uno de ellos de 8 horas de duración. Normalmente se trabaja los cinco días de la semana a dos turnos, sin embargo en algunos casos donde la demanda es muy elevada, como es este caso, se trabaja las 24 horas.

Para la mayoría de las fábricas con maquinaria pesada el hecho de producir el día completo sin interrupciones es una ventaja, porque la parada de este tipo de maquinaria supone un elevado coste. Por ello, es muy importante eliminar las paradas evitables. Sin embargo, la fábrica en estudio posee equipos pequeños y versátiles, por lo que sus paradas no implican un coste elevado. Además, y debido a que las horas de trabajo nocturnas y de los fines de semana, se pagan a mayor precio, resulta más económico para la empresa, trabajar en turnos de mañana y tarde de lunes a viernes, a pesar de hacer paradas.

Hay que tener en cuenta que este parámetro sólo considera el tiempo efectivo de producción, por tanto se debe eliminar el tiempo de parada para comer, así como las paradas técnicas y de mantenimiento. Estas paradas son paradas programadas, pero también existen otras paradas que no se pueden determinar, son las no programadas. Las paradas no programadas son las paradas de emergencia, éstas no están previstas y no se puede conocer con antelación su tiempo de duración. Estas paradas se engloban dentro de “*downtime*”.

El *downtime* (tiempo de reposo) se define como:

$$Downtime = \frac{\text{Pr oducción real con paradas}}{\text{Pr oducción teórica sin paradas}} \times 100$$

Este índice proporciona información acerca de algunas pérdidas en las estaciones automáticas. Estas pérdidas se deben a que la máquina no está en funcionamiento o trabaja a un ritmo inferior al que está programado.

Las paradas programadas como ya se ha comentado antes son las de mantenimiento, las técnicas y las de comida, que se explican a continuación:

- Las paradas de mantenimiento están estandarizadas, tiene una duración de 90 minutos y se realizan semanalmente. Aunque esto puede variar de una a otra empresa. Este tiempo a pesar de estar predefinido, se considera tiempo no productivo.
- Las paradas de comida tienen una duración de 30 minutos en el turno de mañana o de tarde, y de 15 minutos para el turno de noche. Estas paradas pueden considerarse paradas programadas o descontarse directamente del tiempo de turno, ya siempre van a tener la misma duración.

En este caso, la producción se realiza los 5 días de la semana en 3 turnos, uno de mañana, uno de tarde, y otro de noche. Por tanto, las paradas de comida tienen una duración de 75 minutos en total. En consecuencia, nuestro tiempo de producción disponible queda:

$$\textit{Tiempo semanal disponible} = (N^\circ \textit{ horas producción} - N^\circ \textit{ horas comida}) \times N^\circ \textit{ días producción}$$

$$\textit{Tiempo semanal disponible} = [24 - 1,25] \times 5 = 150 \textit{ horas semanales}$$

A este tiempo semanal de trabajo hay que restarle el tiempo semanal de trabajos de mantenimiento (90 minutos) y paradas técnicas (375 minutos) para obtener el tiempo real de producción:

$$\textit{Tiempo semanal disponible} = 150 - 1,50 - 6,25 = 142,25 \textit{ horas semanales reales}$$

Este sería el tiempo disponible para los tres modelos, pero hay que tener en cuenta que este estudio se realiza para el modelo más restrictivo, el HIGH. Este modelo está propuesto que se produzca durante un turno dos días a la semana, por tanto el tiempo disponible que queda es:

$$\textit{Tiempo semanal disponible} = (N^\circ \textit{ horas producción} - N^\circ \textit{ horas comida}) \times N^\circ \textit{ días producción}$$

$$\textit{Tiempo semanal disponible} = [8,25 - 0,5] \times 2 = 15,5 \textit{ horas semanales}$$

$$\textit{Tiempo semanal disponible} = 15,5 - 1,50 - 6,25 = 7,75 \textit{ horas semanales reales}$$

- **FTT.**

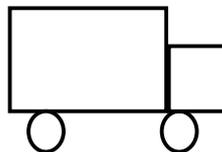
El FTT (First Time Through) es una medida de la efectividad de la producción. Indica la cantidad de piezas que pasan por una máquina o estación a la primera, sin dar error ni tener necesidad de ser retrabajados de ninguna forma.

Además de las cajas de información, también hay que destacar otros puntos de especial interés para la mejora de la situación inicial, el inventario

acumulado. Es importante localizar estos puntos porque muestran donde se para el flujo de material, y por tanto, donde se debe actuar. Para localizarlos se utiliza el siguiente icono, donde además se añade la cantidad o el tiempo que permanecen las piezas acumuladas.



Hasta ahora se ha definido todo el proceso de producción por el que debe pasar el material para convertirse en producto acabado, pero además hay que tener en cuenta dónde va el producto terminado y cómo llega al cliente. En este caso, el producto acabado se envía diariamente al cliente por carretera (en camión). En consecuencia, para representarlo en el VSM se utiliza el siguiente icono donde se añade la periodicidad del envío. De igual forma se representaría la entrega de material a nuestra planta.



4.1.4. El flujo de información.

El segundo aspecto más importante del Mapa de Valor Añadido es el flujo de información. Éste se representa mediante flechas que indican hacia donde va dirigido este flujo. Se pueden distinguir distintas flechas según sea la información intercambiada. Cuando la información se intercambia por vía electrónica se representa con una flecha curvada, si la información se intercambia de forma manual se utiliza una flecha recta.

El departamento de producción es el encargado de coordinar toda la producción de la planta. Este departamento recoge toda la información de proveedores, clientes y la propia planta de producción, a través de la intranet de la planta. Todos los productos que se fabrican, antes de empaquetarse quedan registrados en la intranet mediante un código de barras, de tal forma, que el departamento de producción puede conocer cuál ha sido la producción diaria de todos los productos que se fabrican en la planta. Posteriormente, este departamento procesa toda esta información y se encarga de enviar diariamente el volumen de producción por turnos a las distintas área de la planta.

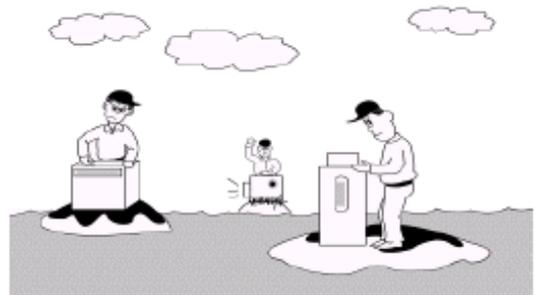
Como se ha explicado anteriormente, cada proceso sabe lo que tiene que producir (lo que le exige su cliente, es decir, la siguiente área o estación de trabajo) y cuándo tiene que hacerlo. Pero se distinguen dos formas distintas de producción: producir de acuerdo a un *sistema "push"* o a un *sistema "pull"*. El sistema "pull", tiene sus propias características a la hora de funcionar, pues las máquinas no producen hasta que se les solicita que lo hagan, de manera que no se generan inventarios innecesarios que quizá al final queden varados y no se vendan, ya que serían excedentes de producción.

Un sistema "pull" está soportado por el kanban, una metodología japonesa que significa "tarjeta numerada". Esta técnica sirve para cumplir los requerimientos de material en un patrón basado en las necesidades de producto terminado, que son los generadores de la tarjeta de kanban, y que se enviarían directamente a las máquinas para que procesen solamente la cantidad requerida. A cada pieza le corresponde un contenedor vacío y una tarjeta, en la que se especifica la referencia (máquina, descripción de pieza, etcétera), así como la cantidad de piezas que ha de esperar cada contenedor para ser llenado antes de ser trasladado a otra estación de trabajo, por citar un ejemplo.

Esto es un punto crítico para la producción: si el material se mueve porque es el fabricante quien "empuja", entonces estamos ante un

sistema “push”, Si es el cliente quien “tira” de la producción, es un sistema “pull”. “Push” significa que un proceso produce algo de acuerdo con la necesidad actual del cliente, sin considerar que ésta pueda cambiar.

Si se posee un sistema *push* se produce de acuerdo a un schedule, en lugar de adivinar que es lo que necesita realmente el siguiente proceso. Desafortunadamente, esto es prácticamente imposible de hacer porque los schedule cambian y la producción raramente se hace exactamente respecto al schedule. Cuando cada proceso tiene su propio schedule este opera como una “isla” (se aísla del resto), se desconecta de cualquier tipo de información del cliente. Cada proceso debe fijar el tamaño de los lotes y producir al ritmo que marque sus perspectivas, en lugar de las perspectivas del Mapa de Valor Añadido.



En esta situación, el proceso tiende a producir piezas que todavía no necesita su cliente (la etapa siguiente) y estas piezas quedan almacenadas “empujando” para que se continúe su procesado. Este tipo de procesado hace que sea imposible establecer un flujo constante de trabajo de una etapa a la siguiente, que es la principal característica de la producción Lean.

El icono que representa el movimiento de empuje “push” del material es una flecha con rayas (Anexo A. 1).

4.1.5. El lead time.

El último paso para completar el VSM es dibujar una línea del tiempo bajo las cajas de procesos y los iconos de inventario donde se recoge el *lead time* de la producción. El lead time es el tiempo que transcurre entre la entrada de un módulo en el proceso y su salida, es el tiempo total de fabricación de un producto determinado. Acortar el lead time de la producción provocará un aumento en el número de inventarios, un medible que puede ser más familiar.

El lead time de cada inventario se calcula como sigue:

Se divide la cantidad de inventario (piezas acumuladas) entre el requerimiento diario del cliente. Añadiendo el lead time de cada proceso y de cada inventario del flujo de materiales se puede hacer una buena estimación del *lean time total*. Cuando se tengan distintos flujos se tomará aquel cuyo tiempo sea mayor.

Ahora sólo queda añadir el tiempo de valor añadido de cada proceso al Mapa de Valor Añadido. El tiempo de valor añadido es el tiempo dedicado al producto que realmente le aporta valor al mismo, le aporta valor desde el punto de vista del consumidor. Por ejemplo, colocarle un conector a una placa, sí le añade valor a ésta, sin embargo coger y colocarla en un conveyor no supone nada desde el punto de vista del consumidor.

Los tiempos definitivos de lead time para la situación actual y la futura se representan a continuación:

	Lead Time
Situación Actual	135,7 horas
Situación Futura	80,53 horas

Teniendo en cuenta todo esto, el mapa de valor añadido para la situación actual queda como puede verse en el anexo A.2.

4.1.6. Características de Lean Value Stream.

El objetivo que se pretende es realizar una producción de lean para conseguir un proceso que haga sólo lo que necesite y cuándo lo necesite el proceso siguiente. Se intentan unir todos los procesos (desde el consumidor final hasta la materia prima) en un flujo continuo sin desvíos para generar un lead time más corto, una mayor calidad y a más bajo coste.

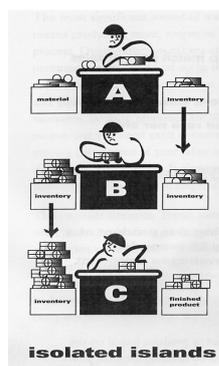
Para conseguir un proceso que produzca sólo lo que necesita el proceso siguiente y cuándo lo necesita se puede seguir el sistema de Toyota, el Lead de Toyota. Los principales directrices de este sistema se describen a continuación:

1. Producir a tu takt time.

El takt time se utiliza para sincronizar el ritmo de producción con el de la demanda. Se utiliza como referencia del ritmo que debe seguir cada proceso para producir según lo que demanda el cliente. Ayuda a comprobar qué se está haciendo y cómo se puede mejorar.

2. Trabajar con un flujo continuo siempre que sea posible

Flujo continuo significa producir una pieza en cada momento, y que cada pieza pase inmediatamente de una estación o proceso a la siguiente sin espera. El flujo continuo es la forma más eficiente de producir.



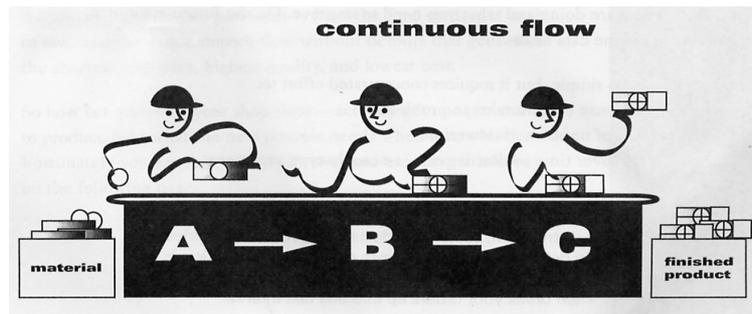
La producción por lotes puede actuar negativamente ya que:

- el lead time se alarga,
- aumentan el trabajo, la energía, y el espacio que se requieren para almacenar y para transportar productos,

- las ocasiones para el daño y el deterioro del producto aumentan.

La producción de flujo continuo puede ayudar a solucionar estos problemas:

- los clientes pueden recibir un flujo de productos con menos retraso,
- los riesgos para el daño, la deterioración, o la obsolescencia disminuyen,
- permite el descubrimiento de otros problemas para poderlos tratar,
- conduce la mejora continua eliminando inventario, pérdidas de tiempo, incrementa la flexibilidad de los procesos y crea repetibilidad entre estaciones de trabajo.



El icono utilizado en los diagramas para indicar el flujo continuo es la caja de procesos. En el diagrama que define el estado futuro cada caja de proceso describe un área de flujo.

3. Utilizar el market place para controlar la producción donde el flujo continuo no puede implantarse.

Con frecuencia hay puntos en el Mapa de Valor Añadido donde el flujo continuo no es posible y la producción por lotes se hace necesaria. Para ello puede haber distintas razones:

- Algunos procesos están diseñados para operar a tiempos de ciclo muy rápidos o muy lentos y necesitan realizar change over para producir múltiples productos.
- Algunos procesos tienen un lead time muy largo o son muy poco fiables para acoplar directamente otro proceso con flujo continuo.

El objetivo de localizar un sistema pull entre dos procesos es tener un medio de asegurar la orden de producción del proceso, sin necesidad de predecir la demanda y fijar la producción del proceso siguiente. Un sistema pull es un método para controlar la producción entre flujos.

En la planta, el market place se localiza cerca del proceso “proveedor” para ayudar a mantener un sentido visual de los requerimientos del proceso “cliente”. El “cliente” coloca una tarjeta kanban en el market place donde informa de lo que necesita. Esta tarjeta kanban es la que dice al proveedor qué es lo que debe producir.

El kanban, una metodología japonesa que significa “tarjeta numerada”. Esta técnica sirve para cumplir los requerimientos de material en un patrón basado en las necesidades de producto terminado, que son los generadores de la tarjeta de kanban, y que se enviarían directamente a las líneas de producción “proveedoras” para que procesen solamente la cantidad requerida. Como regla general, todos y cada uno de los procesos deberán ir acompañados de su tarjeta kanban.

Básicamente kanban sirve para:

- Poder empezar cualquier operación estándar en cualquier momento.
- Dar instrucciones basadas en las condiciones actuales del área de trabajo.
- Prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas ordenes ya empezadas y prevenir el exceso de papeleo innecesario.

Otra función de kanban es la de movimiento de material, la etiqueta kanban se debe mover junto con el material, si esto se lleva a cabo correctamente se lograrán los siguientes puntos:

- Eliminación de la sobreproducción.
- Prioridad en la producción, el kanban con mas importancia se pone primero que los demás.
- Se facilita el control del material.

4. Distribuir la producción de distintos productos incluso por encima del ritmo del proceso.

Para la mayoría de los departamentos del área de assembly es mucho más fácil proponer una producción grande de un mismo producto porque así evitan los change over, pero esto provoca importantes problemas para el resto del Mapa de Valor Añadido.

Agrupando los mismos productos y produciéndolos todos a la vez es difícil proveer al cliente que quiere distintos modelos en el mismo momento. Esto requiere que se tengan más inventario o un lead time mayor para desempeñar un pedido.

Producir por lotes en assembly, implica que estos componentes también van a ser consumidos por lote, lo que implica que será necesario “inflar” el inventario en el market place. Estos inventarios tienden a aumentar a lo largo de todo el proceso.

Para ajustar la producción al cuello de botella (proceso que marca el ritmo) hay que responder a los requerimientos del cliente con un lead time corto, mientras se tiene un inventario final pequeño. Esto también permite que el market place sea más pequeño. Pero hay que tener precaución porque esto trae consigo algunas dificultades en assembly, como la necesidad de realizar más change over para intentar mantener toda la

variación de componentes en la línea todo el tiempo. La recompensa es eliminar una gran cantidad de pérdidas en el value stream.

5. Crear un sistema pull inicial , con una producción en lotes pequeños.

Muchas compañías estrenan grandes lotes de producción de trabajo desde las propias líneas de proceso, lo que provoca importantes problemas:

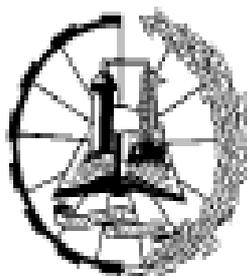
- No tienen un sentido del takt time.
- El volumen de trabajo se produce de forma desigual en el tiempo con altos y bajos que provocan una sobre carga en las máquinas, las personas y el market place.
- La situación comienza a ser difícil de controlar: ¿Vamos atrasados o adelantados con respecto al schedule?
- Empezando con una gran cantidad de trabajo desde la propia área de producción, cada proceso puede arrastrar su propio volumen de trabajo en el value stream. Esto aumenta el lead time y la necesidad de expedite.
- Responder a los cambios en los requerimientos del cliente puede llegar a ser muy complicado, porque puede complicar mucho el flujo de información del diagrama de la situación inicial.

Estableciendo un ritmo de producción consistente aparece un flujo de producción predecible, que puede informar de los problemas y capacita para tomar acciones correctivas.



10. Descripción del proceso de producción.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



4.2. Descripción del proceso de producción.

En este apartado lo que se pretende es tener una visión de conjunto de todo el proceso de producción por el que pasa el producto, a la vez que se va recogiendo parte de la información necesaria para realizar el estudio.

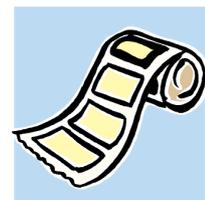
El proceso de producción en la planta para este producto consta de los siguientes pasos (ver anexo A.2):

- Las placas son llevadas desde el *almacén de materiales* hasta la *etiquetadora*.
- Una vez etiquetadas las placas, se llevan hasta la línea de *SMD* donde se insertan y sueldan los componentes electrónicos más pequeños.
- Seguidamente, son llevadas al *market place*, donde permanecen hasta que pueden seguir su proceso en la célula final.
- *Célula Final*, donde se terminan de colocar el resto de componentes y se empaquetan.
- Y por último, se llevan al *almacén de producto acabado* para ser enviadas a los clientes.

A continuación se irán explicando cada una de estas etapas con mayor profundidad y resaltando aquellos datos más útiles

4.2.1. Almacén de materiales y etiquetadora.

Los materiales llegan diariamente a la planta en camiones. Estos descargan en los muelles de entrada el material, que seguidamente se coloca en su ubicación correspondiente en el almacén de materiales.



Desde el almacén de materiales, los paneles son llevados hasta la etiquetadora donde un operario los coloca en la máquina. Esta máquina etiqueta los paneles uno a uno. Según el número de placas, el modelo y el tamaño, se colocan más o menos etiquetas. Todo ello está perfectamente especificado y para cada caso la máquina tiene un programa distinto.

En esta área, el operario sólo debe encargarse de coger los paneles, colocarlos en la máquina, colocar el rollo de etiquetas, e imprimirlas, si fuese necesario. Una vez terminados de etiquetar, el operario coloca los paneles en un carro o magazine para que el operario de la línea de SMD lo transporte hasta su correspondiente línea de producción.

Diariamente llega a esta área un documento con las prioridades del día. En función de éstas, el operario irá colocando en la etiquetadora los distintos productos.

4.2.2. SMD.

La mayoría de las líneas de SMD poseen la misma tecnología: un cargador, una screen, una FCM, una topaz, un horno y un descargador.



Los paneles llegan a la línea en magazines con una capacidad de 50 paneles cada uno. Estos magazines son colocados por el operario en el cargador que está al principio de línea. Este cargador va descargando los paneles uno a uno en el conveyor que los transporta hasta la screen.

La screen es una máquina cuya función es colocar sobre el panel una capa de pasta donde posteriormente se colocarán los componentes electrónicos.

El funcionamiento de la screen es el siguiente: el panel es transportado por un conveyor hasta llegar a un punto localizado en el interior de la máquina, éste asciende hasta colocarse debajo de la stencil o plantilla. Seguidamente una paleta barre la pasta sobre la plantilla extendiéndola por todo el panel. De esta forma, se rellenan sobre el panel los huecos que deja la plantilla, sobre los que irán colocados los componentes electrónicos.

Una vez que los paneles han salido de la screen, pasan a través del conveyor a la FCM. La FCM (Face Components Mounting) es la máquina encargada de insertar en el panel los componentes electrónicos más pequeños.

Seguidamente el panel pasa a la topaz. La función de esta máquina es la misma que la anterior, con la diferencia de que posee una tecnología capaz de insertar componentes que la FCM no podría. Siempre se intenta que estas máquinas estén lo más sincronizadas posibles y que ambas tengan tiempos de ciclo similares, por lo que se realizan estudios de los componentes que se colocan para no sobrecargar ninguna y repartir la colocación de componentes lo más eficientemente posible.

Cuando ya están todos los componentes colocados, el panel pasa por el horno donde la pasta se seca. En el interior del horno existe un gradiente de temperatura que va secando la pasta a medida que el panel lo atraviesa. De esta forma, se consigue que los componentes queden totalmente adheridos a la superficie del panel.

Por último, el panel pasa a través de la cinta transportadora o conveyor, al descargador donde se vuelve a colocar en el magazine. En

este caso, el magazine sólo contiene 25 paneles. Esto es debido a que las placas no pueden tocarse unas con otras, una vez que ya están colocados los componentes. Así se evita la pérdida o el desplazamiento de los mismos.

Como ya se comentó en el capítulo “2. Descripción de la planta”, el modelo en estudio posee dos caras, top y bottom. Por tanto, una vez que este modelo pasa por la línea de SMD, para colocar los componentes en la cara top, hay que volver a llevarlo al principio de línea para repetir el proceso con la cara bottom.

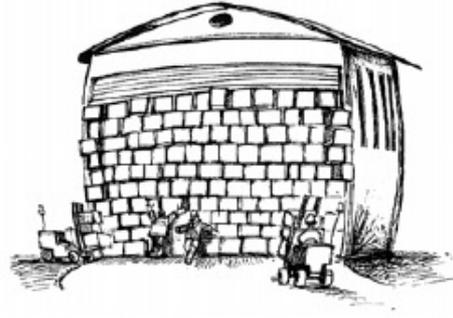
Antes de empezar la producción de esta cara, el operario debe realizar un change over a la maquinaria de la línea:

- En el caso de la screen, el change over consiste en *cambiar la stencil* o plantilla. El operario retira la plantilla del modelo anterior y la lleva a la zona de limpieza, seguidamente coge del armario la plantilla correspondiente al modelo que se va a procesar y la coloca en la screen. Además debe añadir sobre la superficie de la plantilla la pasta en la que se quedan adheridos los componentes.
- Para la FCM o la topaz, el operario sólo debe modificar el programa utilizado por la máquina.

Una vez que el operario ha realizado los cambios oportunos en la línea, lleva los magazines al principio de la misma, y se vuelve a realizar el proceso para la cara bottom. Cuando los magazines están completos, el operario los lleva al market place. En esta área hay un operario por cada línea y un técnico cada dos.

4.2.3. Market place.

El market place es el espacio que separa SMD y las células finales, es un lugar de transición, de almacenaje del material mientras no es requerido por la célula final. Las placas que ya pasaron por SMD se dejan en este lugar, donde las recogen los operarios de las células cuando las necesitan para seguir con la producción.



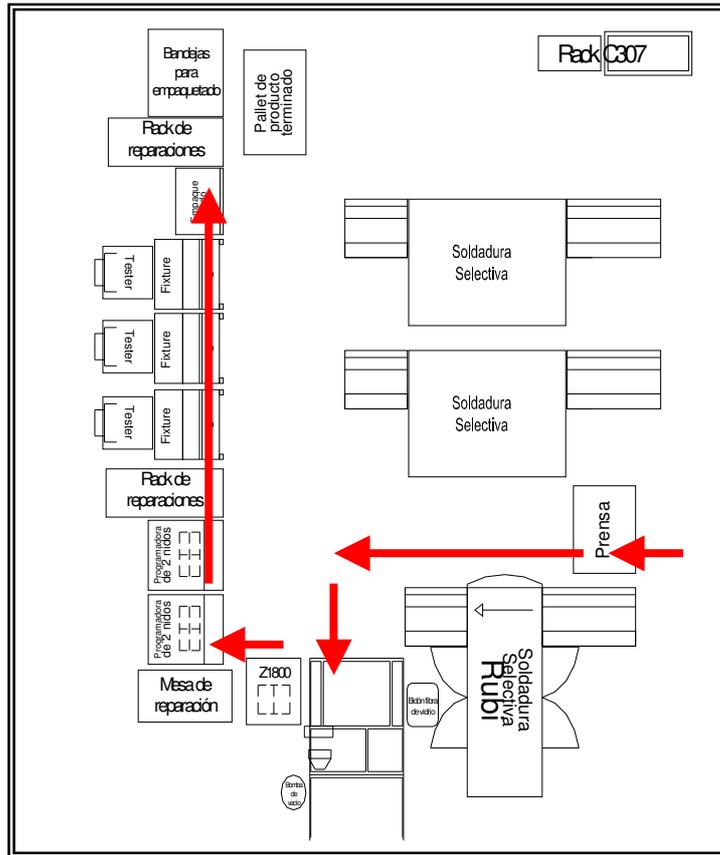
Idealmente el market place no existiría si las líneas de SMD y las células finales estuviesen perfectamente sincronizadas, debido a que esto no ocurre, es necesario la utilización de este sistema.

4.2.4. Célula de producción.

Una célula de producción es una composición de personas, máquinas, materiales y métodos con los pasos del proceso ubicados uno junto al otro en un orden secuencial, a través del cual las piezas se procesan en flujo continuo, en algunos casos en pequeños lotes uniformes que se mantienen a través de los pasos de la secuencia del modelo.

La producción se controla a través del schedule o planificación temporal de la producción. La información llega a la célula a través de la intranet de la planta. Ésta le informa al personal de la célula qué volumen y qué modelo deben producir diariamente.

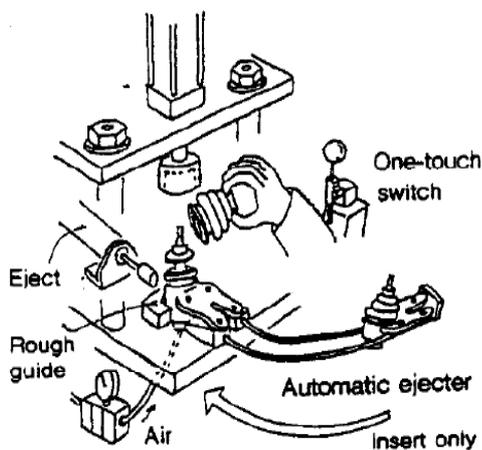
El producto estudiado llega a la célula final en magazines de 25 paneles. Una vez aquí, pasa por las distintas estaciones de la célula: inserción manual, soldadura selectiva, router, ICT, programadoras, final test y empaquetado, como puede verse en el siguiente esquema.



Célula final

A continuación se explica el funcionamiento de todas estas estaciones que componen la célula.

- **Inserción manual.**



En esta primera estación el operario coloca el panel en la fixture y le coloca los componentes más grandes, como son motores, zumbadores y conectores. Para que queden bien fijados se pasan por una prensa. Por último, el operario coloca el panel en el conveyor que lo lleva hasta la máquina de soldadura selectiva.

En esta estación hay un solo operario y todas las operaciones que se realizan son manuales. Además, esta estación es común para el resto de modelos de este mismo producto. A todos se les coloca el mismo número de componentes, por tanto no será necesario realizar un change over al pasar de un lote a otro.

Todo esto es importante a la hora de optimizar los tiempos y proponer mejoras, como se comprobará en los siguientes capítulos.

- **Soldadura selectiva.**

La soldadura selectiva la realiza una máquina electromecánica capaz de soldar, según un programa, puntos concretos de la placa.

Este tipo de tecnología es la más adecuada en este caso, porque lo único que se necesita soldar son los componentes insertados en la estación anterior. De esta forma, las placas sólo se ven afectadas por el calor en los puntos donde se localizan los componentes y no toda la placa, afectando menos a la calidad del producto final. El principal problema que tienen otras máquinas de soldadura es que aplican calor a todo el panel, y esto hace que se pandeen provocando problemas de pérdida de calidad.

En esta estación se pueden observar tres máquinas que funcionan automáticamente por lo que no hay ningún operario dedicado exclusivamente a ella. El operario sólo debe descargarla, inspeccionar la soldadura, si no es correcta envía la placa a reparar, y realizar el change over al cambiar de lote.

Este change over consiste en modificar el programa utilizado ya que los puntos de soldadura son distintos para los otros modelos. A pesar de que a los tres modelos se les coloquen los mismos componentes, su localización en la placa varía .

- **Router.**

La router es una máquina electromecánica cuya función es cortar los paneles y obtener así dos placas separadas. La ventaja de la router es que posee doble nido, es decir, mientras en el nido que queda por detrás de la puerta de entrada se está cortando un panel, en el otro el operario puede ir colocando el siguiente. Esta característica es muy importante para el estudio de tiempos.

En esta estación hay una sólo máquina de la que se encarga un operario. Su función es cargar y descargarla. En este caso, tampoco hay que realizar change over ya que todas las placas son iguales. A partir de ahora ya no se habla de paneles, sino de placas.

- **ICT.**

ICT (In Circuit Test) es una máquina electromecánica utilizada para programar y testear placas.

La estación de ICT tiene una sólo máquina, pero ésta tiene dos nidos. Esto hace que se rebajen los tiempos de ciclo de la estación, como se explicará mas adelante. La carga y la descarga de las placas la realiza un único operario que

también se encarga de cargar y descargar la programadora. Además, también es el encargado de realizar el change over de estos equipos, que consiste simplemente en cambiar de fixture y el programa utilizado.

- **Programadoras.**

Las programadoras o Zehntel son máquinas electromecánicas utilizadas para programar y testear las placas.

En esta estación hay una programadora con dos nidos. Como ya se ha mencionado antes, la carga y descarga el mismo operario de la estación anterior. Su función, al igual que en la estación anterior, es coger la placa, colocarla en la fixture de la máquina, leer la etiqueta que ésta posee en el lateral y cerrar la tapa del equipo. Seguidamente la programadora programa y testea la placa. Una vez terminado este ciclo, el operador levanta la tapa, coge la placa y la pasa a la siguiente estación. A partir de aquí, se vuelve a repetir las actividades.

- **Final test.**

Un tester es un equipo automático cuya función es la de testear un módulo o parte de él para asegurar su correcto funcionamiento.

La estación de Final Test opera con tres tester de los que se encarga un operario. Sus funciones son cargarlos, descargarlos e inspeccionar las placas, además de realizar el change over cuando sea necesario. Este change over

consiste en cambiar de programa según el modelo que se vaya a procesar.

- **Empaquetado.**

Ésta es la última estación de la célula. El operario encargado de ella, inspecciona las placas comprobando que los ejes están derechos y que todo está perfectamente soldado, además de que no exista ninguna desperfecto superficial en la misma.

Si las placas están correctas las coloca en una bandeja de doce placas cada una, y una vez completadas estas bandejas, las introduce en un pallet que se transporta hasta el almacén de producto terminado.

Si por el contrario, la placa está mal soldada o tiene algún eje doblado, se deja en otra bandeja para llevarla al área de reparaciones. Si la placa está rota o demasiado dañada se desecha.

4.2.5. Almacén de producto acabado.

Éste es el último área donde está el producto antes de salir de la planta para ser enviado al cliente. Las placas llegan aquí en pallets con una capacidad de 50 bandejas, donde en cada bandeja se pueden colocar doce placas. Estos pallets están perfectamente identificados, a través de una etiqueta que se les coloca en la estación de empaquetado de la célula final. En la etiqueta se identifica el modelo, la cantidad y el destino del pallet.

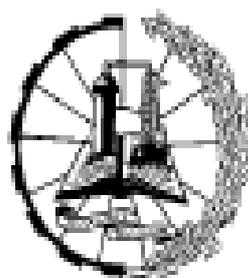


El producto acabado permanece en este almacén hasta que se carga en el camión.



10. Toma de datos.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



4.3. Toma de datos.

Una vez definido el proceso de producción actual, es necesario disponer de cierta información del mismo para poder seguir con el estudio. Esta información resulta imprescindible, ya



que a partir de ella se pueden comprobar las mejoras que se van a realizar en el proceso de producción. La mayor parte de esta información se puede recoger en la propia área de producción, siendo para ello, muy importante un buen conocimiento del funcionamiento de todo el proceso.

Los factores que influyen directamente en el proceso de producción son:

- Número de operarios.
- Tecnología utilizada.
- Espacio ocupado y distribución de las distintas estaciones.
- Volumen de producción.
- Modificación de la QPS.
- Change over.
- Lead time.
- OEE.
- FTT.
- Tiempos de ciclo.

A continuación se irán explicando con más detalle.

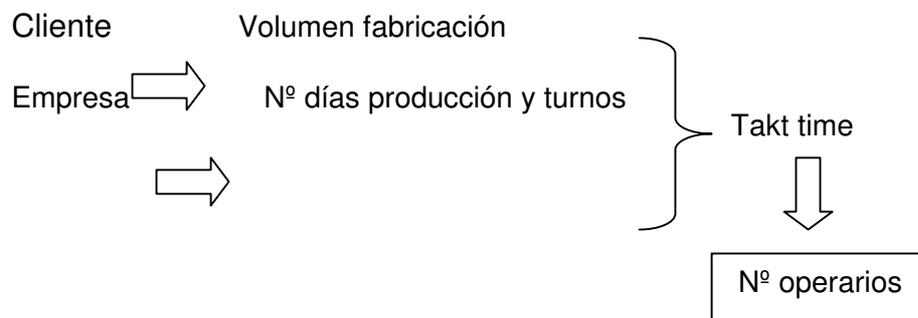
4.3.1. Número de operarios.

El número de operarios es uno de los factores a considerar, no porque implique directamente una mejora sino porque es un *factor económico* importante para la empresa, ya que supone una reducción de costes directa. Además el operario está en contacto directo y continuo con la producción y por tanto, son una buena fuente de *información*.

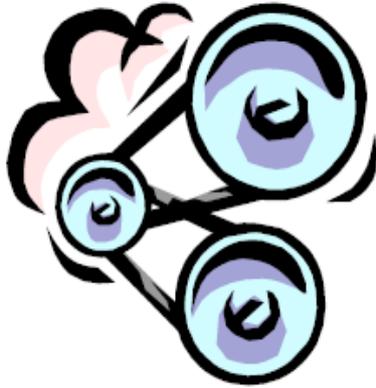
El número de operarios asignado a cada célula o línea de producción está directamente relacionado con los tiempos de operación, a través del takt time.

$$N^{\circ} \text{ personas necesarias} = \frac{\text{Tiempo total operaciones}}{\text{Takt time}}$$

El takt time es la herramienta utilizada para unir la producción con el cliente. De forma sencilla, podríamos decir que el takt time nos indica cada cuánto tiempo debe salir un módulo terminado, por el final de la línea. Dependiendo de la demanda del cliente será mayor o menor. Primero, se calculan los tiempos reales del takt time para cada producto. Después, se utiliza el tiempo requerido para cada producto para determinar el tiempo que se debe asignar a cada proceso real en la célula de producción, y en consecuencia cuantas personas se necesitan en cada puesto.



4.3.2. Tecnología utilizada.



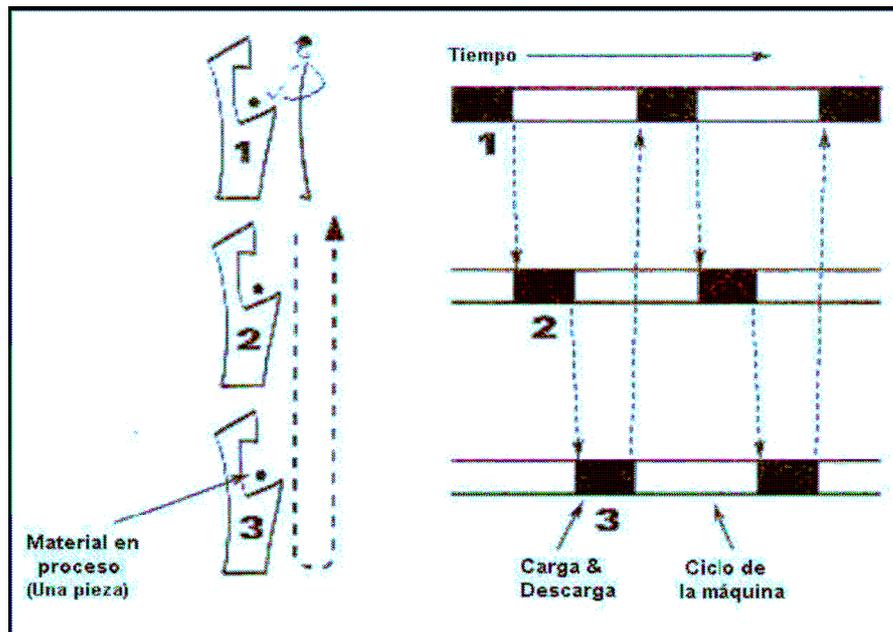
Hay muchas maneras de hacer un mismo producto. La adquisición de nuevas tecnologías y las mejoras a los equipos no deben ser pasadas por alto. Sin embargo, es importante reconocer que la adquisición de nueva tecnología implica un periodo de aprendizaje para los operarios, además de una importante inversión económica.

A la hora de decidir que tecnología se ha de utilizar, hay que tener en cuenta que el objetivo del sistema de producción consiste en disponer de un sistema simplificado, flexible y disciplinado, común a todas las plantas que sea capaz de producir y entregar productos que excedan las expectativas de los clientes en calidad, precio y tiempo de entrega.

También se debe considerar que la automatización puede ayudar a mantener un flujo continuo y eficaz, pero si se utiliza mal, puede llegar a detenerlo. En el cuadro se observa una clasificación de lo que se conoce como los niveles de automatización.

NIVEL	Carga de máquina	Ciclo de máquina	Descarga de máquina	Transferencia de la pieza
1				
2				
3				
4				
5				

En el nivel 1 no existe ningún tipo de operación automática. En el 2 la máquina permite al operario realizar otras acciones y agregar valor mientras ésta trabaja. Esta progresión permite a los trabajadores manejar múltiples procesos dentro del tiempo de demanda, tal como se muestra en el siguiente diagrama: mientras la máquina trabaja, el operario se desplaza y pone en funcionamiento otra máquina. El operario nunca espera a la máquina, con lo que se elimina este desperdicio.



Si existiera cualquier problema durante el ciclo automático, la máquina debería disponer de un sensor que detectara el fallo y detuviera el proceso. Cuando el operario llega de nuevo a la máquina esperando tener un módulo listo para pasar a la siguiente estación, encuentra que el módulo ha fallado. Para evitar perder el flujo en estas ocasiones, el Lean Manufacturing aconseja disponer de dos rampas para módulos: una de salida, para material rechazado; y otra de entrada, para material reparado. De esta forma, cada vez que se produzca un fallo el flujo no se rompe, sino que continúa con la pieza reparada.

Además de esto, también se distingue el nivel 3 de automatización. Éste consiste en hacer que la descarga del módulo, una vez completado el ciclo, se realice de forma automática. De esta forma, cuando un operario llega a la estación con un módulo en las manos, ya tiene la fixture libre del módulo anterior, con lo que no pierde tiempo en soltar el módulo que lleva entre manos, quitar de la fixture el que ya ha sido procesado y luego volver a coger el primero para cargarlo. De esta forma se reduce mucho tiempo de operaciones sin valor añadido, además de lograr otras ventajas en la línea de la calidad. El nivel 3 de automatización resulta especialmente necesario y eficaz cuando se necesitan las dos manos para realizar las operaciones de carga y descarga.

Un nivel de automatización superior al 3 puede no ser ya de gran utilidad, ya que aumentan excesivamente la complejidad y los costes del sistema. Expulsar automáticamente un módulo es sencillo, ya que no se requiere gran precisión; sin embargo, realizar la carga de éstos significa emplear alta tecnología (robots) que coloquen los módulos en su sitio justo. Con la transferencia de módulos automática lo único que se consigue es disminuir la flexibilidad de la una línea basada en un inmovilizado de alto coste que se deprecia a gran velocidad. Por eso, muchas veces, un nivel de automatización superior al 3 puede resultar excesivo.

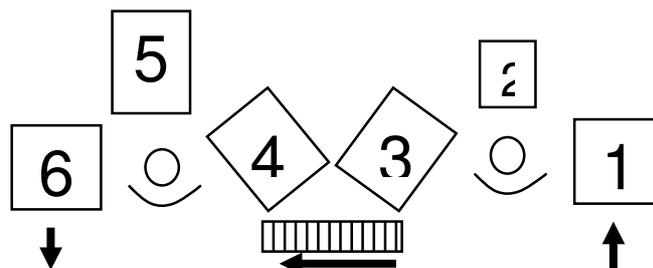
En este caso, no se pretende cambiar la maquinaria existente ni en la línea de SMD ni en la célula final. Sólo se cambia la router por otra existente en la planta, ya que la carga y descarga de ésta puede hacerse automáticamente, el resto de la maquinaria que posee actualmente esta línea de producción es capaz de mantener el volumen requerido en unas condiciones de calidad y fiabilidad aceptables, por lo que se ha optado por mantenerlas y centrar este estudio en realizar otras modificaciones para mejorar el proceso.

4.3.3. Espacio ocupado y distribución de las distintas estaciones.

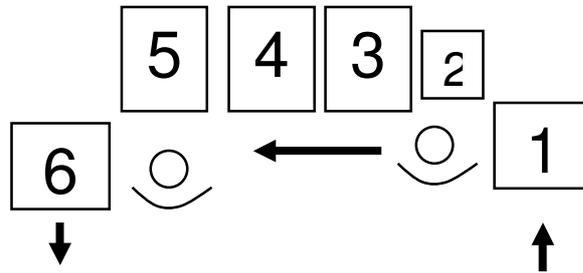
El espacio ocupado es un factor importante, la planta tiene un espacio determinado que se debe aprovechar al máximo para obtener el mayor beneficio posible. Las líneas de producción deben estar diseñadas para ocupar el mínimo espacio. Esto cumple una doble función, por una parte se aprovecha el espacio de producción al máximo, lo que implica una mejora económica. La superficie ocupada vale dinero. Y por otra parte, se está mejorando el proceso de producción ya que la distancia entre estaciones será menor. Por tanto, los operarios reducen sus desplazamientos, lo que repercute en los tiempos de producción y evita la aparición de operarios aislados

Por ejemplo, en la siguiente figura aparecen dos esquemas de una posible línea de producción. Como se puede observar en el esquema A los equipos están muy separados entre sí con lo que se está perdiendo espacio, además se hace necesario insertar un conveyor entre los equipos para evitar desplazamientos excesivos de los operarios. Con la configuración del esquema B, se comprueba como se gana espacio libre, ya no es necesaria la utilización del conveyor (se ahorra equipos) e incluso se podría disminuir el número de operarios ya que los equipos están en línea, aunque habría que comprobarlo haciendo un estudio de tiempos.

Esquema A



Esquema B



Para reducir al mínimo los desplazamientos, en las estaciones automáticas se puede dejar únicamente visible la parte de ésta que va a ser utilizada por el operario para producir. En muchos casos se puede presentar a la persona únicamente la fixture donde insertar el módulo, dejando todo el equipo informático, mecánico y eléctrico por detrás de la línea, de forma que no rompa el flujo continuo y minimice el espacio, la longitud y los desplazamientos y transportes en la célula.

4.3.4. Volumen de producción.

El volumen de producción es la cantidad de módulos producidos por unidad de tiempo. Es uno de los requisitos que impone el cliente. Normalmente por ello, se expresa como número de módulos fabricados anualmente, que es el dato que ofrece el cliente, o módulos producidos por turno, porque es un valor con el que se puede trabajar más fácilmente.

Este factor está directamente relacionado con el número de operarios. Si se aumenta el número de operarios, se puede obtener un mayor volumen de producción en el mismo periodo de tiempo, o el mismo volumen en un tiempo menor.

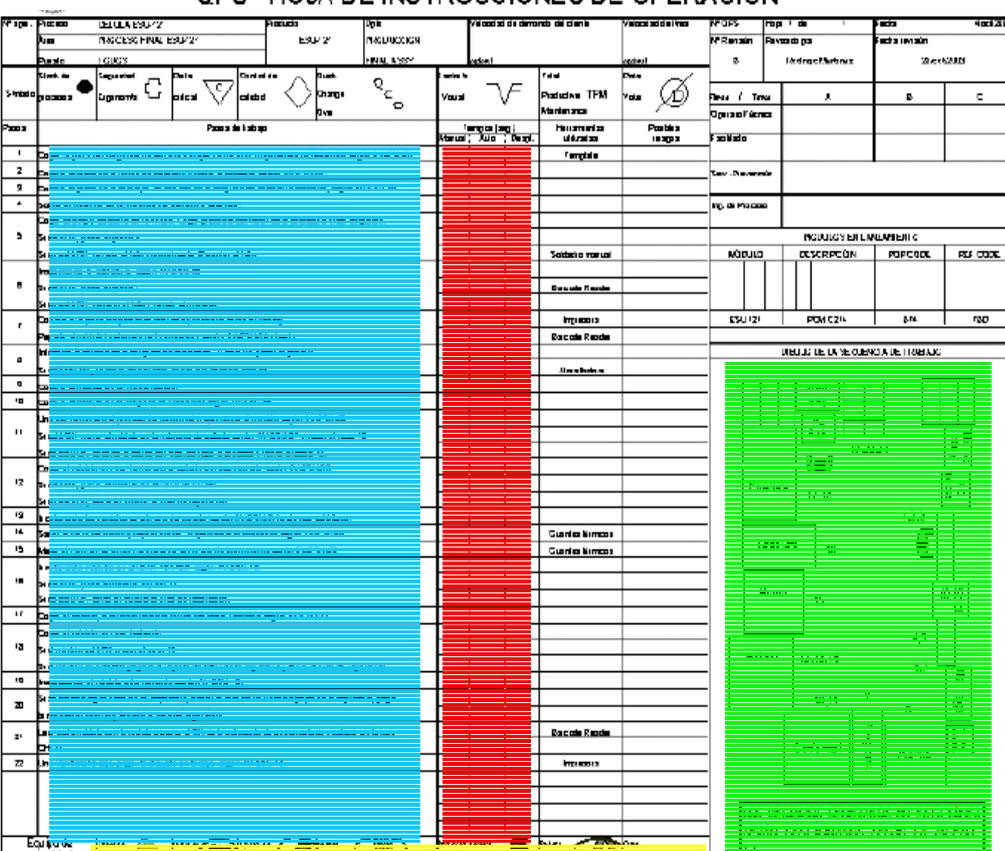
4.3.5. Modificación de la QPS.

La QPS (Quality Process Sheet) es un documento que define la forma de realizar un trabajo de la manera *más segura, con mayor calidad y en el menor tiempo posible*; mediante la reducción y/o eliminación de todas las tareas sin valor. Es la hoja de calidad del proceso.

En una QPS aparece reflejado el trabajo a realizar dividido en sus elementos. Así se pueden observar:

- pasos de trabajo, 
- pasos de seguridad, 
- representación visual, 
- y tiempos de ciclo. 

QPS - HOJA DE INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

Proceso		Proceso		Proceso		Proceso		Proceso		Proceso		Proceso		Proceso			
Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	Proceso		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Pasos de trabajo												Tiempos de ciclo		Representación visual		Pasos de seguridad	
																	

Es importante que cualquier cambio que se produzca en la forma de operar se introduzca en la QPS, ya que es la referencia que tienen los operarios para saber como deben trabajar. Todas las operaciones que se realizan en una estación deben aparecer recogidas en la QPS. De esta forma sencilla, rápida y fácil, el operario es capaz de conocer el proceso y saber si lo que está haciendo es lo correcto. Sirve para estandarizar el proceso.

El trabajo estándar es un término usado para sistematizar cómo se procesa una pieza, e incluye interacciones y estudios antropomecánicos del movimiento humano. Las operaciones se realizan con seguridad con todas las tareas organizadas en la mejor secuencia conocida y usando la combinación más eficaz de recursos:

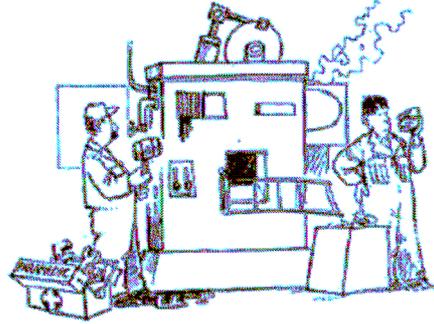
- Gente
- Materiales
- Métodos
- Máquinas

Los ingenieros de producción analizan cada operación asegurándose que den a cada trabajador todas las herramientas para hacer la pieza rápidamente y con la calidad más alta. De esta forma, el proceso se documenta en la QPS, así se pueden eliminar los errores de manipulación del material y del proceso, y se asegura la reproducibilidad del proceso aún cambiando de operario.

La estandarización debe ocurrir no solamente dentro del área, sino a través de la planta entera. Esto incluye la pintura y los estándares de color para los elementos de seguridad, las marcas del suelo, el etiquetado interior y exterior, material de la construcción,...

4.3.6. Change over.

El tiempo de change over es el tiempo transcurrido desde que sale la última pieza correcta de un lote de producción hasta que sale la primera pieza correcta del siguiente.



Éste es un factor a considerar ya que influye de forma directa en la producción. Si el tiempo de change over es excesivamente largo, se va a perder mucho tiempo cuando se tenga que cambiar de modelo. Esto va a provocar que se programe la producción con la menor cantidad de change over posibles, en consecuencia los lotes deben ser mayores, los inventarios crecen y el flujo continuo se pierde.

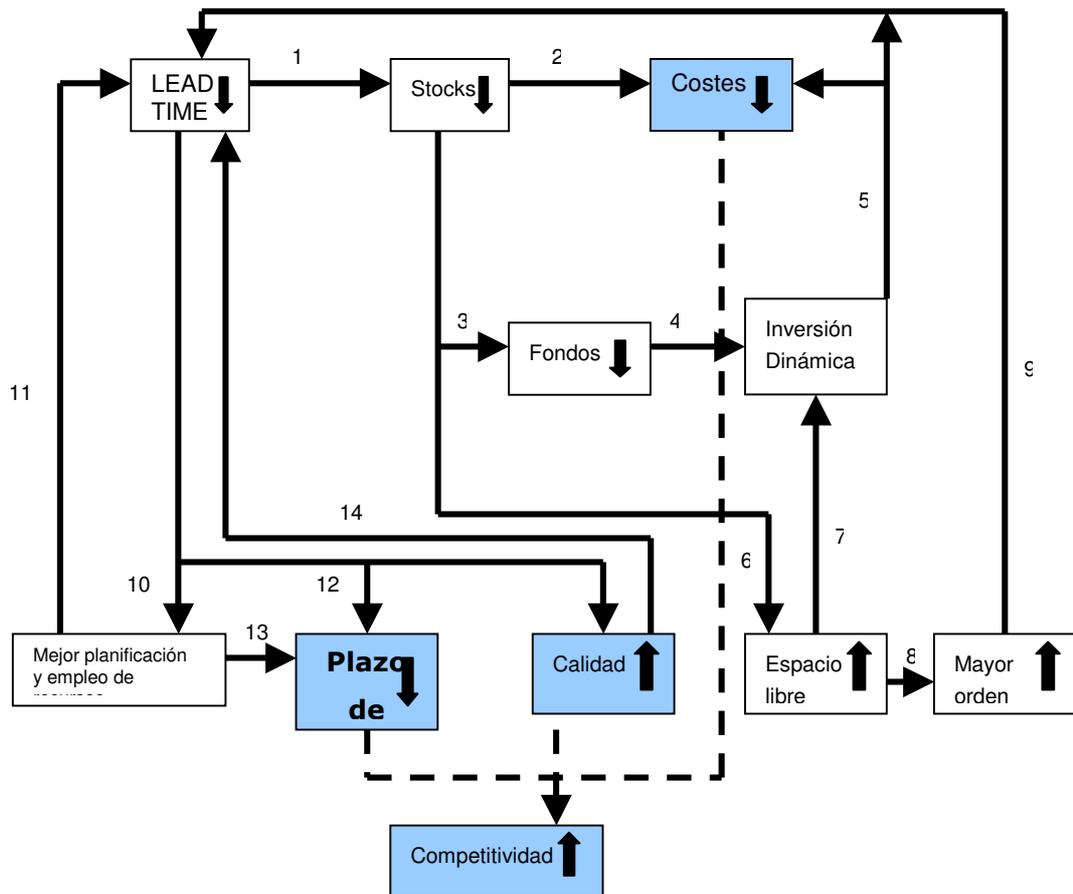
Cuando el cambio es rápido, los lotes pueden ser más pequeños. Esto tiene muchas ventajas:

- *Flexibilidad.* Se pueden asegurar las necesidades del cliente sin el coste excesivo del inventario.
- *Una entrega más rápida.*
- *Una calidad mejor.* Menos almacenaje de inventario significa menos defectos relativos al almacenamiento.
- *Una productividad más alta.* Los changes over más cortos reducen el tiempo muerto, lo que implica una mayor productividad de los equipos.

4.3.7. Lead Time.

El Lead Time se define como el tiempo que transcurre entre la entrada de un módulo en el proceso y su salida, es el tiempo total de fabricación del producto.

El lead time es un parámetro que influye de manera directa en otros factores como se puede observar en el siguiente esquema:



1. **Lead time-stocks.** Según la teoría de stocks, toda disminución del lead time para el abastecimiento de un proceso cualquiera permite la reducción del stock que protege la entrada de éste sin perjuicio del “nivel de servicio” o fiabilidad del suministro.

2. **Stocks-costes:** al bajar el volumen de stocks, disminuirán los costes de posesión, así como el repercutido en cada producto.
3. **Stocks-fondos:** de la misma forma se liberará capital.
- 4 y 5. **Fondos-inversión dinámica:** se dispondrá de liquidez para invertir en la mejora de procesos, siempre tendente a la reducción de costes y reducción del lead time.
6. **Stock-planta:** al requerir menos almacenaje, se liberan metros cuadrados.
7. **Planta-inversión dinámica:** esta zona de la planta podría liberar fondos si se pudiese alquilar o vender.
8. **Planta-mayor orden:** el tener” menos cosas” facilita enormemente una mejor limpieza y rigor en almacenes y proceso.
9. **Mayor orden-lead time:** “una mayor claridad” en el proceso permite detectar ineficiencias que, una vez eliminadas, producirán una disminución del lead time.
10. **Lead time-mejor planificación y empleo de los recursos:** los plazos elevados complican la gestión de la producción, al dotarla de rigidez y lotes voluminosos.
11. **Mejor planificación y empleo de los recursos-lead time:** una eficiente gestión de producción tendrá como resultado la disminución de los plazos, pues ambos son “enemigos naturales”.

12. Lead time-plazo de entrega: es obvio, la relación es directa.

13. Mejor planificación-plazo de entrega: una gestión de producción lo más simplificada posible, facilita la persecución efectiva de los plazos de entrega.

14. Lead time-calidad: al fabricar en el momento justo las cantidades justas (menos stock), se reduce el número de productos defectuosos (por obsoletos, manipulación,..)

Al fabricar mejor, con mayor fiabilidad en el proceso, se puede ajustar el lead time pues no existe tanta necesidad de protegerse contra imprevistos con defectos.

Como se observa la reducción hasta el mínimo posible del lead time, conlleva la disminución de costes, plazo de entrega y aumento de la calidad, los tres elementos clave de la competitividad industrial.

4.3.8. Datos de OEE.

El OEE (Overall Equipment Efficiency) es un factor de eficiencia global de los equipos. Nos ofrece una medida de la *disponibilidad, eficiencia de rendimiento y calidad de una máquina.*

El OEE penaliza los tiempos de ciclo que se obtienen para considerar aquellos en los que el módulo falla o genera errores en los equipos. De esta forma, se consigue determinar la capacidad de las máquinas de llegar a un volumen de producción, y optimizar así el tiempo de ciclo de las mismas.

El valor de este factor se puede conseguir fácilmente. Por ejemplo, durante un mes se recogen los siguientes datos para un tester:

- disponibilidad del equipo, es decir, de cuanto tiempo hemos dispuesto del equipo para trabajar con él. Se supone que durante 20 días;
- eficiencia, qué capacidad tiene realmente el equipo en comparación con la que debería tener. Por ejemplo, teóricamente esta máquina puede testear 300 placas /hora, pero por problemas técnicos no testea mas que 180 placas /hora;
- y calidad. Durante el tiempo que la máquina está funcionando, la mitad de las veces se produce un error y debe volver a reiniciar el testeo de la placa.

Con todo esto nos queda :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Disponibilidad (D) = } 20/30 \\ \text{Eficiencia (E) = } 180/300 \\ \text{Calidad (C) = } 50\% \end{array} \right\} \text{OEE = D} \cdot \text{E} \cdot \text{C} = 20\%$$

A pesar de todo, si no se dispone de estos datos, se puede utilizar un valor medio de un 15% que es el valor típico para la industria electrónica. Este valor incluye: parada por mantenimiento, scrap , ajustes, paradas imprevistas y downtime.

4.3.9. Datos de FTT.

El FTT (First Time Through) es una medida de la *efectividad de la producción*. Indica la cantidad de piezas que pasan por una máquina o estación a la primera, sin dar error ni tener necesidad de ser retrabajados de

ninguna forma. Se puede decir el dato de FTT es “el porcentaje de módulos que se fabrican bien a la primera”.

Se expresa como:

$$FTT = \frac{N^{\circ} \text{ piezas OK}}{N^{\circ} \text{ piezas totales}} \times 100$$

Este es un factor importante para poder determinar cuál es el tiempo real de producción. Conocida la cantidad de módulos que “pasa a la primera”, se puede determinar los fallados y en consecuencia el tiempo no productivo. Este factor junto con el change over y el downtime se recogen conjuntamente en el OEE.

4.3.10. Tiempos de ciclo.

El tiempo de ciclo se puede definir como el espacio de tiempo transcurrido desde que una pieza llega a un punto del proceso hasta que la siguiente llega a ese mismo punto. En el caso de un tiempo de ciclo de una máquina, se toma



normalmente una referencia visual como es la llegada del material hasta la entrada a la máquina o la salida de ésta. Si por el contrario el tiempo de ciclo se está tomando para una operación manual, se elige desde que el operario realiza un elemento de trabajo hasta que lo completa.

Un elemento de trabajo se define como cada una de las acciones elementales en que se divide el trabajo de un operario de producción en una célula o línea de producción. Efectuados todos los elementos de trabajo de la línea sucesivamente, deben completar un ciclo de producción del que se obtiene un módulo terminado.

Cuando haya que identificarlos en la línea de producción hay que considerar que no deben ser operaciones demasiado generales ni demasiado concretas. Por ejemplo, en el caso de la estación de inserción manual, se pueden distinguir dos opciones:

OPCIÓN A

- Coger el panel del magazine y colocarlo en la fixture.
- Coger y colocar cuatro motores sobre el panel.
- Prensar.

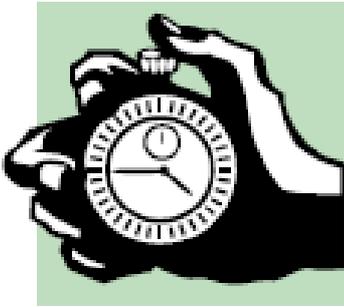


OPCIÓN B

- Coger el panel del magazine.
- Colocarlo en la fixture..
- Coger, colocar los motores y prensar.



La opción correcta es la A, ya que la opción B tiene operaciones demasiado concretas y generales. Por ejemplo, la primera operación de la opción B es demasiado concreta, un operario no puede coger un panel del magazine y dárselo a otro para que éste último lo coloque en la fixture. Esto no es correcto, es más eficiente que sea el mismo operario quien lo coja y lo coloca en la fixture. Al final de esta misma opción se puede distinguir otra operación, que en este caso es demasiado general. Esta operación dice que el operario coja, coloque los motores y los preense. Así descrita, es una operación demasiado general, ya que se puede dividir en varios elementos que pueden realizar distintos operarios.



Los tiempos de ciclo son un factor muy importante para este estudio, por tanto, para reunir con exactitud los tiempos de trabajo es necesario ir a la línea de producción y utilizar cronómetros. Hay que evitar usar datos visión real y actualizada del trabajo en la planta. Además, el trabajo de reunir los tiempos personalmente ayuda a comprender mucho mejor el proceso, visualizar la situación real y detectar las pérdidas que, de otra forma, quedarían ocultas.

Se deben tomar los tiempos de cada elemento de trabajo por separado, no el tiempo total requerido para cada operario, ya que la carga de cada uno probablemente varíe al final del estudio de mejora y además, al tomar el tiempo global, también se incluyen las pérdidas, que no deben ser tomadas como elementos de trabajo. Sólo se recomienda agrupar diferentes tareas cuando su tiempo de realización sea tan corto que la medida pueda resultar inexacta (por ejemplo tres acciones que, en conjunto, duren un segundo). Conviene seleccionar un punto concreto como inicio de la acción (por ejemplo cada vez que el operario coja un componente) para repetir la toma del tiempo en el siguiente ciclo de la forma más parecida posible.

De entre los tiempos tomados, se descartan los que parezcan inadecuados, generalmente los más largos (que son los que incluyen algún retraso que no pertenece propiamente al trabajo en sí), y se toma la media entre los valores más bajos y parejos para tener un tiempo realmente fiable y representativo. Hay que medir el tiempo de cada elemento varias veces. Puede resultar una tarea tediosa, pero es la única manera de asegurar unos tiempos fiables que serán la base de los cálculos y estudios posteriores.

Los tiempos se deben tomar a un operario bien preparado y cualificado, ni al más rápido ni a uno desentrenado, sino más bien a un operario típico. Puede ser de utilidad pedirles que realicen su trabajo completando el ciclo completo con un módulo cada vez, evitando formar pequeños lotes; ésta debería ser su forma de trabajar en el futuro.

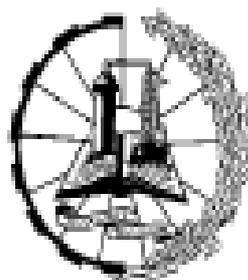
Además de tomar los tiempos de los elementos de trabajo de los operarios, el estar en el área de producción también sirve para registrar los tiempos de ciclo de las máquinas. Estos tiempos se utilizarán de forma diferente, ya que no deben ser entendidos como trabajo de las personas. Hace falta explicar que los operarios no deben esperar mientras las máquinas realizan su ciclo: mientras éstas realizan su función, la persona debe estar aprovechando el tiempo en otras tareas.

Todos estos datos quedan recogidos en las hojas de cronometraje, que se explicarán más adelante. Es importante, cuando se realicen estas observaciones en el área de producción, mantener un ambiente cordial y cortés, y dejar claro que no se está controlando la velocidad del operario, sino el tiempo que se debe emplear en hacer el trabajo: no se evalúa a la persona, sino a las operaciones.



10. Layout.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



4.4. Layout.

Un layout no es más que la representación en plano, en este caso, de la planta en estudio.

Podemos definir la distribución en planta como la ubicación de las distintas máquinas, puestos de trabajo, áreas de servicio al cliente, almacenes, oficinas, zonas de descanso, pasillos, flujos de materiales y personas, etc. dentro de los edificios de la empresa de forma que se consiga el mejor funcionamiento de las instalaciones.

Los objetivos básicos de un buen layout son:

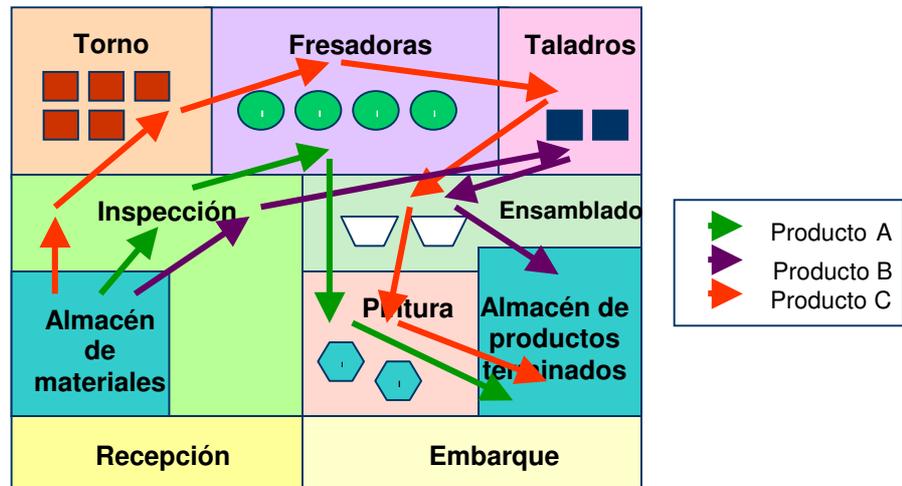
- Optimizar la capacidad productiva
- Reducir los costes de movimiento de materiales
- Proporcionar espacio suficiente para los distintos procesos
- Optimizar el aprovechamiento de la mano de obra, la maquinaria y el espacio
- Incrementar el grado de flexibilidad
- Garantizar la salud y seguridad de los trabajadores
- Facilitar la supervisión de las tareas y las actividades de mantenimiento
- Mejorar el aspecto de las instalaciones de trabajo de cara al público.

En una planta de producción podemos encontrar distintos tipos de distribución:

- I. Distribución por procesos.
- II. Distribución por producto.
- III. Distribución celular.

A continuación se irán viendo sus ventajas e inconvenientes.

1. Distribución por procesos



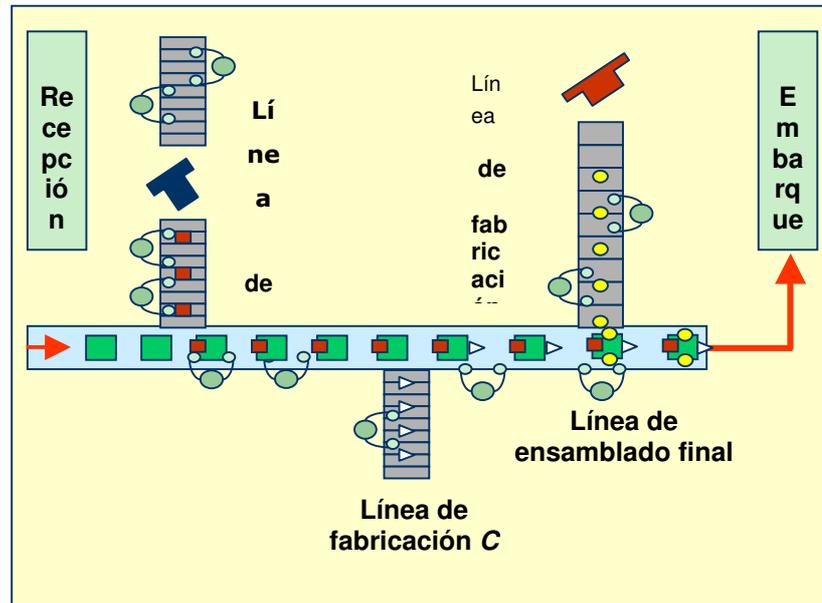
La distribución por procesos o funcional tiene las siguientes ventajas:

- Menor inversión en maquinaria.
- Elevada flexibilidad.
- Mayor motivación de los trabajadores.
- Mejora del proceso de control.
- Reducidos costes de fabricación.
- Las averías en la maquinaria no interrumpen todo el proceso.

Y sus inconvenientes son:

- Dificultad a la hora de fijar las rutas y los programas.
- Más manipulación de materiales y costes más elevados.
- Dificultad de coordinación de los flujos de materiales y ausencia de un control visual.
- El tiempo total de fabricación.
- El inventario en curso es mayor.
- Requiere una mayor superficie.
- Mayor cualificación de la mano de obra.

II. Distribución por producto



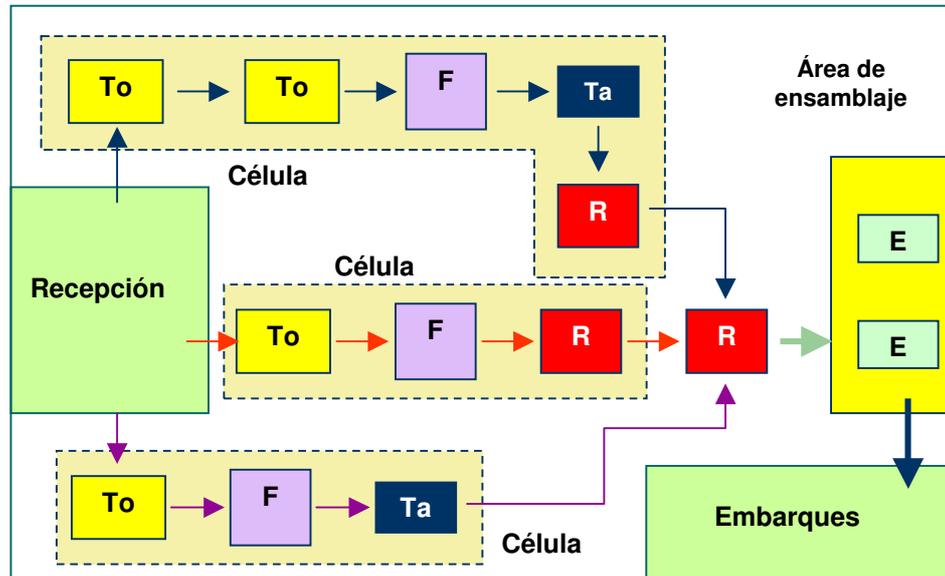
En cuanto a la distribución por producto se distinguen las siguientes ventajas:

- Menores retrasos.
- Tiempo total de fabricación menor.
- Menores cantidades de trabajo en curso.
- Menor manipulación de materiales.
- Estrecha coordinación.
- Menor superficie de suelo ocupado por unidad de producto.
- Escaso grado de cualificación, formación y supervisión.

Pero también posee inconvenientes:

- Elevada inversión en maquinaria.
- Menor flexibilidad.
- Menor cualificación en los operarios.
- Costes más elevados.
- Peligro que se pare toda la línea de producción si una máquina sufre una avería.

III. Distribución celular



La distribución celular tiene como ventajas:

- Simplificación de los tiempos de cambio.
- Reducción del tiempo de formación.
- Reducción de los costes asociados al flujo de materiales.
- Reducción de los tiempos de fabricación.
- Reducción del nivel de inventario.
- Facilidad a la hora de automatizar la producción.
- Creación de un espíritu de trabajo en equipo.

Y como inconvenientes:

- Duplicidad de equipamientos.
- Dificultad para establecer células de fabricación en determinados tipos de procesos.
- Mayor inversión en maquinaria, equipamiento y superficie.
- Necesidad de trabajadores polivalentes.

En este caso, tenemos dos situaciones distintas:

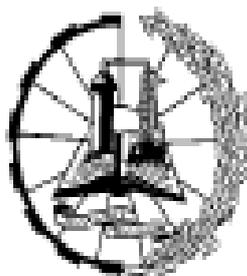
- La *situación actual* se caracteriza por una distribución por procesos en el área de SMD y market place. Los procesos están en un sitio fijo y son los productos lo que modifican su recorrido según los procesos que requieran, hasta completar su procesado en planta, es decir, hay equipos que pueden procesar distintos productos. La última parte tiene una distribución celular, esto significa que los productos están localizados en células donde se procesan cada uno por separado y cada uno con sus propias máquinas que sólo se utilizan para los modelos de un mismo producto (Anexo A.3).
- En la *situación futura* se pretende configurar la planta con una distribución por producto, al menos para aquellos que tienen una demanda más elevada. Estos productos entraran en una línea de producción y cuando salgan de ella estarán totalmente terminados y empaquetados, solo para llevarlos al almacén (Anexo A.4).



10. IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS.

Rediseño de un proceso de fabricación
integrado de componentes electrónicos
para automóviles.

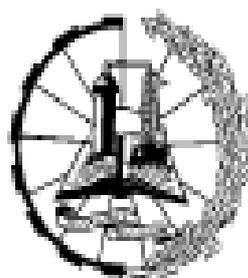
Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.





10. Las siete pérdidas.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



5.1 Las siete pérdidas.

El objetivo de cualquier empresa es producir con la mayor *calidad* al menor *coste* y en el menor *tiempo* para poder tener la mayor flexibilidad y capacidad de respuesta al cliente.

Para ello hay que diseñar un proceso que:

- Reduzca las actividades sin valor añadido
- Facilite fabricar con calidad
- Facilite la flexibilidad de operadores
- Facilite la flexibilidad a volúmenes
- Reduzca los costes de inventario
- Ocupe el menor espacio

También se hace necesario cambiar ciertos paradigmas muy asentados actualmente en las empresas:

- En la relación Hombre / máquina
 - “La máquina nunca debe parar”
 - “Volumen limitado por capacidad máquina”
- En la relación Hombre / operaciones
 - “El hombre no debe esperar”
 - “Volumen limitado por número de operadores”

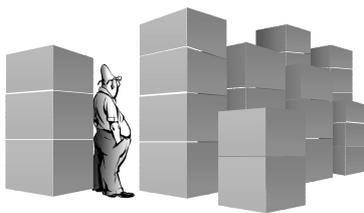
Si se consiguiesen eliminar estas ideas se trabajaría de forma perfecta, ideal, porque todo estaría perfectamente sincronizado y ajustado de tal forma que nada ni nadie tuviera que esperar, pero esto es algo ideal que no se puede conseguir.

Según los principios de Lean Manufacturing, se debe trabajar con equipos flexibles, máquinas sencillas y baratas, por lo que hay que diseñar procesos en los que las máquinas terminen de trabajar antes de que el operario las requiera para la siguiente pieza. En estos procesos no es malo que una máquina quede en espera hasta que una persona realice la carga y el accionamiento, lo que si es un desperdicio es que el operario tenga que esperar.

Con todo esto se conseguiría un proceso más flexible y con menos pérdidas. Las pérdidas más importantes aparecen agrupadas en la teoría del Lean Manufacturing. La mayor parte de los esfuerzos para implementarlo ha sido la búsqueda de las “siete pérdidas”.

Está bien conocer cuales son las pérdidas que existen en el proceso de producción, pero más importante para el diseño de un estado futuro, puede llegar a ser eliminar las fuentes o las causas de las pérdidas en el value stream. Uno de los principales problemas es determinar cuales son las verdaderas causas de estas pérdidas, para poder solucionarlas.

Las siete pérdidas que identifica el Lean Manufacturing son:



- *Sobre producción.*

La sobre producción consiste en producir más de lo que se necesita y antes de lo que se necesita.

- *Esperas.*

Esta pérdida se produce cuando el operario debe esperar a que termine el ciclo de la máquina, a que le llegue la información o el material necesario para seguir trabajando,...



- *Transportes.*



El transporte de material de una zona a otra de la planta o de la línea de producción se considera una pérdida porque se pierde tiempo y es necesario tener una persona dedicada a una actividad que no aporta valor añadido al proceso.

- *Sobre procesos.*

Dentro de este grupo se engloban todas aquellas operaciones que no haya requerido el cliente, es decir, al producto se le realizan más operaciones que las estrictamente necesarias para conseguir las características que el cliente exige.



- *Inventario.*

El inventario implica que se tiene más material o más producto fabricado que el mínimo necesario. Esto se traduce en problemas de calidad, ocupación de espacios, más movimientos,...



- *Desplazamientos.*

Esta pérdida hace referencia a los desplazamientos de los operarios debidos a una mala distribución de las tareas o a una mala distribución de las máquinas en la planta.





- *Rechazos y retrabajos.*

Cualquier operación que implique que el producto sea rechazado o implique retrabajarlo se considera una pérdida.

De todas las pérdidas descritas anteriormente, la considerada como la mayor pérdida es la *sobre producción*. Como ya se mencionó antes, la sobre producción significa producir más y antes de lo necesario, y como consecuencia esto conllevará otras pérdidas. Si se produce más de lo que se necesita, este exceso de producto se debe almacenar en algún sitio, por tanto, se necesitará más espacio para almacenar algo que en principio no se había considerado, y esto disminuye el espacio disponible para otros productos o actividades.

Por otra parte, si se produce más de lo esperado, no se podrá almacenar junto a su línea de producción, por lo que habrá que desplazar este material hasta un almacén, lo que implica otra pérdida. Y por último, se estará creando inventario, lo que provoca problemas de calidad, espacio ocupado,...

Todo ello conlleva la necesidad de requerir equipos y mano de obra, materiales y partes, energía, material de almacenamiento, y material de transporte extras, espacio para almacenar, personas moviendo y almacenando este material, coste extra por inmovilizado, problemas de daños del material en las manipulaciones y obsolescencias.

En consecuencia, la sobre producción va a influir negativamente tanto en la *calidad*, como en el *coste* final del producto, como en el *tiempo* necesario para producirlo.

Si se consigue reducir o eliminar esta pérdida se está ahorrando dinero ya que se está disminuyendo el inventario en curso, que influye directamente en el coste del producto. También se incrementa la flexibilidad porque se está reduciendo el lead time, lo que implica que se está actuando directamente en la relación coste / tiempo. Se utiliza menos suelo de producción y se reduce la mano de obra en movimientos, por lo que se reducen los costes.

En conclusión, de las siete pérdidas que se distinguen, el principal problema que se encuentra en la mayoría de la empresas de manufactura es la sobre producción. Esto ocurre casi siempre porque cada proceso funciona de forma aislada del resto de procesos que le preceden y le siguen.

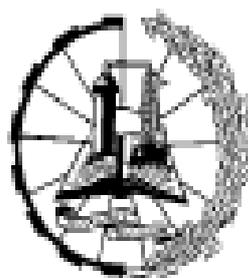
Cuando el material se produce, aún no lo necesita el siguiente proceso, por lo que este material debe ser manipulado, contado y almacenado. Los defectos permanecen ocultos en los inventarios hasta que el proceso siguiente necesita ese material y se descubre el problema (que ahora es más caro y costoso de encontrar).

Como resultado, mientras el tiempo de valor añadido para producir un producto es muy corto, el tiempo total que un producto necesita para completar todo el proceso de producción es muy largo. Por tanto, si se actúa directamente sobre ella, se pueden conseguir ventajas competitivas importantes ya que influye directamente en el coste del producto.



10. Herramientas utilizadas.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



5.2. Herramientas utilizadas.

Para realizar este proceso de mejora de la línea de producción se han utilizado distintas herramientas que se explican a continuación.

5.2.1. El Mapa de Valor Añadido.

La eliminación de pérdidas para alcanzar ventaja competitiva dentro de organizaciones, se inició en los años 80 por el principal ingeniero de Toyota, Taiichi Ohno, y el sensei Shigeo Shingo y se orienta fundamentalmente hacia la *productividad* más que hacia calidad. La razón de esto, es que la productividad mejorada conduce a operaciones más simples que ayuden a exponer problemas de las pérdidas y de la calidad en el sistema. Así el ataque sistemático contra las pérdidas es también un ataque sistemático contra los factores que implican una mala calidad. Como ya se ha mencionado anteriormente las siete pérdidas comúnmente aceptadas en el sistema de producción de Toyota:

1. Sobre producción
2. Esperas.
3. Transporte.
4. Sobre procesos.
5. Inventario.
6. Desplazamientos.
7. Rechazos y retrabajos.

La herramienta más importante utilizada para este estudio es el *Mapa de Valor Añadido*, como se mencionó en el capítulo “4.1. Mapa de Valor Añadido”. El VSM es una herramienta de visualización que ayuda a entender y mejorar procesos de trabajo usando las técnicas del Lean Manufacturing. Su objetivo es identificar, demostrar y disminuir las pérdidas del proceso. El Mapa de Valor Añadido sirve como punto de partida para

ayudar a todos los que intervienen en el proceso de fabricación de un producto (ingenieros, proveedores, clientes,...) a reconocer las pérdidas e identificar sus causas.

El Mapa de Valor Añadido es una herramienta esencial porque:

- ayuda a visualizar no sólo los procesos por separado, sino la interacción entre los mismos.
- ayuda a localizar no sólo las pérdidas, sino las fuentes de las mismas.
- proporciona un lenguaje común para los procesos de producción.
- constituye la base para implementar las mejoras propuestas.
- muestra la unión entre el flujo de materiales y el de información.
- es mucho más útil que otras herramientas cuantitativas que te aportan datos sobre lead time, inventario, actividades que no aportan valor al proceso. El VSM es una herramienta cualitativa que describe cómo debes actuar para crear un flujo. Los datos son buenos para hacernos una idea de la urgencia de un cambio. El VSM nos describe que debemos hacer con esos datos.

El Mapa de Valor Añadido puede ser una herramienta de *comunicación*, una herramienta para la *planificación* de empresas y una herramienta para *dirigir* un proceso de cambio.

Unos consejos prácticos para el desarrollo del VSM son:

- Recoger toda la información necesaria y realizar el dibujo uno mismo, porque así será mucho más fácil reconocer las pérdidas y las mejoras posibles, ya que se tiene una visión de conjunto del proceso en estudio.

- Comenzar con una visión global del flujo y la secuencia del proceso, para después reunir la información de cada proceso.
- En lugar de empezar el estudio por la recepción de materiales, comenzar por el empaquetado final. De esta forma será mucho más fácil, unir el proceso al cliente porque se tendrá en cuenta desde el principio.

5.2.2. El takt time.

Como se ha mencionado anteriormente el takt time se define como sigue:

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ producción\ disponible}{Volumen\ producción}$$

El takt time depende de 2 parámetros, el tiempo de producción disponible y el volumen de producción:

- El *volumen de producción* es un parámetro que viene determinado por el cliente, por tanto es un valor dado que no se puede modificar a nuestro antojo. Este es un valor ofrecido por el cliente, siempre se va a considerar como un requerimiento exigido por el cliente. En este caso, el volumen anual de los tres modelos que exige el cliente son 600.000 módulos de los cuales un 4,3% deben ser del modelo HIGH, un 40% del LOW y un 55,8% del MID. Como este estudio se centra en el modelo más restrictivo, el volumen de producción total a considerar es 25.800 módulos.

- El *tiempo de producción disponible* ya se explicó en el capítulo “4.1.3. El proceso de producción” y depende de la producción del producto en estudio y de las paradas. El tiempo de producción disponible era 7,75 horas, aunque para el cálculo del takt time se utiliza expresado en segundos.

El takt time calculado será entonces:

$$Takt\ time = \frac{27900\ segundos / semana}{605\ módulos / semana} = 46,1\ seg / módulo$$

El formato utilizado para el cálculo del takt time (ver anexo A.5) sólo exige introducir los valores de volumen de fabricación anual, número de turnos diarios, el número de días que se produce a la semana, así como los tiempos de parada técnica y por mantenimiento semanal. Automáticamente esta hoja ofrece el valor del takt time necesario para mantener la producción.

5.2.3. Hojas de cronometraje.

Las hojas de cronometraje son unos formatos en los que se recogen los datos de los elementos de trabajo y los ciclos de máquina de cada línea o célula de producción (Anexo A.6).

Para completar este formato es necesario realizar un trabajo de campo donde se estudie detalladamente el proceso. Este formato solamente se puede completar mediante la observación cuidadosa y repetida del trabajo. No es conveniente fiarse de datos de archivo, ya que generalmente

cada operario modifica ligeramente las operaciones que realiza. En este caso, no es importante centrarse en cómo realiza cada operario la actividad, sino cuál es la actividad o actividades que realiza cada uno.

Hay que tener en cuenta que no deben contabilizarse los trabajos fuera de ciclo como elementos de trabajo, es decir, las reposiciones de material, reparaciones, tareas de house-keeping (limpieza y orden)... Estas operaciones son obligación del personal auxiliar de la línea. Normalmente suele haber un operario encargado de estas actividades para cada dos o tres células o líneas de producción. Por ello, estas actividades no se pueden considerar como elementos de trabajo de la línea de producción.

Es importante distinguir e identificar estas operaciones para separarlas del resto de actividades, ya que si un operario de la línea de producción las realizase provocaría la pérdida del ritmo de producción, dejaría en espera a máquinas y a los siguientes operarios, provocando incluso la aparición de inventario.

Una vez se disponga de todos los tiempos de cada operación individual, se puede tomar el tiempo total de todas ellas y compararlo con la suma de los tiempos individuales. La diferencia será el tiempo correspondiente a las pérdidas (esperas, camino, movimientos innecesarios...).

Además de los tiempos de cada operación, en la hoja de cronometraje se deben detallar los elementos de trabajo tal y como se han recogido en el trabajo de campo realizado. También se incluyen otros datos como:

- "*DIV*" (número de módulos que se procesan simultáneamente). En este caso serán dos, cuando las placas están todavía en el panel o uno cuando ya han pasado por la router.

- *Factor de Actividad (F.A.)*, este factor indica con un 100% que el operario está realizando su trabajo a un ritmo normal, con porcentajes menores que se encuentra operando más lentamente y con valores superiores al 100% si trabaja más rápido de lo normal. Con este factor se corrige el tiempo medido y se ajusta a la realidad, eliminando las desviaciones producidas por el hecho de que el operario varíe su ritmo normal de trabajo al verse en la situación de que le están controlando el tiempo.
- *Coefficiente de Reposo (C.R.)*. El coeficiente de reposo modifica los tiempos de los operarios para reflejar el cansancio a lo largo del turno, así como las pequeñas paradas inevitables. En la hoja, el coeficiente de reposo se fija automáticamente en un valor estándar del 8%, siguiendo indicaciones de la OIT (Organización Internacional del Trabajo), aunque puede ser modificado si se desea o así se establece en el correspondiente convenio colectivo.
- Además, para las máquinas, se ha de añadir el valor de su *O.E.E.* (Overall Equipment Efficiency, ver cap.1). Si no se dispone de datos de O.E.E., se puede suponer un valor medio común de un 15%, como se explicó en el capítulo "4.3. Toma de datos"

La hoja devolverá automáticamente los valores medios de los tiempos recogidos en las líneas de producción, así como un valor "Tiempo total" en el que se presentan los tiempos medios modificados con los porcentajes de corrección (F.A., C.R. Y O.E.E.).

En el caso de operaciones manuales se aplican el factor de actividad y el coeficiente de reposo:

$$Tiempo\ total = \frac{\sum\ tiempos}{DIV} \times \frac{1}{F.A.} \times (1 + C.R.)$$

Si se trata de operaciones automáticas (máquinas) solamente se utiliza el O.E.E. como factor de corrección:

$$Tiempo\ total = \frac{\sum\ tiempos}{DIV} \times \frac{1}{O.E.E.}$$

En el caso de operaciones manuales se usarán los valores de la columna "tiempo total" para introducirlos en otros formatos, ya que cada ciclo realizado por una persona será inevitablemente diferente y serán más largos cuando el operario se encuentre más cansado. De ahí que se utilicen los tiempos modificados mediante los factores correctores adecuados.

Por otro lado, las operaciones realizadas por las máquinas siempre duran el mismo tiempo: no hay ciclos más largos y más cortos, sino que hay ciclos que resultan fallados y generan errores en el módulo, por lo que el tiempo empleado en el ciclo de la máquina no ha sido útil. Este hecho es lo que refleja el OEE, por lo que este factor sirve para examinar la capacidad de las máquinas de llegar a un volumen de producción, no así para sincronizar tiempos con los elementos de trabajo de los operarios.

5.2.4. Formato de control de producción.

Este formato consta de distintas hojas de cálculo:

1. La primera que puede verse en el anexo A.7, es la de **“PERSONA NECESARIAS Y PRODUCCIÓN MÁXIMA”**. Esta hoja se rellena automáticamente con sólo introducir los valores de tiempo de operaciones (que se obtiene de la hoja que se estudia más adelante, “YAMAZUMI”) y añadiendo a qué modelo o producto se refieren. De esta forma, se pueden obtener el tiempo total de operaciones, el número de personas mínimo que es necesario, así como la producción máxima que se podría conseguir con las mismas. El valor obtenido del tiempo total de operaciones se calcula considerando el desbalanceo. Además nos muestra gráficamente estos valores, por lo que de una forma rápida y sencilla se puede comprobar cómo aumenta la producción con el número de operarios.

En el caso en estudio, esta hoja de cálculo ofrece un valor teórico de 2,2 operarios, ya que es el valor más cercano para el volumen dado. El volumen exigido por el cliente es 302 módulos diarios, según esta hoja se pueden producir 270 módulos diarios como máximo con sólo dos operarios, por tanto, en este caso, se necesitarían algo más de dos personas. Este valor expresado con un número decimal, se redondea a la baja hasta valores de 5 décimas y a la alta a partir de las 5 décimas. En este caso, se redondea a dos, ya que la cifra decimal es inferior a cinco. Debido a que es necesario redondear este valor, en la siguiente columna se muestra la producción máxima teórica alcanzable por el número redondeado de operarios.

Hay que considerar que éste es un valor teórico que difícilmente llegará a ser real: Normalmente serán necesarias más personas, pero puede servir de referencia para los siguientes pasos. Esto se debe a que en estos cálculos no se tienen en cuenta problemas de mal localización de las máquinas en la línea de producción, falta de sincronización en las actividades,...

2. **“EQUILIBRADO DE MÁQUINAS”**. En esta hoja del estudio se observa la capacidad de las máquinas para producir el volumen que se les requiere en el tiempo del que se dispone. Para ello se deben introducir los siguientes datos:

- Operación. En esta casilla se introduce las siglas o la palabra que hace referencia a la operación que se le realiza al módulo para reconocer el proceso. Si varias máquinas diferentes realizan el mismo proceso de forma paralela en el flujo, la hoja de cálculo atenderá al código aquí introducido para "sumar" la producción de ambas máquinas.
- Equipo / máquina. En este caso, se introduce el nombre de la máquina que realiza la operación.
- Número de máquinas. Esta casilla es muy importante en el caso en el que hayan dos o más equipos con las mismas características, ya que el software multiplicará por el número de equipos la capacidad de producción.
- Tiempo de ciclo. Aquí sólo se introduce el valor de tiempo de ciclo automático, si el operario realiza alguna actividad con el modulo mientras está en la máquina, ese tiempo no se contabilizará.
- Tiempo de carga y descarga. En esta casilla se incluye todo el tiempo de ciclo de la máquina que el operario debe controlar manualmente (carga y descarga, manejo de controles...)
- Número de módulos por ciclo. Si se introduce más de un módulo en la máquina de forma simultánea, debe indicarse en esta casilla para que la hoja de cálculo lo tome en cuenta.
- Pérdidas por OEE. Este coeficiente hace que los tiempos de ciclo aumenten, como ya se ha comentado anteriormente, por lo que aquí interesa para comprobar

que las máquinas siguen teniendo capacidad suficiente para la producción requerida, aún considerando las pérdidas inevitables.

De forma automática, esta hoja de cálculo muestra el tiempo medio de ciclo, incluyendo las pérdidas y el tiempo de carga y descarga, que se calcula como sigue:

$$\text{Tiempo medio ciclo} = \text{Tiempo ciclo} + \text{Tiempo carga y descarga}$$

El número máximo de placas que la máquina es capaz de procesar cada hora, que se puede obtener teniendo en cuenta que:

$$N^{\circ} \text{ placas} = \frac{N^{\circ} \text{ máquinas} \times N^{\circ} \text{ placas por ciclo}}{\text{Tiempo medio ciclo}} \times 3600$$

La suma de esta cantidad máxima que se pueden procesar en máquinas diferentes que realizan el mismo proceso en paralelo;

$$\text{Total placas por hora} = \sum N^{\circ} \text{ placas por hora de todas las máquinas que realizan la misma operación}$$

Así como el tiempo medio de ciclo por módulo (la cantidad de segundos por módulo), dato que sirve para hacer el diagrama inferior,

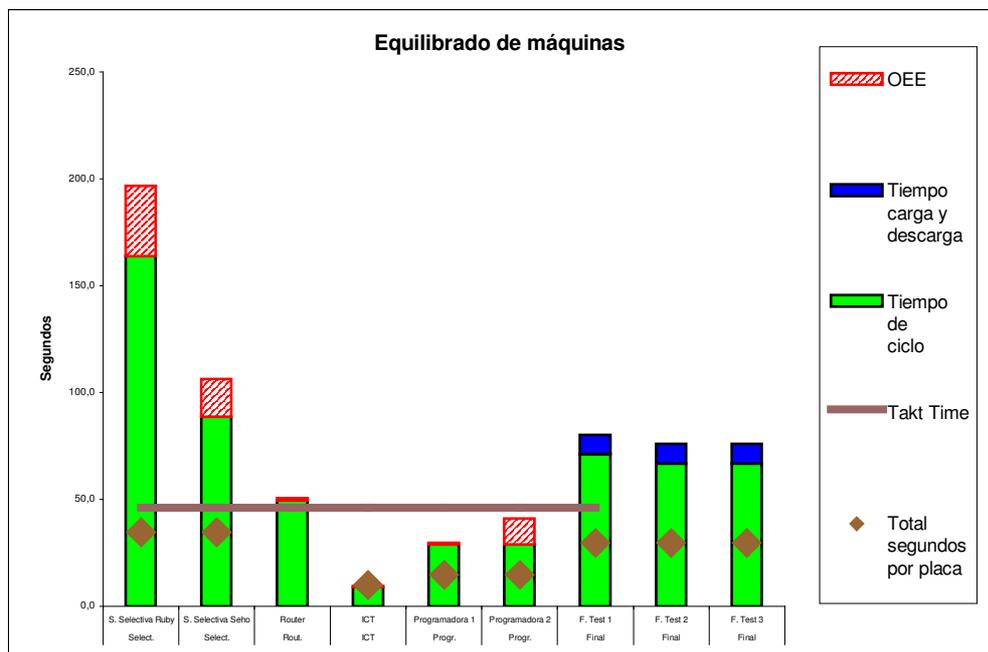
$$\text{Total segundos por placa} = \frac{3600}{\text{Total placas por hora}}$$

Este es el dato más importante que ofrece esta hoja, ya que según él se va a regular todo el proceso de producción. Esta máquina será el cuello de botella de la línea en estudio.

Además como dato informativo, se proporciona el número máximo de placas que es capaz de procesar la máquina al día:

$$M\acute{a}xima\ capacidad\ diaria = \frac{Tiempo\ disponible\ diario}{Total\ segundos\ placa}$$

El gráfico que se muestra en la parte inferior de la hoja está realizado en una escala de tiempos donde se marca el takt time mediante una línea horizontal cuyo valor no debe sobrepasar ningún tiempo de ciclo unitario ("Total segundos por placa"), representado en el gráfico mediante un rombo. Si algún rombo está por encima de la línea, quiere decir que esa máquina o proceso no tiene capacidad suficiente para producir la cantidad que el cliente requiere en el tiempo de que dispone. Si no es así, todas las máquinas son capaces de procesar módulos a suficiente velocidad.



3. **“OPERARIOS”**. Las siguientes hojas corresponden a cada uno de los operarios. Partiendo de los datos recopilados en la hoja de cronometraje y conociendo qué persona realiza cada operación, se

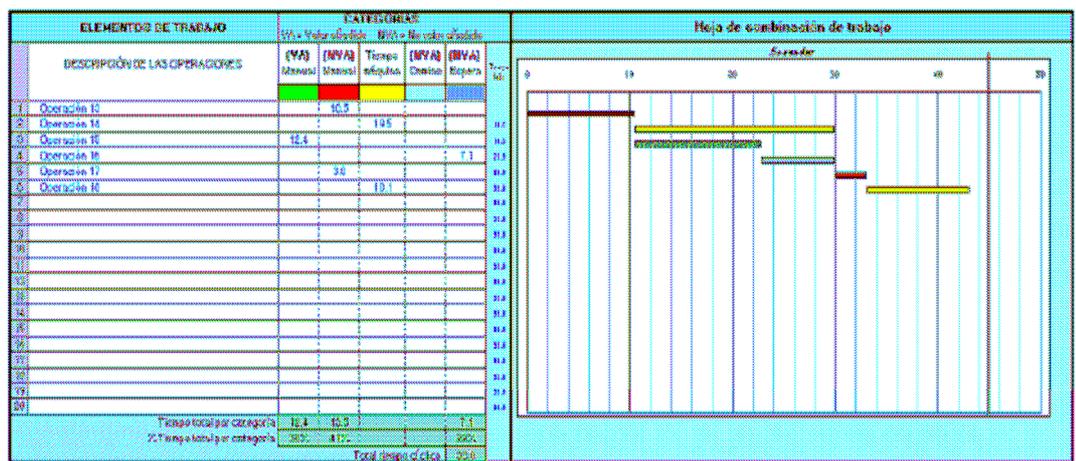
introducen todos los elementos de trabajo y su duración, clasificándolos en las categorías disponibles:

- VA (valor añadido): Las operaciones que realiza manualmente una persona y que hacen que el producto adquiera valor para el cliente (inserción de componentes, ensamblado de partes...)
- NVA (no valor añadido): Aquellas operaciones manuales que no hacen que el producto adquiera ese valor (inspecciones, etiquetados no solicitados por el cliente, descarga de máquinas...)
- Tiempo máquina: Los ciclos automáticos también se introducen aquí, aunque la hoja de cálculo no los incluye como tiempo de trabajo.
- Camino: Los desplazamientos significativos realizados de forma cíclica también deben ser tenidos en cuenta, ya que muchas veces no se podrán evitar y deberán ser tomados como parte del trabajo (aunque ya es conocido que esto son pérdidas que hay que eliminar).
- Esperas: Este apartado es difícil de registrar en una hoja de cronometraje, ya que lo normal no es que los operarios se queden sin hacer nada, sino que se dedican a realizar tareas que no les corresponden, ocultando estos tiempos de espera. Para incluir correctamente estos tiempos se debe hacer la resta entre los tiempos de ciclo automáticos y las operaciones que realiza el trabajador durante los mismos. Esa diferencia es el tiempo de espera a la máquina.

Una vez se hayan introducido todas las tareas y sus tiempos perfectamente clasificados en las diferentes categorías, la hoja de cálculo ofrecerá un diagrama similar a un diagrama de Gantt, donde se observa la

consecución de las tareas cíclicas del operario, pudiendo observar si existe cualquier anomalía.

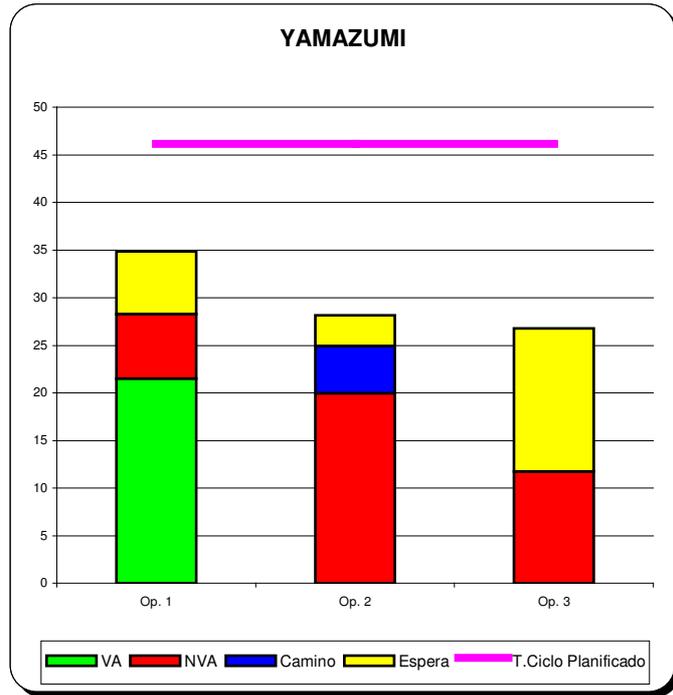
Se observa que los tiempos de ciclos de las máquinas no retrasan el trabajo de los operarios, ya que éstos se dedican a realizar otras tareas mientras tanto, sin embargo hay que asegurarse de que no se muestran tareas como las descargas de las mismas máquinas al mismo tiempo que sus ciclos automáticos. También hay que asegurarse de que un ciclo automático y el siguiente no se superponen, ya que es evidente que la máquina no puede comenzar un ciclo sin haber terminado el anterior.



En esta hoja de cálculo también aparece un gráfico donde se puede ajustar manualmente el takt time, mediante una barra roja, comprobando así la concordancia con la siguiente hoja que se presenta: el yamazumi.

4. **“YAMAZUMI”**. El yamazumi es una representación en el tiempo, de la carga de trabajo que cada operario tiene asignada y su comparación con el takt time.

En este caso en el yamazumi se representan los tres operarios en la célula final cuyo takt time es de 46,1 segundos. La suma de las operaciones que cada uno de los operarios realiza no puede ser superior a este valor; si fuera así, aquellos operarios cuya carga de trabajo superara el takt time no podrían realizar cada ciclo operativo a



tiempo. En el gráfico también se puede ver la distinción entre operaciones de distinto carácter desde el punto de vista del valor añadido.

Sin embargo, en el yamazumi no sólo se observa que las cargas de trabajo no estén por encima del takt time, sino también cuánto por debajo se encuentran. Esto se mide a través del desbalanceo. Cargas de trabajo muy por debajo del takt time significan que los operarios realmente pueden trabajar más rápido de lo que les exige el cliente, con lo que se están desaprovechando los recursos.

El desbalanceo es, por tanto, el porcentaje de tiempo desaprovechado por el hecho de que las cargas de trabajo de los operarios no llegan al takt time y se define como sigue:

$$\% \text{ Desbalanceo} = \left(1 - \frac{\text{Tiempo total operaciones}}{\text{N}^\circ \text{ operarios} \times \text{Takt Time}} \right) \times 100$$

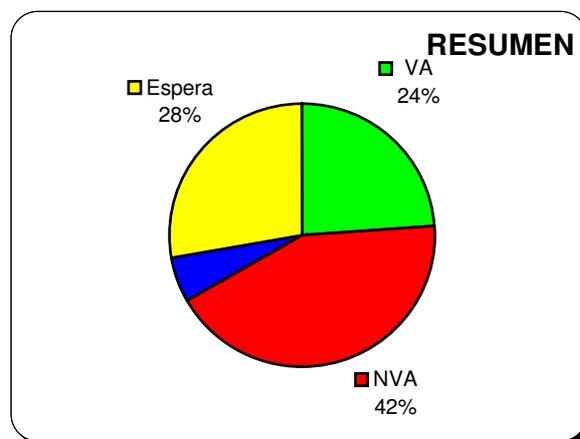
En este caso, ninguno de los operarios llega al takt time, luego podrán realizar su producción en el tiempo disponible. Para calcular el

desbalanceo hay que conocer los tiempos de ciclo completo de cada operario. En este caso son de 34,9, 28,1 y 26,7 segundos respectivamente. El desbalanceo corresponde al tiempo que les falta a los tres para llegar al takt time.

$$\% \text{ Desbalanceo} = \left(1 - \frac{34,9 + 28,1 + 26,7}{3 \times 46,1} \right) \times 100 = 35,16 \%$$

Es posible que el resultado de desbalanceo que devuelva la hoja resulte negativo. Esto se debe a que la suma de tiempos de operaciones de los operarios de la célula supera al takt time multiplicado por el número de operarios. Si esto ocurre, significa que los operarios tienen asignadas operaciones por más tiempo que el takt time y, por tanto, no pueden hacer frente a la producción en el tiempo disponible: se pasan del takt time. Se necesitará subir el takt time (ampliando el tiempo disponible), aumentar el número de operarios o reducir el tiempo de operaciones (eliminando desperdicios).

Además, esta hoja proporciona datos de los porcentajes de tiempo que los operarios se encuentran realizando cada categoría de operación (con valor añadido, sin valor añadido, esperas y camino).



5.2.5. Análisis y rediseño de estaciones.

El análisis y rediseño de estaciones se debe caracterizar por pretender eliminar el máximo de pérdidas existentes en la estación actual y conseguir un flujo continuo. El resultado obtenido en esta etapa será de gran importancia para el buen funcionamiento de la línea de producción.

Lo primero que se debe hacer es realizar un estudio exhaustivo de la estación. Se debe tener un conocimiento exacto de toda la estación y lo que se hace en ella. Es necesario tener una visión real de toda la estación, por lo que será imprescindible haber visto el trabajo en la propia planta de producción. En esta primera etapa, se han conocido algunos datos importantes como:

- número de piezas que se insertan,
- disposición de las mismas,
- si existe alguna máquina o todo son operaciones manuales,
- número de operarios que trabajan en la estación,
- si el operario trabaja cómodamente o realiza movimientos bruscos,
- si todo está limpio y ordenado,
- si la iluminación es la adecuada,
- si los operarios esperan a que acabe el ciclo de las máquinas si existen,
- si existe más de una pieza en proceso entre estaciones contiguas,
- si los operarios pueden procesar lotes de producto sin terminar, o pueden realizar tareas no cíclicas como reposición de material,
- si los mismos problemas se repiten cada día y cada semana,
- si existe flujo de información, de material y de personas,

Toda esta información recogida, además de los tiempos de ciclo, es de gran ayuda, ya que sirven para reconocer las pérdidas existentes

y los impedimentos al flujo continuo, y poder eliminarlas o minimizarlas al máximo al rediseñar la estación.

Una vez recogida esta información hay que tratarla. El estudio de tiempos, será de utilidad en esta etapa, ya que una de las principales tareas que se deben realizar es asegurar que el operario trabaja ajustándose al takt time y que no está sobrecargado con respecto a otros operarios que existen en el resto de estaciones, es decir, que toda la célula está balanceada y equilibrada.

Para realizar esta operación se utiliza el diagrama Yamazumi, que se explicó antes. Balancear consiste en asignar a los operarios los elementos de trabajo de tal forma que ninguno sobrepase el takt time, pero se acerque a él lo máximo posible.

Para comenzar el balanceo, es necesario conocer todos los elementos de trabajo que van a ser realizados en la línea de producción. Se parte de los elementos de trabajo que se llevan a cabo en la situación inicial y se eliminan las pérdidas, operaciones sin valor añadido, etc... Se hace el listado de operaciones y se introducen en el formato de estudio de tiempos correspondiente.

En primer lugar se introducen todos los elementos de trabajo y su duración en la hoja de cronometraje, incluyendo los datos de factor de actividad, coeficiente de reposo y OEE. Se calcula el takt time, cuyo valor, salvo excepciones, no ha debido variar del dato obtenido en la situación previa.

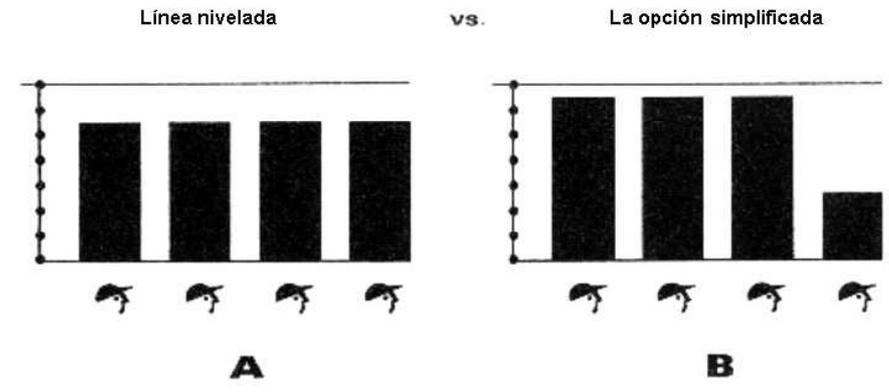
En la hoja de cálculo "PERSONAS NECESARIAS Y PRODUCCIÓN MÁXIMA", el tiempo total de operaciones habrá variado. Aquí se obtiene el número de operarios que serán necesarios en la nueva distribución. Si se han eliminado pérdidas y operaciones sin valor añadido, lo lógico es obtener un número menor al de la situación inicial.

La hoja de cálculo “EQUILIBRADO DE MÁQUINAS” puede sufrir modificaciones respecto a la situación inicial si se han modificado ciclos; si se han sustituido, suprimido o añadido máquinas; si se han reducido tiempos de carga y descarga; si se ha implementado el nivel 3 de automatización (descarga automática); si se ha mejorado el OEE... etc. Se debe comprobar si las máquinas tienen capacidad suficiente para hacer frente a la producción.

A continuación se realiza el balanceo. Para ello hay que olvidar qué operario realiza cada acción en la célula previa. El número mínimo de operarios obtenidos en la hoja “PERSONAS NECESARIAS Y PRODUCCIÓN MÁXIMA” es el dato a usar como guía. Entonces se ajustan manualmente las barras del takt time en las hojas de “OPERARIOS” y se les asignan operaciones hasta que lleguen al takt time, pero sin pasarse. No es necesario que las operaciones sean consecutivas en el flujo, sólo deben ser acciones que queden cercanas en el espacio.

Cuando se distribuyen las cargas de trabajo, existen dos posibilidades:

- *Línea nivelada*, que sería el gráfico A de los representados a continuación. El contenido de trabajo se reparte equitativamente entre los operarios, quizás con el deseo de ser justos. Pero esta propuesta tradicional de nivelar la línea disimula la pérdida de tiempo de espera en el proceso, repartiéndola en forma pareja entre todos los operarios. El tiempo de ciclo de cada operario está equilibrado, pero la carga de trabajo de cada uno es parcial. Esta práctica no solamente hace que luego sea más difícil eliminar el desperdicio, sino también crea la posibilidad de sobreproducción. Para los que utilizan el sistema de producción simplificada, esto último es tan malo como no poder cumplir con la demanda.



- *Sistema de producción simplificada* (gráfico B). Una solución mejor es distribuir los elementos de trabajo cargando a cada operario hasta el takt time, de forma que uno de ellos quede con menos elementos de trabajo. De esta manera se carga la mayor parte del desperdicio de espera en un solo trabajador y surge la oportunidad para utilizar la mejora continua. Además, se crea la posibilidad de utilizar esta persona, con menor carga productiva, para la realización de tareas no cíclicas (alimentación de línea, limpieza, traslado de material al almacén...).

Es importante señalar que debe ser el último de los operarios de la cadena el que tenga menor carga de trabajo, de lo contrario no habría posibilidad de que desempeñase otras tareas, ya que podría dejar sin alimentación a la persona que le sigue, o podría crear un inventario excesivo tras sus operaciones, ya que completa sus ciclos mucho más rápido que los demás.

Otro aspecto importante es el referente a los tiempos de espera a las máquinas. Estos tiempos se calculan restando al ciclo de la máquina, el tiempo de las operaciones que se realizan mientras ésta transcurre.

Estos tiempos de espera se obtienen, evidentemente, después de ajustar las operaciones de cada operario. Como ya se ha dicho, el objetivo es eliminar estas pérdidas (que el operario no tenga que esperar

nunca a las máquinas). La persona debe tener tareas que realizar por un tiempo superior al ciclo automático, de modo que cuando llegue a la máquina, ésta haya terminado ya su operación y desaparezca así la espera del operador. Sin embargo, a menudo resulta imposible eliminar completamente las esperas, por lo que hay que considerarlas en los cálculos de la forma descrita.

Para optimizar estos aspectos, se debe trabajar simultáneamente en el diseño de un nuevo layout que favorezca una correcta asignación de tareas, minimizando los desplazamientos y las esperas de los operarios.

5.2.6. Preparación de placas.

Este formato es una hoja de cálculo muy utilizada en el estudio de propuestas de mejoras, ya que no sólo sirve para el estudio de los tiempos de ciclo, sino también para tener conocimiento del coste económico de las mejoras propuestas. Complementa a las hojas anteriores con el punto de vista económico.

Como puede verse en el anexo A.8, este formato consta de tres partes:

1. una tabla donde introducir los tiempos de ciclo de todas las operaciones o estaciones por las que pasa el producto,
2. una gráfica donde se representan estos valores junto con el takt time,
3. y otra tabla donde se reflejan los operarios que intervienen en el proceso, además del coste económico del mismo.

En la primera tabla mencionada anteriormente se deben introducir los valores de los tiempos de ciclo recogidos durante el trabajo de campo realizado en la planta, así como el número de placas por panel, ya

que se trabaja con unidades de tiempo/ placa o módulo, y el OEE de cada estación o equipo.

Una vez introducidos estos valores, la tabla devuelve los tiempos de ciclo medios de las distintas estaciones por módulo, es decir, ofrece el tiempo que necesita cada estación para producir un módulo, la cadencia con la que saldría un módulo de cada estación.

En la gráfica se pueden observar los tiempos de ciclo medios calculados en la tabla anterior, además de la representación gráfica del takt time (una línea roja). Aquí se puede comprobar cuáles son las estaciones que están fuera del takt time, aquellas sobre las que hay que actuar. Las estaciones cuya tiempo de ciclo esté por encima del takt time, son estaciones que no tiene capacidad para producir a este takt time. Será necesario subir el takt time, aumentar el número de operarios o reducir el tiempo de operaciones. Este estudio se centra en esta última opción.

La última tabla es la que posee el aspecto más novedoso de este formato, el económico. El primer valor que se debe introducir es el del número de máquinas que hay en cada estación. Este factor es importante porque existen estaciones que son totalmente manuales, por lo que en estas estaciones no hay que considerar el valor del OEE, que como se ha mencionado en otros capítulos es una medida de la disponibilidad, eficiencia de rendimiento y calidad de una máquina.

El siguiente valor es el número de operarios que hay en cada estación. Este parámetro se utiliza para calcular después el BWS, que influye en el coste total de producción del módulo.

El resto de parámetros de la tabla son valores que calcula automáticamente:

- el tiempo de ciclo potencial es el tiempo que tarda en salir un módulo de una máquina si estuviese trabajando sola, es decir , si el

flujo de placas que le llega fuese constante. La única máquina que trabaja con este tiempo de ciclo es el cuello de botella;

- el tiempo de ciclo operativo se calcula a partir del tiempo de ciclo potencial. El operativo es el tiempo que realmente tarda una máquina en producir un módulo y que se corresponde con el tiempo de ciclo del cuello de botella. Aunque en la línea de producción existan equipos puedan producir a un ritmo mayor que el de la máquina más lenta(el cuello de botella), nunca podrán ir a más velocidad que ésta, a no ser que se vaya creando inventario;

- capacidad de producción que hace referencia a la cantidad de módulos que procesa una máquina en la unidad de tiempo. En este caso, viene expresado por módulos/hora y se calcula como:

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{3600}{\text{Total módulos po hora}}$$

- la producción actual es el siguiente factor que se estudia. Es la producción que tiene actualmente toda la línea de producción. Como se ha mencionado antes, toda la línea irá al ritmo que marque el cuello de botella por lo que el valor de este factor es el mínimo de todas las capacidades de producción obtenidas en el cálculo anterior.

$$\text{Capacidad actual} = \text{mín} (\text{capacidades de producción todas estaciones})$$

- BWS ("Budgeted Work Standard") es el tiempo de trabajo presupuestado. Indica el total de carga de trabajo que existe en una célula, incluyendo, además de las operaciones productivas, las esperas a ciclos automatizados, las operaciones no cíclicas, los tiempos de descanso y las indisponibilidades de las máquinas. Se actualiza anualmente y sirve para hacer los presupuestos de la empresa.

$$BWS = \left(\frac{N^{\circ} \text{ operarios} \times \text{Tiempo ciclo operativo}}{3600} \right) \times \frac{1}{O.E.E}$$

- Y finalmente calcula el coste de producción por módulo que se define como:

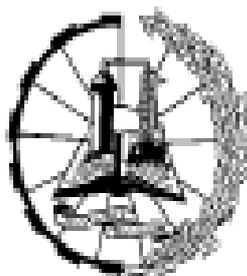
$$\text{Coste producción} = BWS \times \text{coste 1 hora producción}$$



10. PROPUESTAS DE MEJORA.

Rediseño de un proceso de fabricación
integrado de componentes electrónicos
para automóviles.

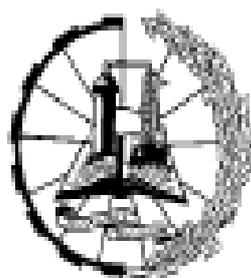
Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.





10. Introducción.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



6.1. Introducción.

El objetivo principal de la propuesta de mejoras es encontrar la forma concreta de optimizar el proceso, eliminar pérdidas, mejorar el flujo continuo y reducir operaciones sin valor añadido.

Para realizar esto existen muchas y diferentes técnicas que pueden ayudar a resolver el problema del modo más acertado, en este caso se utiliza la técnica del Mapa de Valor Añadido que se ha ido desarrollando a lo largo del estudio.

En esta parte del estudio sería interesante contar con la ayuda de un equipo de trabajo que ayude a localizar los problemas de las líneas de producción. Hasta ahora, se había mencionado que lo mejor forma de trabajar con el mapa de la situación inicial, era que todos los datos y la información fuesen recogidas por una misma persona, ya que así sería más fácil plasmar toda esta información sobre el papel.

Una vez dibujado el mapa de la situación actual, este puede ofrecer los puntos hacia los que hay que focalizar la atención, que principalmente, son esos puntos de la línea de producción donde se rompe el flujo continuo de personas, información y material, donde existe más inventario de lo necesario, desplazamientos que pueden ser evitados, etc...

En esta parte, es de vital importancia haber observado con detenimiento el desarrollo del trabajo en planta y haber sido capaz de plasmarlo todo en el mapa de la situación actual. Pero ahora el trabajo en equipo puede ser útil ya que otras personas pueden observar pérdidas que no somos capaces de detectar. Hay que evitar dejarse llevar por paradigmas aprendidos y



aceptados tradicionalmente, es decir, hay que preguntarse el por qué de cada decisión que se toma, de la ubicación de cada elemento en el área, etc... Es necesario preguntarse el por qué de todo hasta llegar a la verdadera causa, si es que la hay; de lo contrario, quizá sea conveniente cambiar la forma de trabajar, la distribución de las estaciones o el material almacenado en la célula.

Las soluciones deben ir encaminadas a convertir la línea de producción en algo más cercano a lo que los principios del Lean Manufacturing indican que debe ser. A esto ayuda en gran medida el VSM, esta herramienta permite identificar, demostrar y disminuir las pérdidas del proceso.

Otra herramienta que es también de gran utilidad es la metodología de las 5S. Esta metodología ayuda a realizar numerosas mejoras a bajo coste. A la hora de planificar la mejora frecuentemente nos vemos atraídos sólo por soluciones complejas. Hablar de organizar, ordenar y limpiar puede ser considerado por muchos como algo trivial o demasiado simple. Son conceptos que asociamos al ámbito doméstico y nunca al empresarial.

Sin embargo, estos tres conceptos tan sencillos en una primera impresión, son el primer paso que se debe dar en un proceso de mejora y una premisa básica e imprescindible para aumentar la productividad y obtener un entorno seguro y agradable. Cuando se infravaloran las actividades de organización, orden y limpieza se desaprovecha una excelente oportunidad de mejora. Adoptando un plan sistemático de gestión que mantenga y mejore continuamente la organización, el orden y la limpieza, se consigue de forma inmediata una mayor productividad y un mejor lugar de trabajo.

Las 5S son las iniciales de cinco palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen la metodología:

- **SEIRI – ORGANIZACIÓN**

Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de éstos últimos.

En esta etapa se debe distinguir entre lo que se necesita y lo que no. En el área no debe haber más material que el necesario diariamente para producir. Tras definir unos criterios de utilidad o necesidad, hay que separar las cosas necesarias de las que no lo son. Dentro de los armarios y encima de ellos se encuentran a menudo muchos materiales que no se utilizan, obsoletos, o que se utilizan con muy poca frecuencia. También se ven a menudo herramientas rotas, no correspondientes al área en cuestión, trapos, cosas particulares... Incluso en zonas de material productivo se pueden ver partes obsoletas o material sin uso. Todo este material debe ser desechado. De esta forma, si se está realizando la factoría visual en diferentes áreas de la planta simultáneamente, material que a unos no les sirve, puede ser útil para otros.

- **SEITON – ORDEN**

Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.

Se debe identificar un lugar para cada cosa y colocar cada cosa en su lugar. El objetivo es eliminar la necesidad de buscar las cosas que hacen falta en un momento dado, con la consiguiente pérdida de tiempo, ritmo y flujo continuo. Para ello, se deben eliminar las cosas innecesarias; definir y acondicionar un lugar para cada cosa necesaria; identificar el lugar de cada cosa mediante etiquetas, colores... ; registrar el lugar de cada cosa en documentos; y respetar y mantener todo lo anterior.

- **SEISO – LIMPIEZA**

Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado de salud.

Es importante limpiar el área y mantenerla limpia. Para ello, resulta muy importante evitar, en la medida de lo posible, el ensuciamiento del área. Hay que mantener las indicaciones del lugar de cada cosa, no desecharlas si se estropean, sino cambiarlas o volver a marcar la zona. Realizar una limpieza programada, periódica, a ser posible de forma diaria. Y, en todo caso, es muy importante hallar el origen de la basura para eliminarlo cuanto antes.

- **SEIKETSU- CONTROL VISUAL**

Consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.

El control visual consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra que no lo es, mediante una norma visible para todos a través de dispositivos y soportes visuales (manómetros, contadores, marcas que denotan la ausencia de una herramienta o el agotamiento de un material). Para que el control visual sea eficaz requiere que se establezca también cómo actuar en caso de desviación.

El control visual ayuda a mantener las tres fases anteriores. Es un control “por excepción”, que permite identificar con rapidez las situaciones o el funcionamiento no normal.

- **SHITSUKE- DISCIPLINA Y HÁBITO**

Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas.

Disciplina y hábito consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas, asumiendo el compromiso de todos para mantener y mejorar el nivel de organización, orden y limpieza en la actividad diaria.

En el contexto de las 5S el término “disciplina” no implica una obligación impuesta por otros. Disciplina es actuar de acuerdo a lo que se haya acordado entre todos por propia convicción. El hábito se crea mediante la actuación repetida siguiendo las normas. La práctica constante, refuerza los hábitos correctos. Si no hay disciplina y no se adquieren los hábitos correctos, por no seguir las normas y procedimientos diseñados en cada fase, todo el trabajo y esfuerzo personal realizado durante la implantación de las cuatro primeras S habrá servido de muy poco se volverá a la situación anterior en cuestión de meses o quizá de semanas. Se habrá perdido una excelente oportunidad de mejora, con el consiguiente desánimo de todos. Esta fase es importante y absolutamente necesaria para mantener las anteriores.

Las tres primeras fases (organización, orden y limpieza) son operativas. La cuarta fase (control visual) ayuda a mantener el estado alcanzado en las fases anteriores mediante la estandarización de las prácticas. La quinta y última fase permite adquirir el hábito de su práctica y mejora continua en el trabajo diario. Estas cinco fases componen un todo integrado y se abordan de forma sucesiva, una tras otra.

Las 5“S se podrían definir como un estado ideal en el que:

- los materiales y útiles innecesarios se han eliminado,
- todo se encuentra ordenado e identificado,
- se han eliminado las fuentes de suciedad,

- existe un control visual mediante el cual saltan a la
- vista las desviaciones o fallos, y
- todo lo anterior se mantiene y mejora continuamente.

Además aporta diversos beneficios como:

- La implantación de las 5S se basa en el trabajo en equipo. Permite involucrar a los trabajadores en el proceso de mejora desde su conocimiento del puesto de trabajo. Los trabajadores se comprometen. Se valoran sus aportaciones y conocimiento. La mejora continua es una tarea de todos.
- Manteniendo y mejorando asiduamente el nivel de 5S conseguimos una mayor productividad que se traduce en menos productos defectuosos, menos averías, menor nivel de existencias o inventarios, menos accidentes, menos movimientos y traslados inútiles, menos movimientos y traslados inútiles, menor tiempo para el cambio de herramientas.

Mediante la organización, el orden y la limpieza logramos un mejor lugar de trabajo para todos, puesto que conseguimos:

- Más espacio.
- Orgullo del lugar en el que se trabaja.
- Mejor imagen ante nuestros clientes.
- Mayor cooperación y trabajo en equipo.
- Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.
- Mayor conocimiento del puesto.

Una vez determinadas las oportunidades de mejora, hay que valorar cuáles son viables y cuáles hay que desechar. A pesar de que en principio era interesante recoger todas las ideas posibles, hay que tener en

cuenta que pueden existir algunas cuyo coste sea demasiado elevado, que tengan reducida utilidad o que técnicamente sean muy difícil de conseguir.

Para evaluar la necesidad, utilidad y coste de una propuesta, existe un diagrama sencillo y de fácil manejo que puede resultar de gran utilidad a la hora de tomar decisiones.

	Muy útil	Útil	Poco útil
Bajo coste	1	2	3
Coste medio	4	5	6
Alto coste	7	8	9

Con este diagrama se puede evaluar la relación entre utilidad y coste, entendiendo éste último como coste económico y dificultad técnica para ser llevado a cabo (ya que esto último resultará finalmente ser también un coste económico).

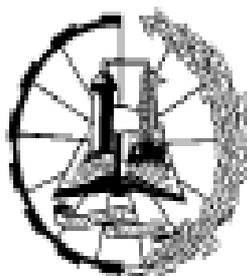
Las acciones de mejora clasificadas en la celda 1 serán, seguramente, de aplicación inmediata; mientras que lo más oportuno para las acciones que han quedado encuadradas en la celda 9 es el rechazo.

Finalmente, una vez determinadas cuáles son las oportunidades de mejora viables se formulan como propuestas de mejora para llevarlas a cabo en el área de producción.



10. Propuestas de mejora.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



6.2. Propuestas de mejora.

Como ya se ha mencionado, el objetivo del mapa de valor añadido es reconocer las fuentes de las pérdidas y eliminarlas a través de la implantación del mapa de valor añadido de la situación futura (FSM), llegando a ser realidad en un corto periodo de tiempo. La meta es construir una cadena de producción donde los procesos individuales estén unidos a su cliente por un flujo continuo, y que cada proceso consiga acercarse lo máximo posible a la producción que su cliente necesita y cuando lo necesita.

Obviamente, algunas de las pérdidas en un mapa de valor serán resultado del propio diseño de los productos, de la maquinaria ya existente, y de la localización lejana de algunas actividades. Estas características de la situación actual probablemente no podrán modificarse inmediatamente. El primer paso para el desarrollo del mapa de la situación futura es que el diseño del producto, la tecnología utilizada y la localización de la planta ya están determinadas, y por tanto se debe buscar como eliminar lo más rápidamente posible todas las fuentes de pérdidas no producidas por estas características. En los siguientes pasos ya se puede ir dirigiendo las modificaciones hacia la mejora del diseño de producto, tecnología y localización.

6.2.1. Mapa de Valor Añadido del Estado Futuro (FSM).

Las siglas FSM hacen referencia a “Future Stream Mapping”, es decir, al mapa de valor añadido del estado futuro del proceso de producción de la planta.

Para desarrollar el mapa de la situación futura se parte del mapa de la situación actual. Se desarrollan una serie de ideas básicas, como las desarrolladas a continuación, y se remarcan en el diagrama aquellas

que se quieren plasmar en la situación futura. Seguidamente se dibuja el mapa de la situación a la que se desea llegar.

1) Cálculo del takt time.

Como se mencionó en el capítulo “5.2. Herramientas utilizadas”, el takt time es uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta. El takt time significa que de acuerdo con la demanda del cliente y el tiempo disponible, la planta en estudio necesita producir un módulo cada 46,1 segundo.

Este número es un valor de referencia definido por el cliente y no puede ser modificado, lo que se debe intentar es ajustar lo máximo posible a este valor, el tiempo de ciclo del proceso que marca el ritmo de la producción. Una diferencia significativa entre el takt time y el tiempo de ciclo indica que existen problemas en la producción que provoca un desajuste en el downtime. Cuando se compensan los problemas de producción con un tiempo de ciclo mayor que el takt time, el incentivo de eliminar estos problemas se evaporan.

En aquellos equipos que tienen un tiempo de ciclo mayor que el takt time, como es el caso de las estaciones de inserción manual, selectivas, ICT, programadora y router, hay que realizarles un ajuste para aproximarlos a este valor.

2) Eliminación del market place.

La eliminación del market place depende de varios factores como del modelo de compra del cliente, de la fiabilidad del proceso, y de las características del producto.

Producir y llevar directamente al almacén requiere una fiabilidad, un lead time corto, un flujo de petición - entrega, o más stock de seguridad. El producto en estudio son placas pequeñas y delgadas, por lo que su almacenaje no ocuparía mucho espacio. Además sólo se distinguen tres modelos.

Otro factor a tener en cuenta, sería el aumento o la disminución de la demanda, pero este factor se puede obviar en este caso, puesto que la demanda del cliente es conocida con seis meses de antelación, además de comunicar cualquier variación en la misma con una semana de adelanto.

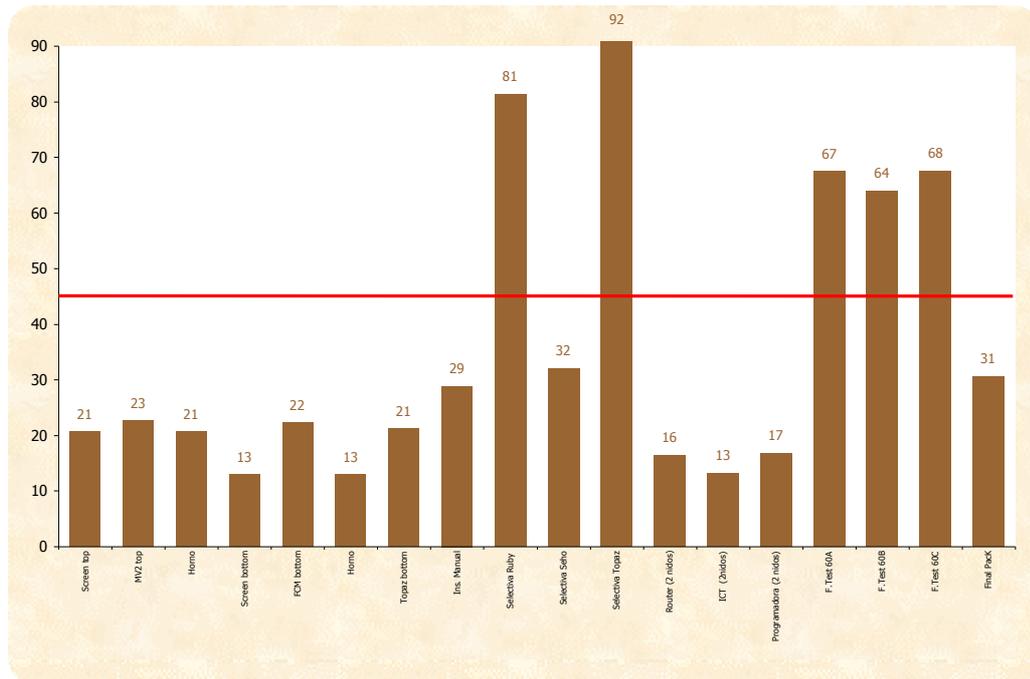
Para determinar la capacidad de producción que se necesita se puede utilizar la previsión que ofrece el cliente con una semana de antelación. Además las plantas con un sistema lean implantado son capaces de reasignar sus procesos de ensamble y redistribuir los elementos de trabajo para acomodar los cambios en la demanda.

El siguiente factor a considerar es la fiabilidad del proceso. En este caso, el proceso permanece prácticamente igual, con la misma tecnología, sólo se modifica la router. Ésta se cambia por otra ya existente en la planta que no se utilizaba, por tanto es un factor perfectamente conocido.

Con todo esto, se determina que el producto acabado irá directamente al almacén final, sin necesidad de pasar por un market place.

3) Implantación de un flujo continuo.

En la gráfica representada bajo estas líneas se pueden observar los tiempos de ciclo de cada proceso y el takt time calculado según la demanda del cliente.



Como se observa, existen tiempos de ciclo por encima del takt time, por tanto lo primero que se debe hacer es intentar reducir estos tiempos para ajustarlos al takt time lo máximo posible.

En este caso, se estudia la posibilidad de cambiar las tres selectivas que existen actualmente y quedarse sólo con la Seho, ya que esta selectiva sí trabaja por debajo del takt time. Además se eliminan problemas de buffer que se producen al tener tres selectivas trabajando a la vez. Tras las selectivas, sólo existe una router y aunque ésta tiene un tiempo de ciclo mucho menor no puede absorber todos los módulos que le llegan desde las selectivas, con lo que se van acumulando en el buffer, y esto significa pérdidas.

Los tiempos de ciclo de los tester también aparecen por encima del takt time, pero hay que considerar que son tres tester trabajando a la vez. En consecuencia, considerando que los tres trabajan en paralelo, el tiempo de ciclo hay que dividirlo entre tres, ya que se obtienen tres módulos testeados cada 67 segundos, es decir, que cada 22 segundos

aproximadamente se obtiene un módulo y este tiempo si está por debajo del takt time. Por tanto, lo que se debe intentar es ajustar los tiempos de ciclo para que sean los tres iguales.

Lo siguiente que se debe tener en cuenta para implantar un flujo continuo es que todas las estaciones tengan unos tiempos de ciclo similares , para evitar que aparezcan buffer. Como se puede observar en la gráfica anterior, la mayoría de los tiempos de ciclo están alrededor de los 20 segundos, por tanto éste sería un buen valor para ajustar todos los demás. A continuación se irá detallando en qué medida se actuará sobre cada estación o área de trabajo:

- Empezando por las *líneas de SMD* se comprueba que todos los tiempos de ciclo son similares y están alrededor de 20 segundos, por tanto estas máquinas permanecerán como están y *no habrá que modificarlas*.

- Después de SMD, aparece la estación de *inserción manual*. Esta estación tiene un tiempo de ciclo de 28,9 segundos que se intentarán reducir hasta 22 segundos para equilibrarla con el resto de estaciones. Para reducir los siete segundos sobrantes, se hace un *estudio completo* de toda la estación para comprobar y reconocer las pérdidas, si existen.

Disminuyendo estos tiempos de ciclo se observa que en todo el proceso podría implantarse un flujo continuo, ya que los procesos individuales estarían bastante ajustados al takt time y con unos tiempos de ciclo bastante similares entre ellos.

Al implantar un flujo continuo en todo el proceso se consigue la eliminación de inventarios entre las dos áreas principales por las que pasa el producto: SMD y final assembly. La tendencia hacía un sistema Lean es localizar todos los procesos uno inmediatamente después de otro, donde los operadores pasen los módulos de una estación a la siguiente sin ningún problema, y distribuir los elementos de trabajo de tal forma que a cada

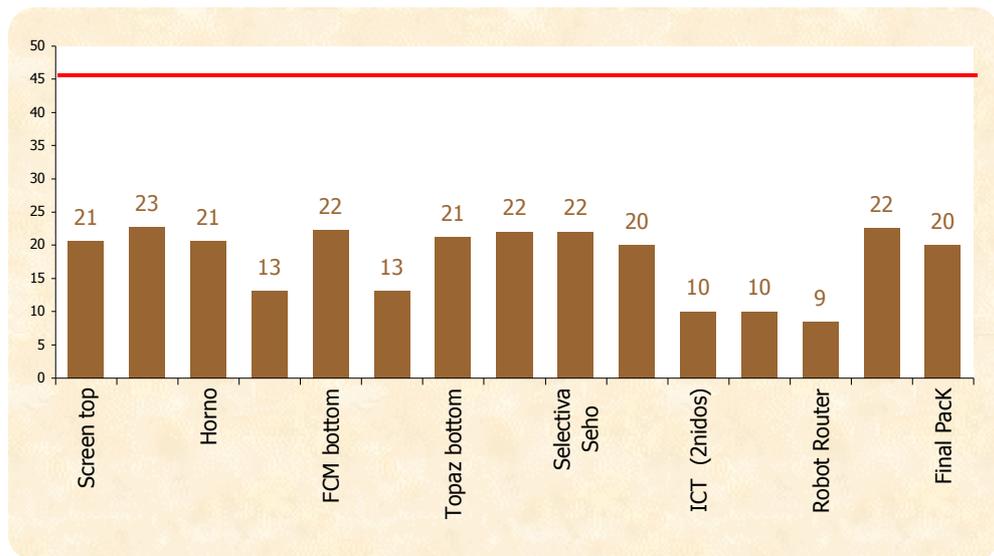
operario se le asignen actividades de forma que su tiempo de trabajo total se acerque lo máximo posible al takt time.

Para poder determinar el número de operarios que serían necesarios se recurre a la hoja de cálculo “PERSONAS NECESARIAS Y PRODUCCIÓN MÁXIMA”. En esta hoja que se explicó en el apartado 5.2.4, se observa que harían falta 3 operarios en la célula final, además de los 2,5 de las líneas de SMD. En total, el número de operarios necesarios en la situación actual serían de 5,5 operarios que se redondearía a 6. Sin embargo, por problemas de localización de máquinas en la propia célula y por necesidad de las mismas máquinas (necesitan que un operario las cargue y descargue), es imposible mantener la célula con sólo 3 operarios, por ello, este número aumenta hasta 4. Aumentando así el total hasta 6,5 operarios.

Una vez determinado el número de operarios necesarios en el proceso, parecería que tener 6,5 personas en el proceso es desaprovechar esta mano de obra, pero como se ha mencionado anteriormente una redistribución de los elementos de trabajo no es suficiente para disminuir el número de operarios.

La siguiente opción sería eliminar pérdidas a través de un proceso kaizen para llevar el contenido de trabajo por debajo del límite del takt time. Utilizar un proceso kaizen puede reducir el contenido del trabajo del operario por debajo del takt time. Si esto falla, se podría utilizar si fuese necesario algo del overtime. Con cada aproximación, el operario de más que existe en el proceso se podría reasignar a otras actividades que creen valor añadido.

Si se consigue disminuir los tiempos por debajo del takt time el diagrama queda como sigue:

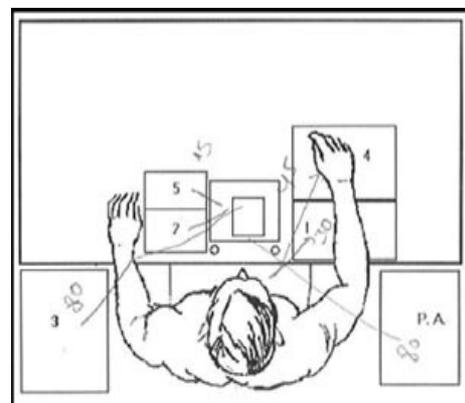


Este diagrama además del estudio de tiempos de máquinas, operarios y coste de producción puede verse en el anexo A.11.

- Estudio de la estación de Inserción Manual:

La estación de Inserción Manual es fundamentalmente manual, sólo existe una prensa para los motores, pero su carga y descarga también es manual. En ella, el ciclo que realiza el operario es el siguiente:

- Coger el panel del magazine y colocarlo en la fixture.
- Coger y colocar los motores sobre el panel.
- Prensar.
- Coger y colocar los conectores sobre el panel.
- Coger y colocar las resistencias.
- Coger y colocar los zumbadores.
- Coger y colocar el panel en el conveyor de la selectiva.



Para disminuir los tiempos de duración de estas acciones se estudia la disposición de los distintos elementos que intervienen. Es importante comprobar si su localización no es la adecuada y esto hace que se pierda tiempo.

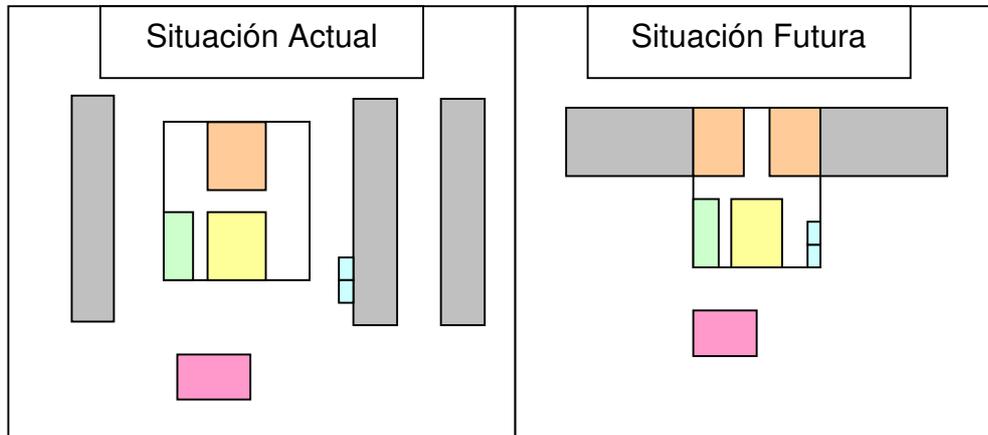
En el estudio se comprueba que las cajas que contienen los conectores, zumbadores y resistencias, así como las bandejas de motores están muy alejadas del operario y no permiten que pueda utilizar las dos manos a la vez.

Las cajas de zumbadores y resistencias están colocadas junto a la selectiva, mientras que la caja de conectores está en la mesa de inserción. Estas cajas tienen una capacidad para 200 componentes aproximadamente, mientras que las bandejas de motores están colocadas en una balda justo encima de la prensa y tienen una capacidad de 45 conectores por bandeja, y normalmente tienen dos bandejas.

Se estudian otras opciones de colocar las cajas y bandejas, de tal forma que estén más cerca del operario y éste pueda utilizar las dos manos, siempre teniendo en cuenta la ergonomía del puesto de trabajo (ver anexo A.9). Así se colocan las cajas de zumbadores y resistencias en la misma mesa de inserción para que al operario le resulte más cómodo colocar los componentes, ya que ahora los coloca cuando el panel está en la fixture, mientras que antes los colocaba cuando lo tenía en la mano, justo antes de colocarlo en el conveyer.

Otro factor importante observado es que el operario se mueve cada cierto tiempo para recoger y tirar las bandejas de motores, ya que estas bandejas tienen menos capacidad que las cajas del resto de componentes. Para corregir esto, se comprueba que estas bandejas pueden acumularse hasta un total de cinco unidades sin que se caigan, cuando el operario sólo tenía dos sobre la mesa de inserción. Además se colocan de perfil de tal forma que en la misma balda pueda colocar también las que se

van vaciando. Así se evitan desplazamientos, y en consecuencia tiempo de no valor añadido.



Conveyor	
Magazine de placas	
Bandejas de motores	
Fixture	
Caja de conectores	
Cajas de zumbadores y resistencias	

En conclusión, después de comprobar que modificando las cajas de componentes de sitio, organizando la estación y modificando el layout, se consiguen rebajar los segundos necesarios para ajustar todas los elementos de la estación al takt time.

4) Localización del market place.

Actualmente en este caso, las placas pasan por el market place, a no ser que la línea de SMD haya tenido problemas y su producción se haya visto afectada.

Las placas pasan en primer lugar por las líneas de SMD, donde se insertan algunos de los componentes, se transportan en magazines hasta el market place, donde permanecen hasta que son demandadas por la célula final, donde se terminan de procesar.

El departamento de control de producción es el encargado de enviar diariamente el schedule a las líneas de SMD y a la célula final. Teniendo en cuenta que la célula final produce en función de la demanda del cliente, la producción de las líneas de SMD se intenta ajustar a la demanda de la célula final, pero esto es bastante difícil ya que por la misma línea pasan distintos modelos y su fiabilidad no es demasiado elevada.

En la situación futura, lo que se persigue es eliminar el buffer que se produce entre SMD y la célula final. Es decir, se pretende que todo el proceso tenga un flujo continuo.

5) Programación de la producción.

El mejor punto para regular la producción es el cuello de botella, ya que es éste el punto que impide que la producción vaya más rápida. El cuello de botella en la situación futura es la MV2 que se encuentra en la línea de SMD. Esta máquina produce una placa cada 23 segundos, por tanto aunque el resto de máquinas vayan más rápidas, no se va a obtener un módulo ya terminado hasta pasados, como mínimo, 23 segundos.

6) Mezcla de productos.

Por exigencias del cliente diariamente se envían pallets completos con una mezcla del 4,3% del modelo HIGH, el 55,8% del MID, y el 40% del LOW. Se podría pensar que lo mejor sería producir todos los

módulos de un mismo modelo de una vez , para después seguir con otro modelo, y seguidamente terminar con el último.

De esta forma, desde el punto de vista de la célula se eliminan pérdidas de tiempo por change over, sólo se cambia de fixture cuando es estrictamente necesario y sólo una vez con cada modelo. Sin embargo, desde el punto de vista del pensamiento Lean, producir por lotes no es la mejor solución. Producir por lotes incrementa el impacto de los problemas, aumenta el lead time y provoca que a cualquier cambio en la demanda sea más complicado actuar.

En este caso, si se quiere estar preparado para cambios en la demanda sería necesario tener inventario de los distintos modelos, lo que provocaría un aumento del lead time, problemas de calidad y demás problemas asociados a la sobreproducción. Lo que se pretende es producir los tres modelos intentando minimizar lo máximo posible el inventario necesario y los changes over.

En otros casos más complicados se realiza un estudio del tiempo necesario para cada modelo, basándose en los tiempos que requiere cada uno en su producción y en los tiempos de change over. En este caso, los change over son pequeños en comparación con otros productos de otras empresas, donde al cambiar de producto hay que modificar la maquinaria, las canalizaciones, etc.

Por tanto, se llega a la conclusión de que la mejor forma de producir los tres modelos es dividirlos por turnos a lo largo de toda la semana. De esta forma, se produce el modelo LOW durante dos turnos cuatro días a la semana, el modelo HIGH se produce dos días a la semana en un solo turno y el modelo MID el resto del tiempo. Con esta mezcla se consigue producir según la demanda del cliente, y aunque son necesarios los inventarios, estos son los mínimos posibles, al igual que los change over. Una ventaja que ofrece este modelo es que no es demasiado voluminoso,

por lo que, a pesar de ser necesarios los inventarios, no ocupan un excesivo espacio en el almacén.

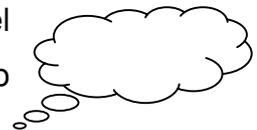
Otra ventaja de realizar la producción con esta mezcla, es que los cambios de fixture se producen una sola vez con los cambios de turno, lo que minimiza las pérdidas de tiempo. Además con este sistema de producción, si se produce una variación en la demanda se podría actuar más rápidamente.

7) Mejoras para conseguir llegar ala situación propuesta.

Para llegar a la situación futura , habría que realizar una serie de mejoras en el proceso, como:

- Reducir lo tiempos de changeover.
- Eliminar el market place.
- Eliminar las pérdidas de calidad por transporte de placas.
- Reducir tiempos de máquinas.
- Eliminar las pérdidas de la estación de inserción manual.
- Modificar el layout.

Todos estos cambios aparecen reflejados en el mapa de la situación actual representados con este icono (Anexo A.10)



Una vez implantada la situación propuesta las mejoras conseguidas en cuanto a reducción de inventario y lead time se muestran en la siguiente tabla:

	<i>Almacén recepción</i>	<i>Etiquetado</i>	<i>SMD</i>	<i>Célula final</i>	<i>Almacén final</i>	<i>Lead Time</i>
<i>Situación Actual</i>	123,47 h.	6,48 h.	4,32 h.	1,43 h.	96 h.	135,7 h.
<i>Situación Futura</i>	80 h.	0 h.	0 h.	0 h.	0,53 h.	80,53 h.

6.2.2. Layout.

El diseño del layout es uno de los pilares para la propuesta de mejora. Para la realización de un layout que favorezca la producción ajustada, hay que tener en cuenta las siguientes características que indica la teoría "Lean":

- Debe ser flexible: debe permitir el mantenimiento del flujo continuo tanto si la célula se encuentra con un solo operario como si está completamente llena de personal, de forma que haga frente a las variaciones en la demanda del cliente.
- No deben existir operarios en "islas", ya que rompen el flujo de información y de personas.
- Se deben ajustar los buffer entre estaciones y el resto de espacio para colocación de piezas, ya que un inventario excesivo es una pérdida.
- Se deben evitar los "espacios muertos", que sólo sirven para la aparición de basura, material inservible y desorden.
- Se deben tener en cuenta los flujos de material y personas, observando que ninguno de ellos es demasiado largo ni se encuentra obstruido. Los flujos también deben ser claros (sin retornos, vueltas, cruces...)

- No deben existir obstáculos (carros, soportes, buffers...)

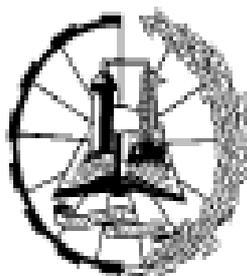
Teniendo en cuenta todas estas características se dibuja el mapa de valor añadido de la situación propuesta o FSM como puede verse en el anexo A.12.



10. IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO.

Rediseño de un proceso de fabricación
integrado de componentes electrónicos
para automóviles.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



7.1. Introducción.

El Mapa de Valor Añadido es sólo una herramienta de trabajo, una vez realizados los mapas de las situaciones actual y futura, es necesario trazar un plan de implantación de los cambios que se deben producir. Esto es responsabilidad del value stream manager.

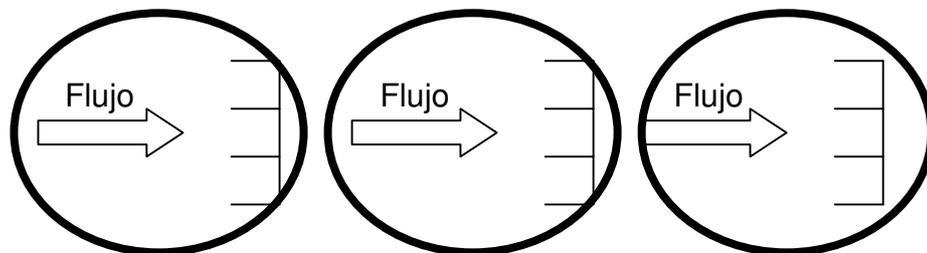
La implantación de los cambios necesarios es algo que debe realizarse paso a paso. Una vez definido y dibujado el mapa de la situación futura, se divide éste en distintas áreas:

Área 1.

Esta área abarca el flujo de información y material entre el cliente y el proceso que marca el ritmo (el cuello de botella). En este caso, el área 1 abarca prácticamente todo el mapa, desde el cliente hasta la línea de SMD Top.

Área 2.

El área 2 es el resto del diagrama, pero si existiesen market place a lo largo del proceso se distinguirían tantas áreas como fuesen necesarias poniendo como límites entre unas y otras los market places. Por ejemplo, en el dibujo siguiente se observan tres market places, por tanto, además del área 1 se distinguirían tres áreas mas, limitadas por los tres market places.



Estas áreas se representan en el mapa de la situación futura rodeadas por un círculo, de esta forma se reconocen fácilmente los pasos necesarios para implantar las mejoras propuestas en cada parte del proceso.

En esta área los objetivos son:

- reducir tiempos de ciclo de las máquinas,
- realizar un estudio de la estación de inserción manual, para reducir los tiempos,
- eliminar o reducir en lo posible los changeover,
- reducir el número de operarios,
- eliminar el market place que existe entre la línea de SMD y la célula final.
- ajustar los tiempos de ciclo de los tester.

Con todo esto lo que se persigue es ajustar lo máximo posible todos los tiempos al takt time, reducir el número de operarios y eliminar las pérdidas de calidad que se producen en las placas debidas al transporte de las mismas, es decir, eliminar las pérdidas y obtener mayores beneficios económicos.

En el área 2, el objetivo que se pretende es disminuir el inventario que existe entre el almacén de recepción de material y la etiquetadora, con el fin de eliminar pérdidas debidas al almacenaje de los materiales: problemas de calidad en las placas y espacio que podría dedicarse a otras funciones de la planta (Anexo A.13).

7.2. Implantación.

El mapa de la situación propuesta muestra hacia donde se quiere dirigir el proceso, pero es necesario otro documento que ofrezca otra información, no menos importante como es:

- cuándo se van a realizar los cambios y cuál va a ser su duración,
- cuales son los objetivos y las metas,
- fijar los puntos de control con una fecha límite y nombrar a una persona encargada de que todo se realiza correctamente.

La primera cuestión que aparece a la hora de poner en práctica un plan de implementación es por dónde empezar. Como se ha mencionado antes, en esta situación son de gran ayuda, las áreas que se distinguieron en el mapa de la situación futura.

Si se han identificado las áreas en el mapa futuro, se pueden numerar en el orden en el que se van a implementar. Una estrategia efectiva es comenzar por el área 1, que es donde se encuentra el cuello de botella. Esta área, siendo la más cercana al cliente final, actúa como cliente interno y controla la demanda del área anterior.

La implantación de los objetivos puede realizarse simultáneamente en distintas áreas del mapa de valor añadido. Por ejemplo, normalmente se puede empezar reduciendo el tamaño de los lotes e imponiendo un sistema “pull” en el área de fabricación, mientras se perfecciona el flujo continuo y la producción nivelada en el área del cuello de botella. Aunque, normalmente, las mejoras siguen el siguiente orden:

1. Desarrollo del flujo continuo basándose en el takt time.
2. Establecer un sistema “pull” para controlar la producción.
3. Conseguir una producción nivelada.

Naturalmente, esta secuencia varia de un caso a otro. A pesar de todo en la secuencia de implantación establecer un flujo continuo suele ser el primer paso, ya que esto influye directamente en beneficios económicos, al eliminar las pérdidas y acortar el lead time.

El flujo continuo con pérdidas mínimas significa eliminar la sobre producción, lo que implica que se pueden estandarizar los elementos de

trabajo haciendo que la producción sea consistente y previsible al takt time. Entonces será necesario implantar un sistema “pull” para que dé instrucciones de lo que se debe producir. Finalmente, es necesario conseguir una producción nivelada para ajustarse a un flujo Lean.

Esto lleva a la última pregunta clave: ¿Qué mejoras de proceso son necesarias para que el mapa de valor añadido fluya como el diseñado en la situación futura? Desarrollar de repente un flujo continuo, un sistema “pull” y conseguir una producción nivelada, demanda variar los niveles de preparación del trabajo. Por ejemplo, antes de que se pueda alcanzar una producción nivelada, será necesario tener la habilidad de realizar change over rápidos. O antes de que se pueda conseguir que una línea de producción opere a su takt time, será necesario una alta capacidad y fiabilidad de los equipos.

Una vez determinados los cambios que se deben realizar, el value stream manager recoge esta información. Él es el responsable de desarrollar la visión de mejora, conseguir el flujo lean de la situación futura y liderar su implantación. Es importante asignar una



persona responsable, ya que este compromiso personal aumenta las posibilidades de que las propuestas se realicen correctamente y a tiempo. Las propuestas sin responsable tienden a quedarse en el aire y pueden no ser llevadas a cabo nunca.

En el caso en estudio, los pasos a seguir son:

1. Realización el estudio de mejora de la estación de inserción manual.
2. Modificación de las QPS.
3. Rebalanceo de operaciones.
4. Diseño de layout.

5. Traslado de los equipos de la célula final hasta la línea de SMD, eliminando así, la necesidad de pasar por el market place.
6. Validación de los equipos trasladados.
7. Mejora de los tiempos de ciclo.
8. Mejora de los tiempos de change over de toda la línea.
9. Disminución del inventario del almacén de materiales.

Para realizar estas modificaciones se dispone de tres meses y medio, ya que antes de llevarlas a cabo se ha realizado este estudio. Toda esta información queda recogida en un formato como el que aparece en el anexo A.14.

7.3. Desvelación.

Una vez fijados los cambios que hay que realizar, cuándo y quién los realiza hay que tener en cuenta que durante cierto tiempo, la línea estará funcionando a modo de prueba. Durante este tiempo, la línea está produciendo, pero su principal objetivo es comprobar si:

- existe flujo continuo en la línea,
- los operarios trabajan conforme a las QPS,
- el personal conoce el takt time, el volumen de producción, los problemas de la línea,
- si se cumple la producción,
- se ha reducido el inventario,
- todo el material está en el sitio adecuado,
- los dispositivos de presentación de materiales son adecuados o los operarios quedan demasiado lejos,

Este periodo de tiempo se conoce como *desvelación*. Durante este tiempo, en la línea ya se está produciendo, aunque bajo la supervisión del ingeniero encargado de la misma. En estos momentos, ajustarse al takt time no es importante, ya que el objetivo es asegurar un flujo continuo y consistente.

Los ingenieros y miembros del equipo deben observar el trabajo en la línea para descubrir más formas de mejorarla, y estimular además a los operarios para que también ellos recomienden lo que crean oportuno. Ingenieros y técnicos deben trabajar en la línea hasta que ésta funcione de acuerdo con lo diseñado.

Principalmente hay que fijarse en las actividades que aporten valor añadido, las que no lo aporten y las que provoquen pérdidas. Como se ha mencionado, esto es un proceso de mejora continua por lo que siempre hay que estar buscando la forma de eliminar las pérdidas y reducir los movimientos sin valor añadido. También se revisan y se comprueban los tiempos.

Otro factor importante es hacer acopio de material terminado antes de realizar los cambios en la línea de producción, ya que durante el periodo de desvelación, satisfacer las necesidades del cliente en cuanto a producción es un tema secundario.

7.4. Mantenimiento.

Una vez que el proceso ha sido desvelado el ingeniero y los técnicos abandonan el cuidado de la línea, dejándolo todo en manos de los operarios. Tras esto resulta muy fácil que, sin la dirección adecuada, la línea se descontrole, que acumule inventario, aparezcan operaciones que no

generan valor añadido, pérdidas, zonas de paso obstaculizadas... Por ello, es tan importante esta etapa de mantenimiento.

Una tarea esencial en el mantenimiento del flujo es el aseguramiento de la disponibilidad del material que viene de fuera de la línea. El retraso en la alimentación de material en la línea, se hace mucho más evidente en un proceso "lean", por tanto se hace más importante y, por tanto, más efectiva, la lucha contra él. La respuesta rápida a los problemas se convierte así en una de las características más evidentes y necesarias en la línea, de modo que es éste un punto donde es necesario centrar la atención.

Finalmente, se puede realizar nuevamente el estudio de tiempos con los datos reales de la línea. De esta forma, se podrá hacer una nueva comparación con los estudios de tiempos ya realizados, pudiendo así hallar una medida del éxito logrado. Como ya se mencionó el Mapa de Valor Añadido es una herramienta de mejora continua, ahora el estado actual es el implantado y se deben seguir buscando mejoras del mismo.

7.5. Seguimiento.

Finalmente, se puede realizar nuevamente el estudio de tiempos con los datos reales de la línea. De esta forma, se podrá hacer una nueva comparación con los estudios de tiempos ya realizados, pudiendo así hallar una medida del éxito logrado. Además se hace necesario realizar un seguimiento de la línea para evitar que se pierda el flujo continuo y resolver los problemas que puedan ir surgiendo.

Se establece un sistema por el cual se aseguran revisiones periódicas, en las que se repasan los tiempos de trabajo, las operaciones (elementos de trabajo), estado del flujo continuo, el balanceo... y cuantos

parámetros se quieran añadir. Estas revisiones quedan recogidas en el recuadro "VSPlan", como puede verse en el anexo A.10. También es aconsejable establecer un sistema de reuniones en el que se le haga un seguimiento formalizado al estado de la línea, detectando lo antes posible la desviación del proceso respecto al diseño.

Igualmente, el desarrollo de la mejora no debe concluir nunca. Todas las ideas sugeridas por cualquier empleado se deben tener en cuenta para estudiar su aplicabilidad. Siempre se puede seguir eliminando desperdicio, aumentando el porcentaje de operaciones con valor añadido, reduciendo los espacios ocupados y de desplazamiento, las esperas, los ciclos de las máquinas, la carga y descarga... Además, de forma habitual, los procesos sufren variaciones de todo tipo, originados por solicitudes del cliente, cambios en la demanda, variaciones en las máquinas desde el punto de vista técnico, variaciones en la fiabilidad de las máquinas...

Por último, un sistema de auditorías internas, supervisadas por el gerente del área, suponen el más efectivo sistema de control. No hace falta que tomen demasiado tiempo, pero es muy importante que formen parte del trabajo normalizado de los gerentes, para evitar que se queden a un lado ante temas no tan "importantes" pero sí más "urgentes". Además, siendo fiel a la filosofía Lean, es oportuno señalar que todos en la empresa, desde el operario hasta el gerente, están implicados en la mejora, desarrollo y optimización de las líneas de producción.

El éxito representa los esfuerzos combinados de cada persona comprometida con el proceso y para obtener este esfuerzo se necesita un plan para los operarios que quedan liberados de los procesos actuales. Las personas no apoyarán el flujo continuo y la mejora si ello los conduce a la pérdida de sus empleos.

Cuando la persona queda fuera de la línea necesita ir a otro trabajo en la planta tal como jefe de equipo o encargado de materiales. Una buena opción es derivar a los operarios a otras células que estén

introduciendo flujo continuo. Ubicar a gente experimentada en estos equipos les permite aplicar sus nuevas capacidades y ayudar a la compañía a ser aún más competitiva. Otra alternativa para los operarios es trasladarlos a equipos de mejora continua o a otros equipos que produzcan mejoras.

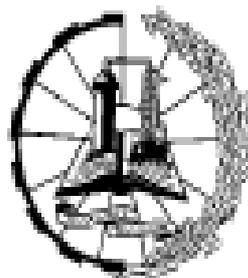
Reasignar a la gente de esta forma ayuda a la organización a darse cuenta que el propósito de mejorar es hacer que un proceso sea más eficaz y no despedir gente.



10. CONCLUSIONES.

Rediseño de un proceso de fabricación
integrado de componentes electrónicos
para automóviles.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



8. CONCLUSIONES.

Como se ha desarrollado a lo largo de todo este proyecto, el objetivo básico que se pretende es mejorar la producción mediante la reducción de pérdidas y la modificación del layout, utilizando como base los Principios de Lean Manufacturing.

Para llegar a estas conclusiones se realiza en primer lugar, un estudio en profundidad del área de trabajo. Este estudio consiste en observar detenidamente todo lo que se realiza en las líneas de producción. De esta forma, se va tomando la información necesaria para los posteriores estudios, y se descubren las primeras pérdidas. Una de las más importantes, y la que va a determinar una de las principales modificaciones, es el hecho de que la línea de SMD esté separada de la célula final. Además esto provoca la necesidad de un market place entre ambas, y en consecuencia, el transporte de las placas desde SMD hasta el market place, y después desde éste a la célula. Esto conlleva pérdidas de calidad de las placas, transporte de las mismas, desplazamiento de los operarios e inventarios. Durante esta etapa se rellenan las hojas de cronometraje (anexo A.6) que se utilizan como base para los siguientes estudios.

Una vez recogida la información y conocido perfectamente todo el proceso que sigue el producto, se está en condiciones de dibujar el Mapa de Valor Añadido de la Situación Inicial (Anexo A.2). En este dibujo, queda recogida toda la información obtenida en la etapa anterior. El Mapa de Valor Añadido se utiliza como una herramienta para determinar las posibles pérdidas que no se han detectado en el área de producción y como registro de las que sí se detectaron. Básicamente, con esta herramientas las pérdidas que se observan son:

- La existencia de inventario acumulado entre estaciones, y el market place entre la línea de SMD y la célula final.
- Los equipos tienen tiempos de ciclo muy diferentes, por tanto, es muy difícil su sincronización y la eliminación de

los inventarios que provocan. Además tiene tiempos de change over muy largos.

- El departamento de producción debe enviar diariamente la información de la producción diaria (schedule) a distintas áreas del proceso, ya que cada área de producción fabrica según su propio schedule. Esto provoca que dichas áreas puedan funcionar como procesos aislados y se pierda el flujo continuo.
- El lead time es muy elevado en comparación el tiempo de valor añadido. Es decir, que el producto tiene un tiempo de producción demasiado elevado, cuando el tiempo que se le dedica a lo que realmente el cliente determina como característica que aporta valor es muy pequeño.

Lead Time	135,7 horas
Tiempo valor añadido	375,64 seg.

Además de el Mapa de Valor Añadido se utiliza el formato de Control de Producción (anexo A.7), aunque para ello es necesario calcular previamente el takt time. El takt time (anexo A.6) es uno de los parámetros más importantes para este estudio, ya que todas las operaciones que se realizan deben ajustarse a él. Este parámetro indica el ritmo que debe llevar la producción para obtener lo que nos exige el cliente. En este caso, el takt time son 46,1 segundos, es decir cada 46,1 segundo debemos obtener un módulo.

El formato de Control de Producción, anteriormente mencionado, indica principalmente:

- si el número de operarios que existen en la célula final son los correctos para la producción requerida;

- qué equipo es el cuello de botella y si el resto de máquinas tienen capacidad suficiente para nuestro volumen de producción;
- y si las actividades que se realizan están correctamente distribuidas, es decir, si la célula está bien balanceada.

Así se determina que en la célula final hay dos operario más de los que en teoría son necesarios, aunque realmente después se comprueba con el Yamazumi, que según está distribuida la célula, no es suficiente con tener dos operarios, son necesarios tres para que esté bien distribuida la carga de trabajo. Esto es una pérdida importante, ya que si la célula estuviese bien organizada podríamos ahorrarnos el trabajo de dos personas.

En cuanto a los equipos, se determina que dos de las tres máquinas de soldadura selectiva de la célula trabajan muy por encima del takt time, al igual que los tres tester. Además, estas máquinas de soldadura provocan al operario excesivos desplazamientos.

La solución para estos equipos es bien distinta, ya que los tester trabajan algo por encima del takt time, pero lo hacen en paralelo y por tanto, no son realmente un problema. La solución para las selectivas es eliminar dos de ellas y dejar sólo la que trabaja al takt time, ya que además de este problema, nos crean inventario porque la siguiente estación no puede absorber todas las placas que producen.

En cuanto al Yamazumi, se observa que los tres operarios propuestos para esta distribución en la célula, trabajarían por debajo del takt time y que es el tercero el que tiene menos carga de trabajo. Esto es lo mejor, puesto que si en algún momento ocurre algún imprevisto este operario podría realizar más operaciones de las que realiza actualmente.

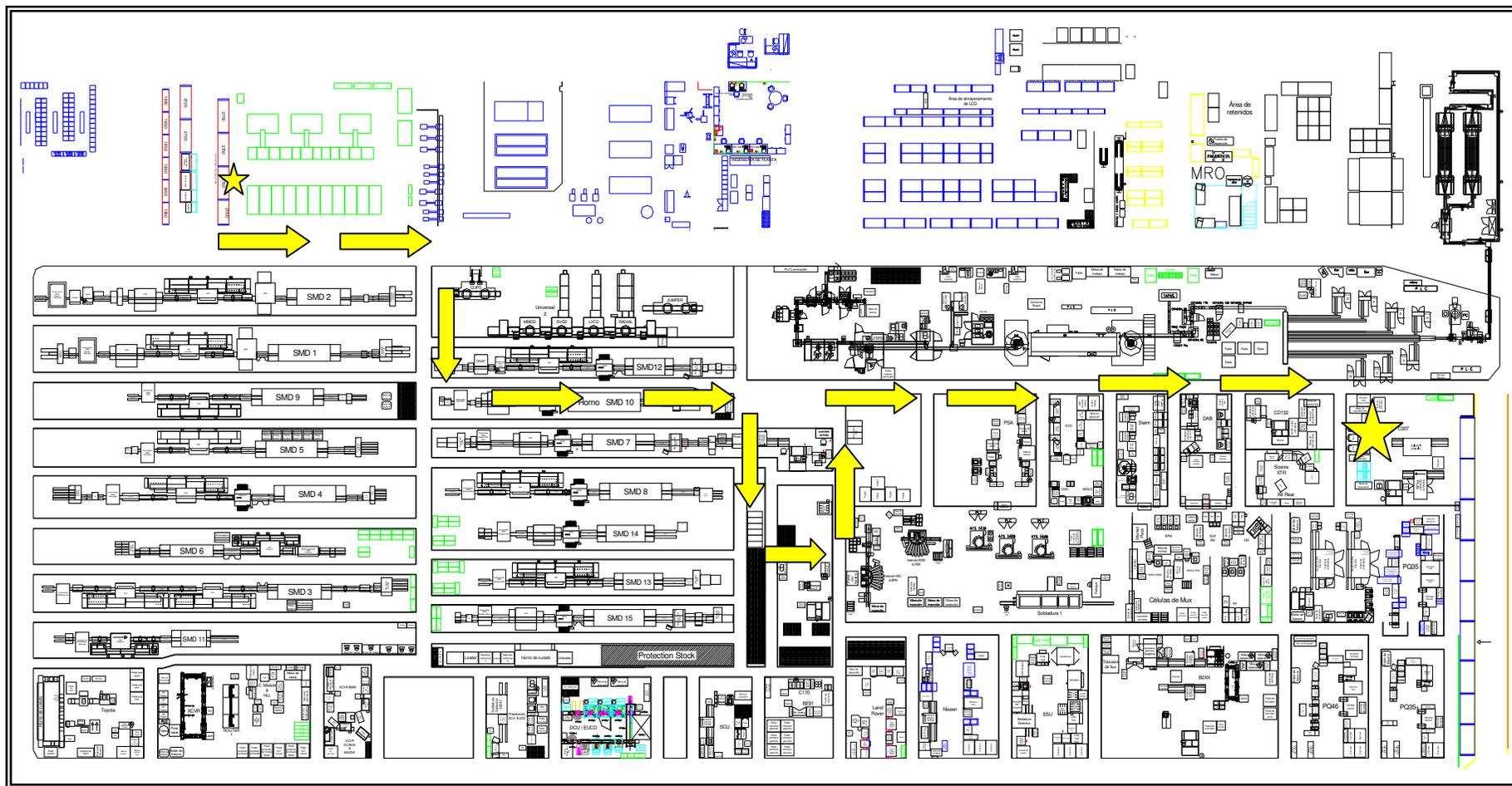
A pesar de todo, se comprueba como existe una gran cantidad de tiempo dedicado a actividades que no aportan valor añadido al

producto y gran cantidad de esperas, factores que es importante disminuir en lo posible. Como consecuencia, se obtiene un valor del desbalanceo del 35,16 %, es decir, que el 35,16 % del tiempo que los operarios están trabajando, se desaprovecha en operaciones que no aportan valor al producto.

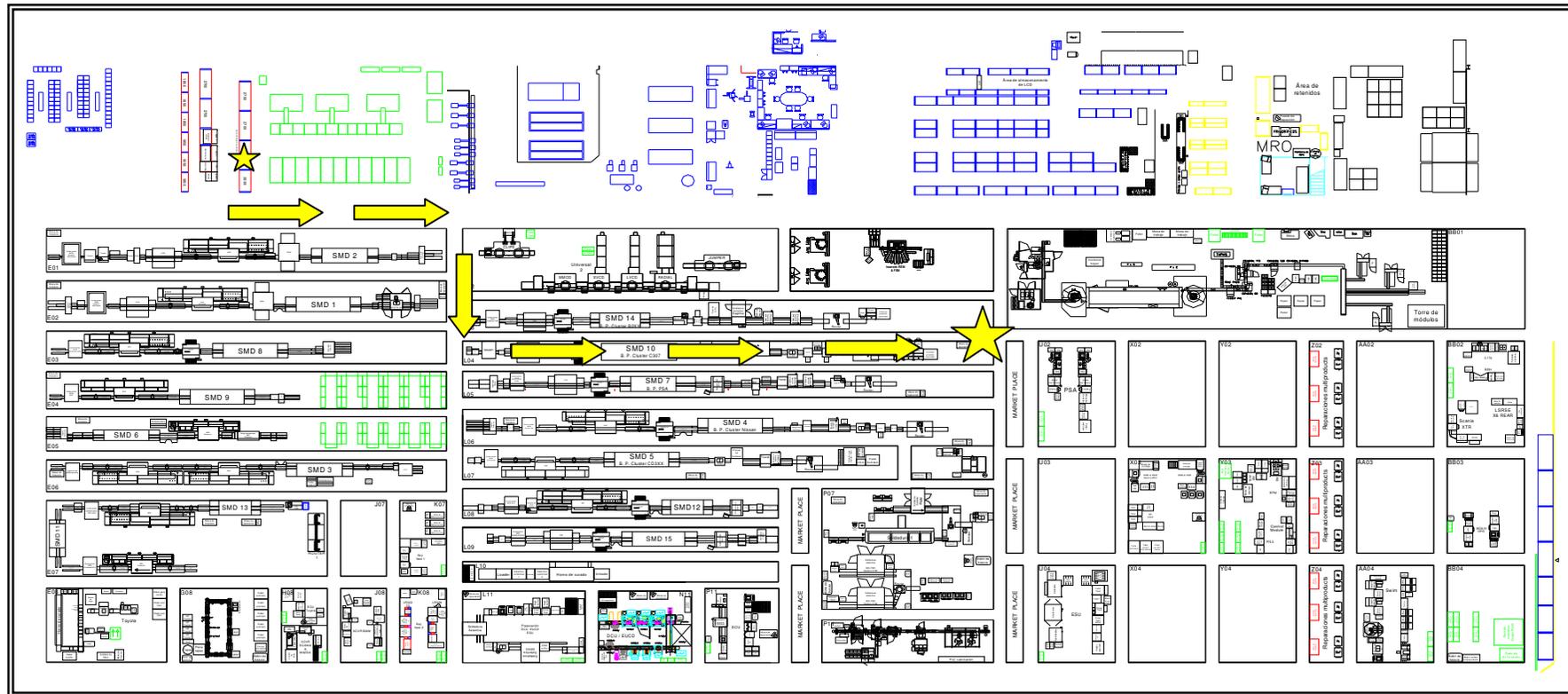
Hasta ahora se han detectado pérdidas por inventario, esperas, desplazamientos, transporte y sobreproducción, llevando a la pérdida del flujo continuo. Teniendo todo esto en cuenta, se dibuja el Mapa de Valor Añadido de la Situación Propuesta (anexo A.13), en el que el cambio principal es la modificación del layout. Se propone que en lugar de estar separada la línea de SMD y la célula final, éstas se unan en una sola línea de producción como pueden verse en la figura adjunta.

Para esta modificación de la línea de producción básicamente se han cambiado de lugar los equipos. Las diferencias que existen son que la router se ha cambiado por una que no se utilizaba en la planta y que no necesita que la carguen y la descarguen manualmente, y se han eliminado las dos selectivas mencionadas anteriormente. Con estas modificaciones y uniendo los equipos mediante conveyor, se consigue disminuir el número de operarios porque eliminamos la necesidad de algunos equipos de que lo carguen y descarguen manualmente.

Además con esta mejora se eliminan las pérdidas por transporte de placas, que provoca pérdidas de calidad en el producto, y desplazamiento de operarios, además ganamos espacio, algo muy importante desde el punto de vista económico, como se ha comprobado a lo largo del estudio.



Situación Actual



Situação Proposta

Una vez definida cuál va a ser la situación futura a la que se quiere llegar, se utiliza el formato Preparación de Placas (anexos A.8 y A.13). Se trabaja con un formato para cada situación, con la finalidad de hacer una comparación de ambas situaciones y comprobar fácilmente las mejoras propuestas. Este formato se distingue de los anteriores, porque ofrece un punto de vista económico, no sólo de los tiempos, los equipos utilizados y los operarios que trabajan en la línea de producción.

En el formato de la Situación Propuesta se recogen todas las mejoras a realizar:

- ✓ Eliminación del market place al unir la línea de SMD y la célula, lo que elimina las pérdidas de calidad debidas al transporte de las placas.
- ✓ Disminución de los tiempos de ciclo de las máquina de soldadura selectiva, ICT, programadora, router, empaquetado final e inserción manual.
- ✓ Disminución del número de operarios, se pasa de siete operarios a tres.
- ✓ Disminución de los change over.

De esta forma, se comprueba mediante las gráficas de este formato y los valores ofrecidos, que estas modificaciones ofrecen ventajas económicas, además de las anteriormente citadas, como se comprueba en el capítulo “8. ANÁLISIS FINANCIERO”.

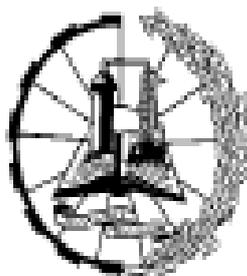
Por último, al dibujar el Mapa de Valor Añadido de la Situación Futura (anexo A.12), se comprueba como el lead time también ha disminuido, y como ya se mencionó, la reducción del lead time hasta el mínimo posible conlleva la disminución de costes, plazo de entrega y aumento de la calidad, los tres elementos clave de la competitividad industrial.



10. ANÁLISIS FINANCIERO.

Rediseño de un proceso de fabricación
integrado de componentes electrónicos
para automóviles.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



9. ANÁLISIS FINANCIERO.

Para realizar el análisis financiero de las mejoras propuestas al proceso de producción se puede utilizarnos el estudio comparativo entre la situación actual y la propuesta. Los datos de este estudio se obtienen del formato “Preparación de placas” estudiado en capítulos anteriores. Este formato ofrece la información representada en la tabla 1:

	Operarios	CWS	Producción	Coste producción
Situación Actual	6,65	0,159	33 mód /h	1,59 €
Situación Futura	3	0,044	135 mód /h	0,76 €

Tabla 1.

Como puede observarse el primero de los parámetros indicados en la tabla es el número de operarios. Como ya se explicó, el número de operarios es un factor muy importante desde el punto de vista económico, pero también hay que considerarlos como una buena fuente de información para la empresa. En este caso, la disminución de este factor nos va a proporcionar un ahorro importante, como se verá a continuación.

El siguiente parámetro es el CWS (Current Work Standard). Este parámetro indica el total de carga de trabajo que existe en la línea o célula de producción, incluyendo además las operaciones productivas, las esperas a ciclos automatizados, las operaciones no cíclicas, los tiempos de descanso y las disponibilidades de las máquinas.

Este parámetro se modifica cada vez que cambia el proceso productivo, sirviendo de guía al BWS en sus revisiones anuales. El BWS (Budgeted Work Standard) es un parámetro que se calcula de igual forma que el CWS, con la diferencia de que se actualiza anualmente y sirve para

hacer los presupuestos. En este caso, se utiliza el CWS porque es el valor con el que normalmente se trabaja. Como se puede observar el valor de la situación futura es muy inferior al actual, es decir la situación propuesta tiene una carga de trabajo mucho menor. Por tanto, para producir la misma cantidad de producto se necesita menos tiempo, y esto ofrece una ventaja económica.

El siguiente parámetro es la producción, que aparece expresada como módulos producidos/ hora. Este parámetro está relacionado con el anterior, cuanto menos cargada esté la línea de producción significa que podemos producir más de lo que se está produciendo o que se puede producir lo mismo en un tiempo menor.

En este caso, en la tabla anterior se puede observar como la producción pasa de 33 módulos en una hora a 135 módulos. Esto lleva al último de los parámetros recogidos en la tabla, el coste de producción.

El coste de producción se obtiene a partir del CWS y lo que cuesta una hora de producción. Como puede observarse en la tabla 1, este valor disminuye bastante en la situación propuesta, a pesar de que el coste de producción es mayor en ésta (10 € en la situación inicial y 17 € en la futura). Realmente, estos valores no se expresan por hora , ya que no se aprecia bien el rango de diferencia, sino como €/día.

$$\text{Coste producción} = \text{CWS} \times \text{coste 1 hora producción}$$

$$\text{Coste de producción} = 0,159 \times 10 \text{ €} = 1,59 \text{ € (precio de un módulo)}$$

Este valor multiplicado por 24 horas y por los módulos producidos al día, nos da el coste de la producción diaria para la situación actual:

$$1,59 \text{ €} \times 24 \text{ h} \times 302 \text{ módulos/ día} = 11524,32 \text{ € /día}$$

En el caso de la situación futura los cálculos son los mismos, obteniéndose los siguientes resultados:

	Coste diario producción
Situación Actual	11524,32 €/día
Situación Propuesta	7827,24 €/día
Ahorro económico	3697,08 €/día

Como se puede observar se obtiene un ahorro de diario de 3697,08 € para una producción de 302 módulos, es decir, se consigue un ahorro del **32,1 %**.

Para determinar en cuanto tiempo se va a recuperar el dinero invertido en esta mejoras consideramos:

➤ **Inversión:**

Movimiento de material y equipos según layout:

Material		Coste unit.	Coste
6	Conveyor 500mm	1500 €	9000 €
2	Rotador reutilizado	0 €	0 €

Instalación	Horas hombre	Cualificación	Precio/hora	Coste
Conveyor nuevo	15	Técnico	21 € / hora	315 €
Rotador reutilizado	10	Técnico	21 € / hora	210 €
Movimientos de equipos	180	Técnico	21 € / hora	3780 €
Movimientos de equipos	90	Ingeniero	30 € / hora	2700 €
Validación	30	Técnico	21 € / hora	630 €

TOTAL: 16.635 €

➤ **Gasto continuo:**

		Coste
		0 €

TOTAL: 0 €

➤ **Ahorro directo:**

Espacio liberado		Precio m ²	Ahorro
20	Metros cuadrados liberados	600 €	12.000 €

TOTAL: 12.000 €

➤ **Ahorro continuo:**

Producción		Precio / día	Días laborables	SS e imp.	Precio / año
3.65	Operarios	60 € / día	226	30 %	64.342 €

TOTAL: 64.342 €

Sabiendo que la inversión se calcula como:

$$Inversión = Ahorro\ directo + (Ahorro\ continuo - Gasto\ continuo) \times Tiempo$$

El tiempo para recuperar el dinero invertido será:

$$Tiempo = \frac{Inversión - Ahorro\ directo}{Ahorro\ continuo - Gasto\ continuo}$$

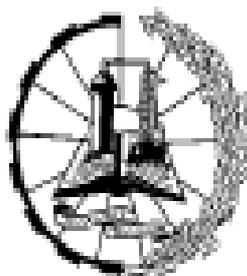
Tiempo = 0,072 años \cong **1 mes**



10. ANEXOS.

Rediseño de un proceso de fabricación
integrado de componentes electrónicos
para automóviles.

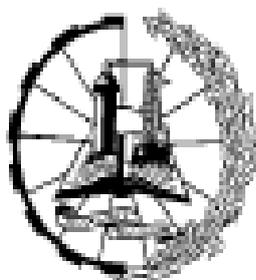
Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.





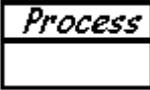
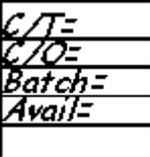
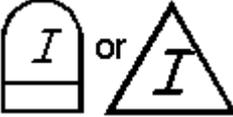
ANEXO A.1. Iconos del VSM.

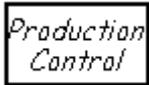
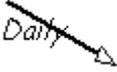
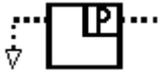
Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



A.1. Iconos del VSM.

Aquí se recogen algunos de los iconos más utilizados en el VSM.

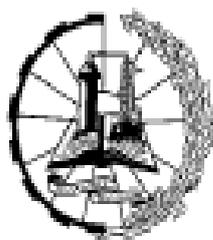
 <p>Proveedor/Cliente</p>	<p>Este icono representa al proveedor cuando se dibuja en la esquina superior izquierda, el punto de partida generalmente para el flujo de material.</p> <p>Representa al cliente cuando está colocado en la esquina superior derecha, el punto final generalmente para el flujo de material.</p>
 <p>Caja de proceso</p>	<p>Este icono es un proceso, una operación, una máquina o un departamento.</p>
 <p>Caja de datos</p>	<p>Este icono se dibuja debajo de las cajas de proceso y contienen la información más importante requerida para analizar y observar el sistema.</p> <p>La información típica en una caja de datos es: C/T (tiempo de ciclo), n C/O (tiempo de change over) , número de turnos diarios, valores de FTT.</p>
 <p>Célula</p>	<p>Este símbolo indica que los procesos múltiples están integrados en una fabricación en célula y en ellas se procesan generalmente una familia limitada de productos similares o de un solo producto. El producto se mueve a través de las distintas estaciones en pequeños lotes o por unidad.</p>
 <p>Inventario</p>	<p>Este icono representa el inventario existente entre dos procesos. La cantidad se coloca bajo el icono.</p>
 <p>Envíos</p>	<p>Este icono representa el movimiento de materias primas de los proveedores hasta la recepción en la fábrica, o el envío de producto acabado a los clientes</p>
 <p>Sistema Push</p>	<p>Este icono representa "empujar" del material a partir de un proceso al proceso siguiente. El empuje significa que un proceso produce algo sin importar las necesidades inmediatas del proceso en sentido descendiente.</p>
 <p>Supermercado</p>	<p>Esto es un inventario "supermercado" (kanban). Como en un supermercado, un inventario pequeño está disponible y unos o más clientes vienen al supermercado a seleccionar lo que necesitan.</p> <p>Cuando el flujo continuo no es posible, y el proceso trabaja por lotes, un supermercado reduce inventario.</p>

 <p>Tirón Material</p>	<p>Los supermercados se conectan con los procesos mediante este icono del "tirón" que indica el retiro físico del material.</p>
 <p>Inventario de Seguridad</p>	<p>Este icono representa un inventario de seguridad utilizado contra problemas tales como tiempo muerto, para proteger el sistema contra fluctuaciones repentinas en pedidos del cliente o fallos del sistema. Este icono es cerrado en todos los lados. Se utiliza como algo temporal, no un almacenamiento permanente.</p>
 <p>Envío Externo</p>	<p>Envíos de proveedores o a los clientes usando transporte externo.</p>
 <p>Control de Producción</p>	<p>Esta caja representa un departamento central o de control de la producción.</p>
 <p>Información manual</p>	<p>Una flecha recta fina demuestra el flujo general de la información transmitida mediante notas, informes, o de la conversación.</p>
 <p>Inf. electrónica</p>	<p>Esta flecha doblada representa un flujo electrónico de información, como intercambio de datos a través de la intranet.</p>
 <p>Producción Kanban</p>	<p>Este icono acciona la producción de un número predefinido de piezas. Señala un a proceso, el proveedor para que proporcione piezas a otro proceso.</p>
 <p>Retiro Kanban</p>	<p>Este icono representa una tarjeta o un dispositivo que manda a un operario transferir piezas del supermercado al proceso receptor. El operario va al supermercado y retira los artículos necesarios.</p>
 <p>Tarjeta Kanban</p>	<p>Representa una localización donde las señales kanban permanecen para ser recogidas.</p>
	<p>Reunión de la información con medios visuales.</p>

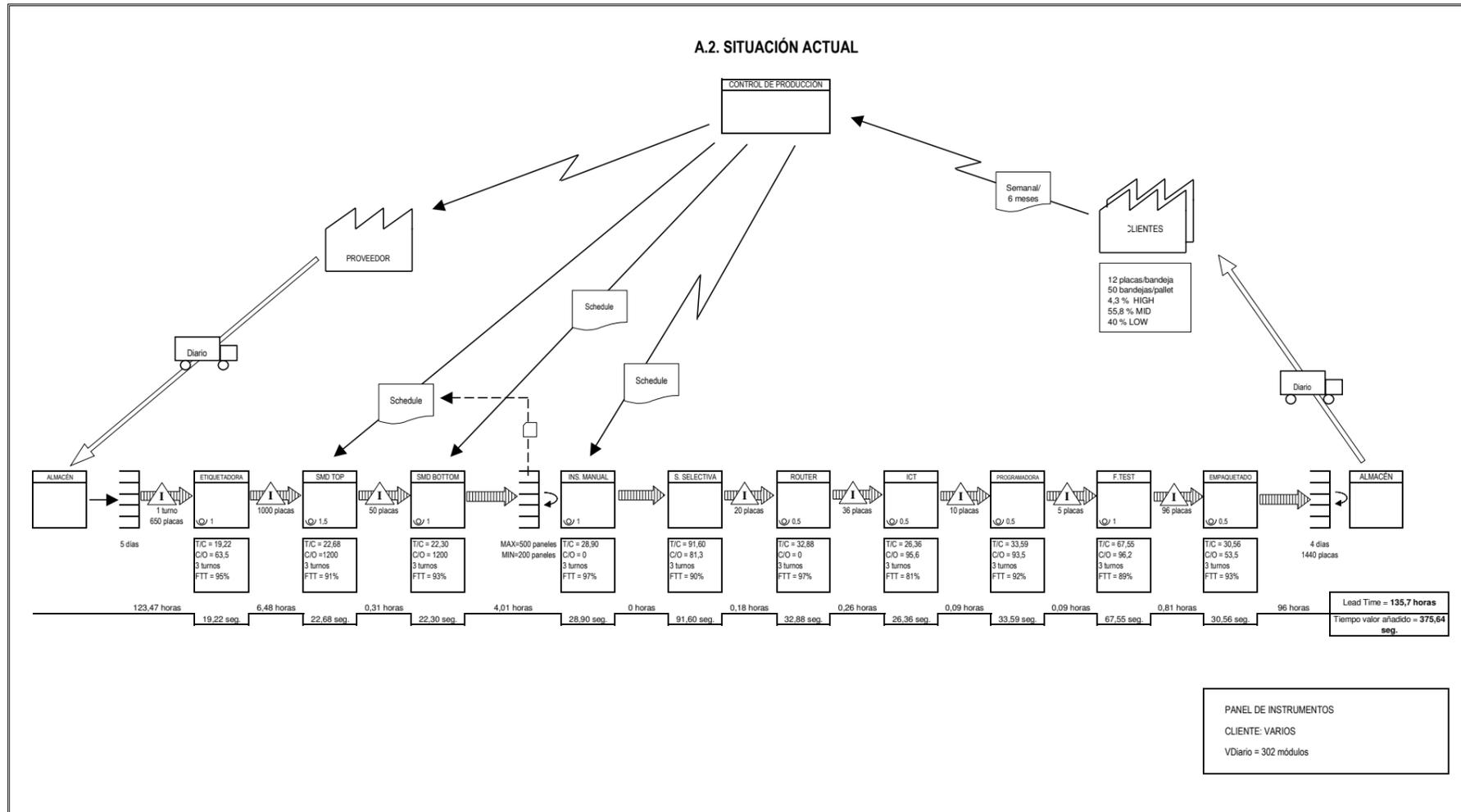


ANEXO A.2. ASM.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



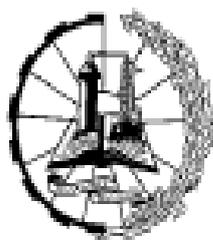
A.2. SITUACIÓN ACTUAL

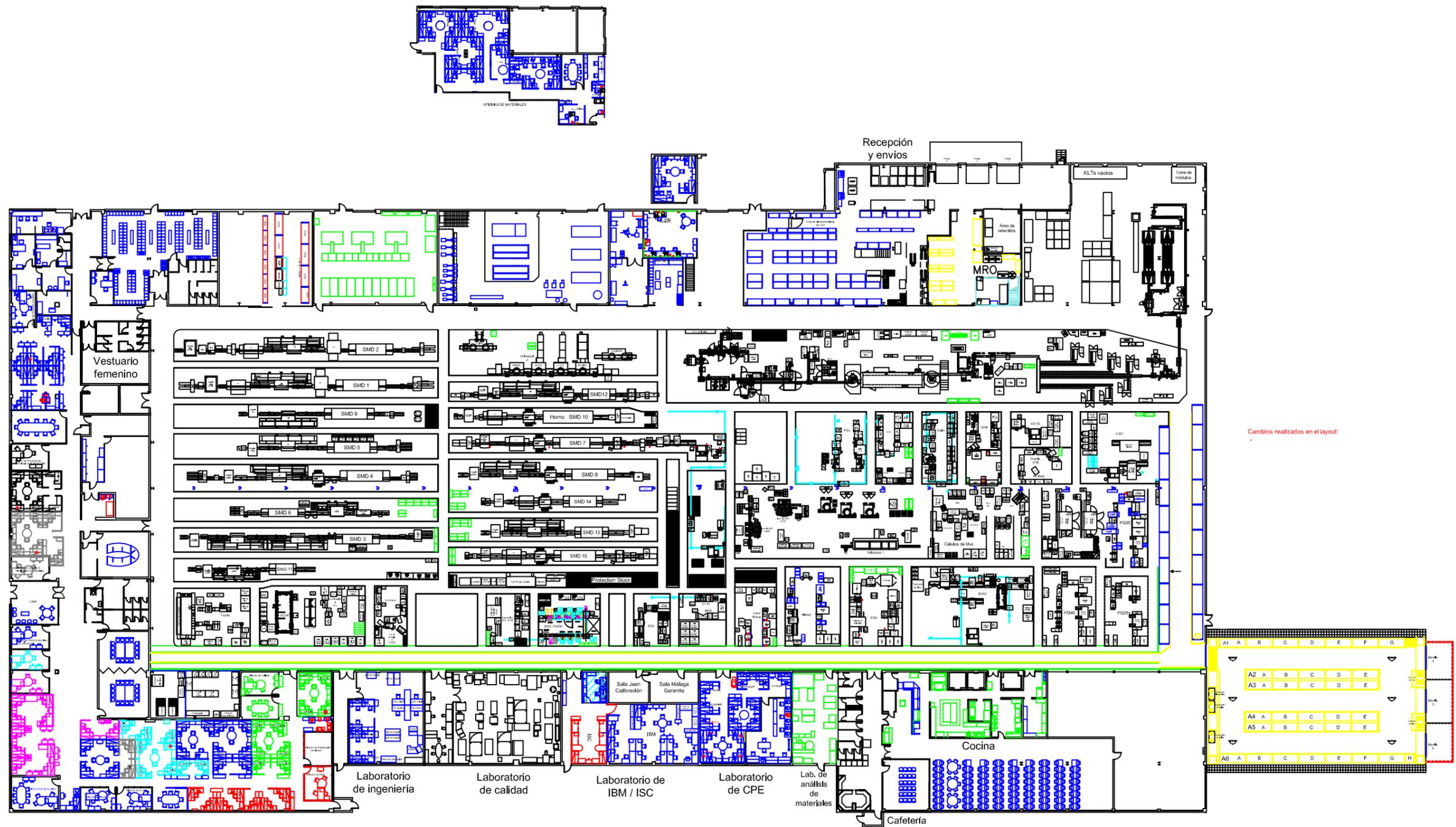




ANEXO A.3. Layout Actual.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.





Cambios realizados en el layout:

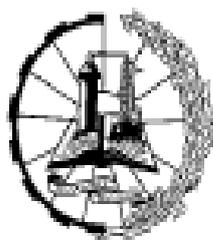
REFERENCE			
PART MUST COMPLY WITH MATERIAL SPECIFICATION WSS-M99P9999-A1 TO HELP SAFEGUARD HEALTH, SAFETY AND THE ENVIRONMENT DRAFTED IN ACCORDANCE WITH FORD ENGINEERING CAD AND DRAFTING STANDARDS CURRENT AT INITIAL RELEASE			
			3RD ANGLE PROJ DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
CAD TYPE	CAD LOC.	CAD File	MASTER IS MASTER
OPER. NO	UNIT	DRAWING	
DESIGN M. Palma	DETAIL	TITLE Layout oficial	SHT 1 OF 1
CHECKED	SAFETY		
SCALE 1: 350	DATE	DIVISION INTERIOR SYSTEMS	

RW SIZE A3/A

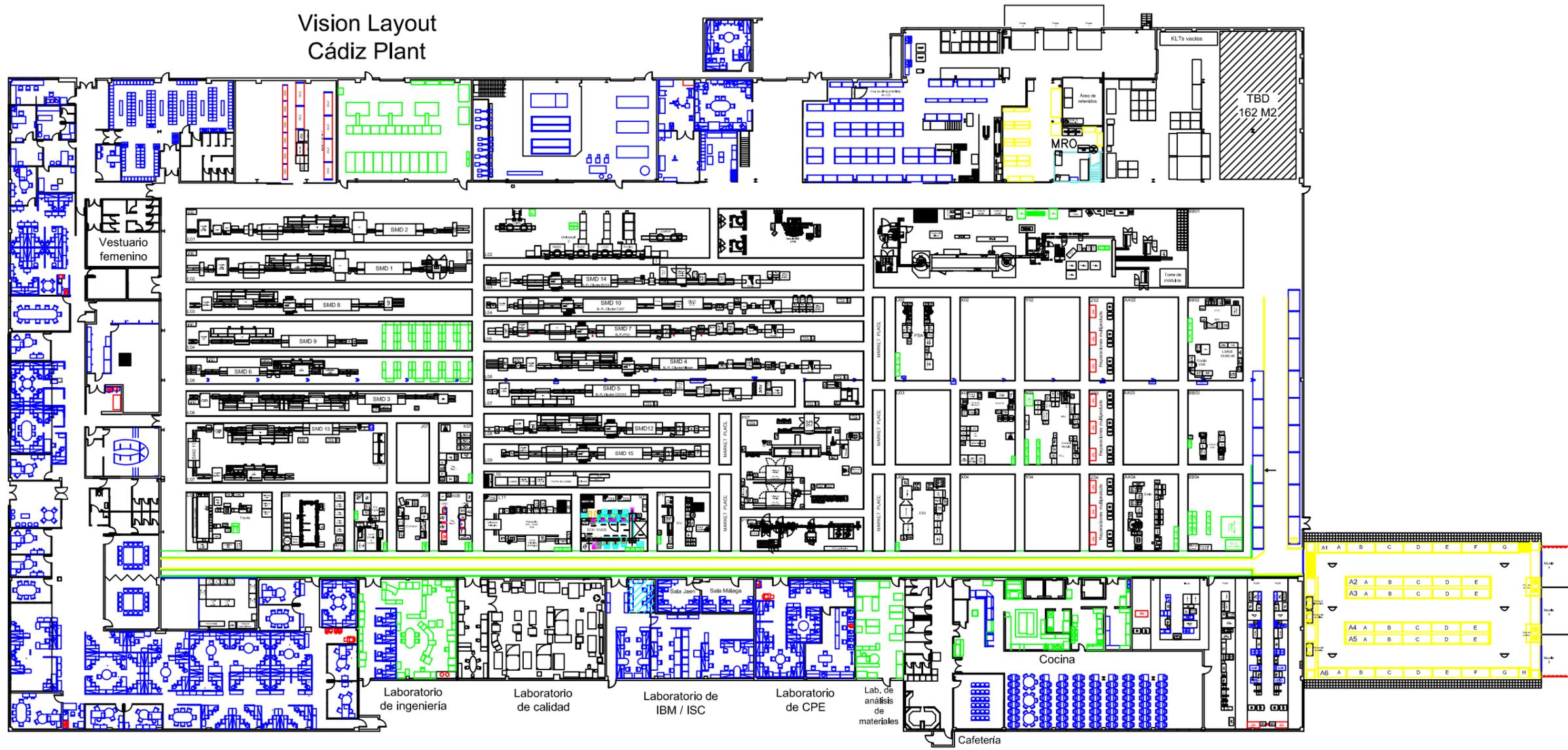


ANEXO A.4. Layout Futuro.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



Vision Layout Cádiz Plant



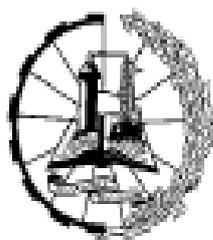
REFERENCE VIS0001			
CAD TYPE	CAD LOC.	CAD FILE	MASTER
		Layout para aprobar.dwg	IS MASTER
OPER. NO	UNIT	DRAWING	
		Layout visión CESA	
DESIGN	DETAIL	TITLE	SHT 1 OF 1
		Layout visión CESA	
CHECKED	SAFETY		
SCALE 1:200	DATE	DIVISION INTERIOR SYSTEMS	
		PLANT CÁDIZ	

DRW SIZE A0/E



ANEXO A.5. Takt time.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



A.5. CALCULO TAKT TIME
PRODUCTO: Panel instrumentos

Volumen de fabricación (Anual)	26.000 mod./año
Volumen de fabricación (Semanal)	605 mod./semana
Volumen de fabricación (Diario)	302 mod./día

Numero de turnos por día	1 turno (s)
Días producción x semana	2 día (s)

Horas de Producción	1 turno	15,50 horas
	2 turnos	31,00 horas
	3 turnos	45,50 horas
Número de horas disponibles por célula y semana		

Parada semanal (minutos):	
Mantenimiento Semanal	90,0 min.
Parada técnica Semanal	375,0 min.
Tiempo total paradas semanales planificadas	465,0 min.

Takt Time	=	$\frac{27.900 \text{ seg./semana}}{605 \text{ mód./semana}}$	=	46,1
				seg/mód

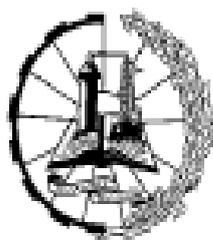
Persona que genera el documento:
 Jose López

Datos procedentes de:
 Cronometraje Jul-05



ANEXO A.6. Hojas de cronometraje.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



A.6.1. HOJA DE CRONOMETRAJE

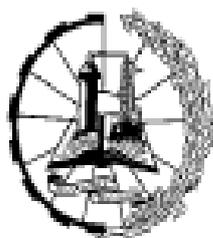
LÍNEA: Panel	PRODUCTO: Panel instrumentos. HIGH	ASSEMBLY:	CÓDIGO: JCH
NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Célula Final	PWB: 2PxP	FECHA: 28/10/2005	
NOMBRE DEL EQUIPO: Célula Final	ESTUDIADO POR: Jose López		

Nº EL.	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	AUT MAN	HORA	ESPECIALISTA	TIEMPO OBSERVADO					DIV	MEDIA AUT	MEDIA MAN	F.A.	C.R.	MANUAL TN	OEE	AUTOMA TN	n
					1	2	3	4	5									
	Inserción Manual																	0
1	Coger Panel y colocarlo en Fixture	M		Operador	5,64	4,99	5,13	5,72	5,91	2		2,74	100%	7%	2,93			7
2	Coger y colocar 4+4 motores sobre el panel	M		Operador	16,87	18,81	18,57	18,41	16,71	2		8,94	100%	7%	9,56			4
3	Prensa	A			6,31	6,18	6,91	6,87	7,03	2	3,33					95%	3,51	4
4	Coger y colocar 1+1 conector sobre el panel	M		Operador	5,98	5,82	5,52	6,66	6,38	2		3,04	100%	7%	3,25			7
5	Coger y colocar 1+1 MOV sobre el panel	M		Operador	7,75	7,00	6,43	7,11	6,90	2		3,52	100%	7%	3,77			6
6	Coger y colocar 1+1 zumbador sobre el panel	M		Operador	9,82	8,87	10,10	8,63	8,81	2		4,62	100%	7%	4,95			7
7	Colocar Panel en Conveyor de Sold. Selectiva	M		Operador	5,10	4,94	5,55	5,97	5,56	2		2,71	100%	7%	2,90			7
	Soldadura Selectiva																	0
8	Soldadura Selectiva Ruby	A			162,39	162,84	163,00	162,35	163,09	2	81,37					85%	95,73	0
9	Soldadura Selectiva Seho	A			64,31	63,57	64,13	64,06	64,00	2	32,01					85%	37,66	0
10	Soldadura Selectiva Topaz	A			182,98	183,20	183,52	183,12	183,20	2	91,60					85%	107,77	0
	Router																	0
11	Descarga y Carga Router	M			14,00	11,88	17,12	18,46	19,29	2		8,08	85%	7%	7,34			48
12	Router	A			48,13	50,13	49,87	49,91	50,03	2	24,81					90%	27,56	0
	ICT (2 nidos)																	0
13	Descarga / Carga ICT y lectura	M		Operador	26,35	27,00	26,15	26,34	26,59	2		13,24	100%	7%	14,17			0
14	ICT	A			12,92	13,25	13,48	13,59	12,91	1	13,23					85%	15,56	1
	Programadora (2 nidos)																	0
15	Descarga y carga en programadora	M		Operador	20,42	21,38	19,59	19,28	20,42	2		10,11	85%	7%	9,20			2
16	Programadora	A			23,44	23,38	23,00	23,31	23,75	1	23,38					85%	27,50	0
	Final Test																	0
17	Inspección, descarga y carga de Final Test	M		Operador	19,88	20,94	20,84	19,51	19,72	2		10,09	85%	7%	9,18			1
18	Final Test 60A	A			57,62	57,55	57,22	57,22	57,83	1	57,49					85%	67,63	0
19	Final Test 60B	A			55,23	55,32	53,62	52,54	53,47	1	54,04					85%	63,57	1
20	Final Test 60C	A			57,81	57,50	57,36	57,26	57,97	1	57,58					85%	67,74	0
21	Inspeccionar módulos (inspección de ejes)	M			9,07	11,16	10,53	12,31	10,09	12		0,89	100%	7%	0,95			17
	Final Pack																	0
22	Leer 12 placas, cerrar bandejay dejar en pallet	M			30,35	30,54	28,27	31,13	32,50	12		2,55	100%	7%	2,72			3



ANEXO A.7. Control de producción.

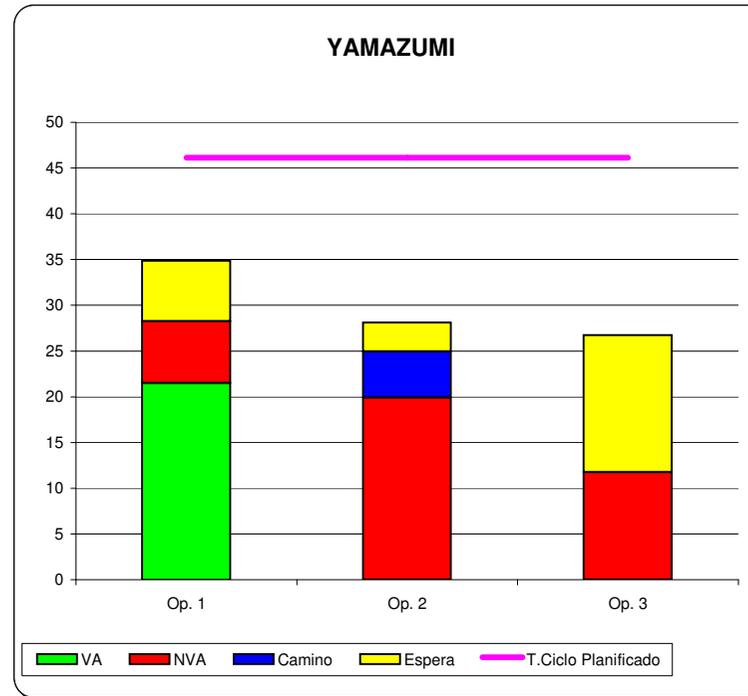
Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



A.7. YAMAZUMI

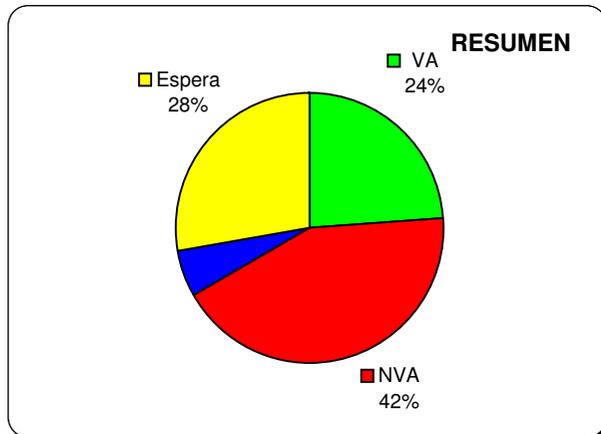
Fecha:
Sept. 2006

	Op. 1	Op. 2	Op. 3	TOTAL
VA	21,50			21,50
NVA	6,77	19,93	11,75	38,44
Camino		5,00		5,00
Espera	6,62	3,20	14,99	24,81
Total	34,88	28,13	26,74	89,75
T.Ciclo Planificado	46,1	46,1	46,1	



**Rellenar sólo el título.
El resto de celdas se
rellenarán automáticamente
cuando estén completas el
resto de hojas del estudio**

El valor de desbalanceo aquí mostrado indica el grado de desaprovechamiento del tiempo de los trabajadores de que se dispone

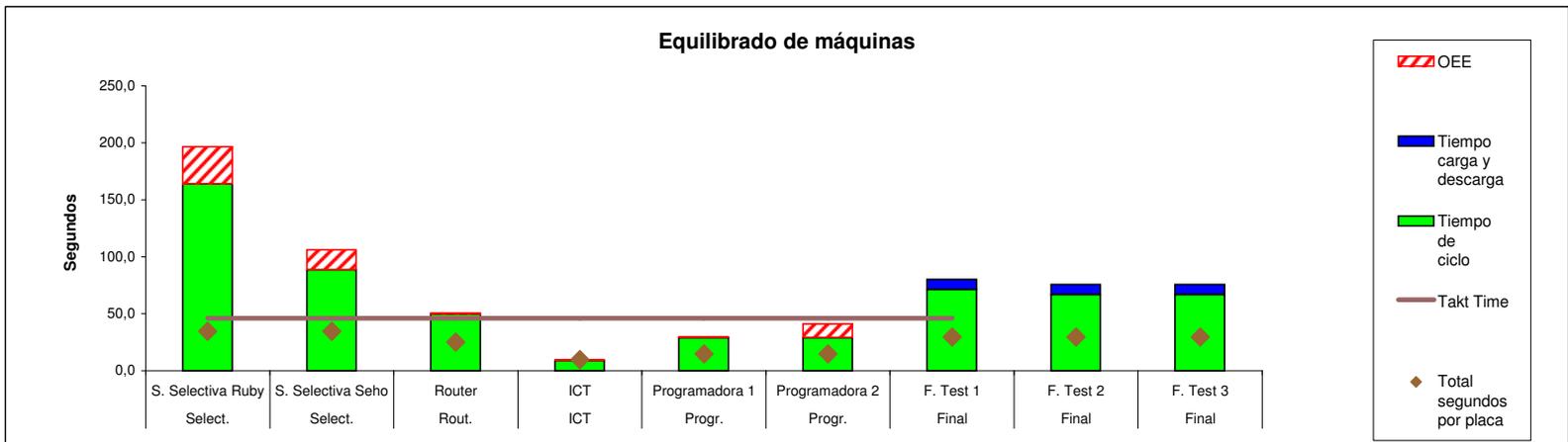


Nº operarios = **3**
%Desbalanceo real = **35,16%**

A.7. EQUILBRADO DE MÁQUINAS

Takt Time	46,1 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	302 mod./día	
Tiempo disponible diario	13950 seg.	1 turnos

Operación	Equipo/Máquina	Número de máquinas	Tiempo de ciclo	Tiempo carga y descarga	Nº placas por ciclo	Pérdidas por OEE	Tiempo de ciclo medio	Número de placas por hora por Máq	Total placas por hora	Total segundos por placa	Máxima capacidad diaria (sin OEE)
Select.	S. Selectiva Ruby	1	164,0	0,0	2	20%	196,75	37	104	34,50	323 mod.
Select.	S. Selectiva Seho	1	88,6	0,0	2	20%	106,27	68	104	34,50	323 mod.
Rout.	Router	1	49,6	0,0	2	5%	50,52	143	143	25,26	
ICT	ICT	1	9,0	0,0	1	10%	9,90	364	364	9,90	1268 mod.
Progr.	Programadora 1	1	29,0	0,0	1	2%	29,58	122	243	14,79	924 mod.
Progr.	Programadora 2	1	29,0	0,0	1	2%	29,58	122	243	14,79	924 mod.
Final	F. Test 1	1	71,1	9,0	1	15%	92,16	39	121	29,67	400 mod.
Final	F. Test 2	1	66,8	9,0	1	15%	87,85	41	121	29,67	400 mod.
Final	F. Test 3	1	66,8	9,0	1	15%	87,20	41	121	29,67	400 mod.



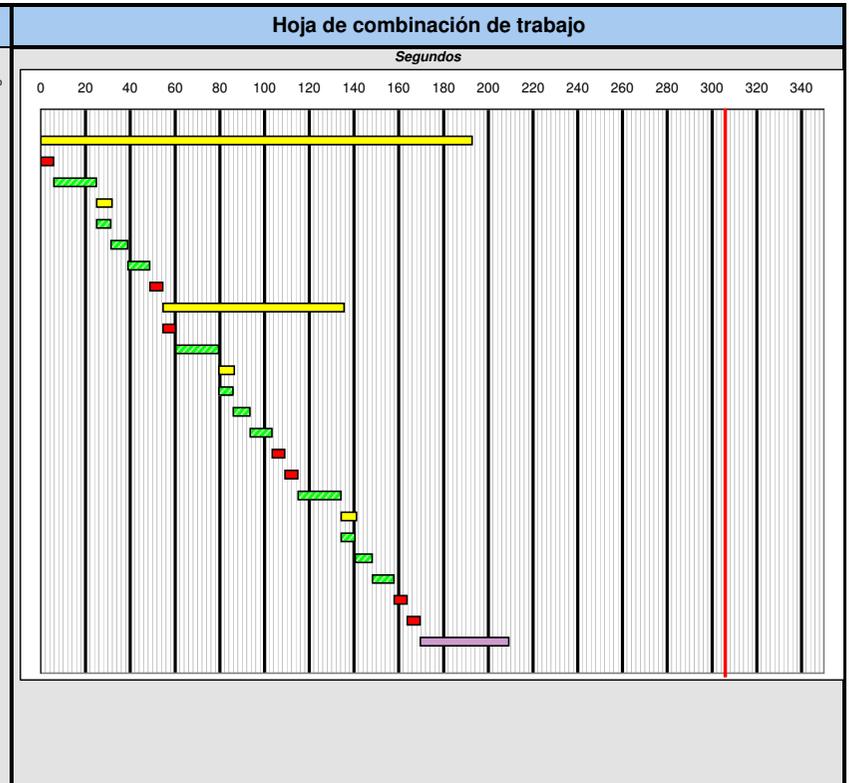
Rellenar sólo las celdas amarillas. Las celdas blancas se completan automáticamente.

OEE	Takt Time
32,79	46,1
17,71	46,1
0,90	46,1
0,58	46,1
0,58	46,1
12,02	46,1
11,37	46,1

Tiempo de ciclo planificado (placa)	46,1 seg. mód.
Nº placas/ciclo	6,0
Tiempo de ciclo planificado (operario)	276,9 seg. mód.

Tiempo operativo:	13950 segs	1 turnos	3,9 H
-------------------	------------	----------	-------

ACTIVIDADES CÍCLICAS		CATEGORÍAS					Tiempo total
		(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera	
1	Soldadura Selectiva Ruby			192,9			
1	Coger Panel y colocarlo en Fixture		5,8				5,8
2	Coger y colocar 4+4 motores sobre el panel	19,2					25,0
3	Prensa			7,0			25,0
4	Coger y colocar 1+1 conector sobre el panel	6,4					31,4
5	Coger y colocar 1+1 MOV sobre el panel	7,6					39,0
6	Coger y colocar 1+1 zumbador sobre el panel	9,8					48,8
7	Colocar Panel en Conveyor de Sold. Selectiva		5,8				54,6
8	Soldadura Selectiva Seho			81,1			54,6
9	Coger Panel y colocarlo en Fixture		5,8				60,4
10	Coger y colocar 4+4 motores sobre el panel	19,2					79,6
11	Prensa			7,0			79,6
12	Coger y colocar 1+1 conector sobre el panel	6,4					86,0
13	Coger y colocar 1+1 MOV sobre el panel	7,6					93,6
14	Coger y colocar 1+1 zumbador sobre el panel	9,8					103,4
15	Colocar Panel en Conveyor de Sold. Selectiva		5,8				109,2
16	Coger Panel y colocarlo en Fixture		5,8				115,0
17	Coger y colocar 4+4 motores sobre el panel	19,2					134,2
18	Prensa			7,0			134,2
19	Coger y colocar 1+1 conector sobre el panel	6,4					140,6
20	Coger y colocar 1+1 MOV sobre el panel	7,6					148,2
21	Coger y colocar 1+1 zumbador sobre el panel	9,8					158,0
22	Colocar Panel en Conveyor de Sold. Selectiva		5,8				163,8
23	Descarga Seho		5,8				169,6
24	Espera					39,7	209,3
25							
Tiempo total por categoría (panel)		129,0	40,6			39,7	
Tiempo total por categoría (placa)		21,5	6,8			6,6	
% Tiempo total por categoría		370%	116%	293%		114%	
Total tiempo cíclico (operario)						209,3	
Total tiempo cíclico (placa)						34,9	

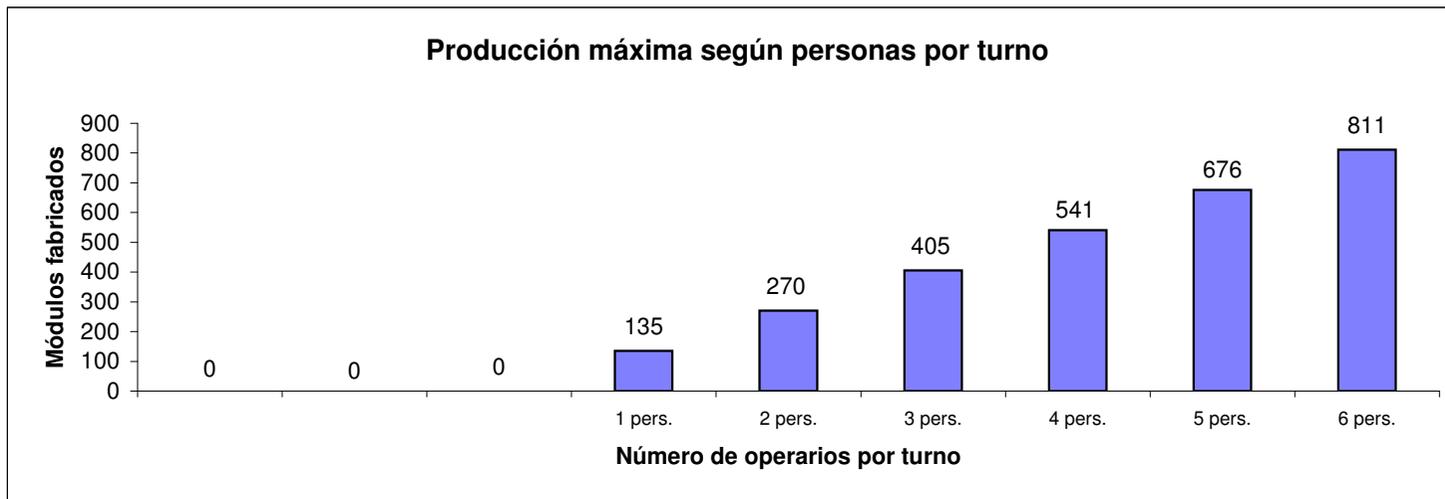


ACTIVIDADES NO CÍCLICAS	Tiempo total	Piezas	
		Piezas	Tiempo
1 Reposición Motores	10,99	50	0,2
2 Reposición Conector J1	10,99	100	0,1
3 Reposición Conector J2	10,99	50	0,2
4 Reposición Mov	10,99	100	0,1
5 Reposición Buzzer	10,99	50	0,2
6			
7			
8			

A.7. PERSONAS NECESARIAS Y PRODUCCIONES MÁXIMAS

Takt time	46,1 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	302 mod./día	
Tiempo disponible diario	13950 seg.	1 turnos

Producto	Operaciones	Tiempo operaciones	Desbalanceo standard	Tiempo total operaciones	Personas necesarias por turno	Redondeo personas necesarias por turno	Producción máxima diaria
						1 pers.	135
		89,75 seg.	15%	103,2 seg.	2,2 pers.	2 pers.	270
						3 pers.	405
						4 pers.	541
						5 pers.	676
						6 pers.	811

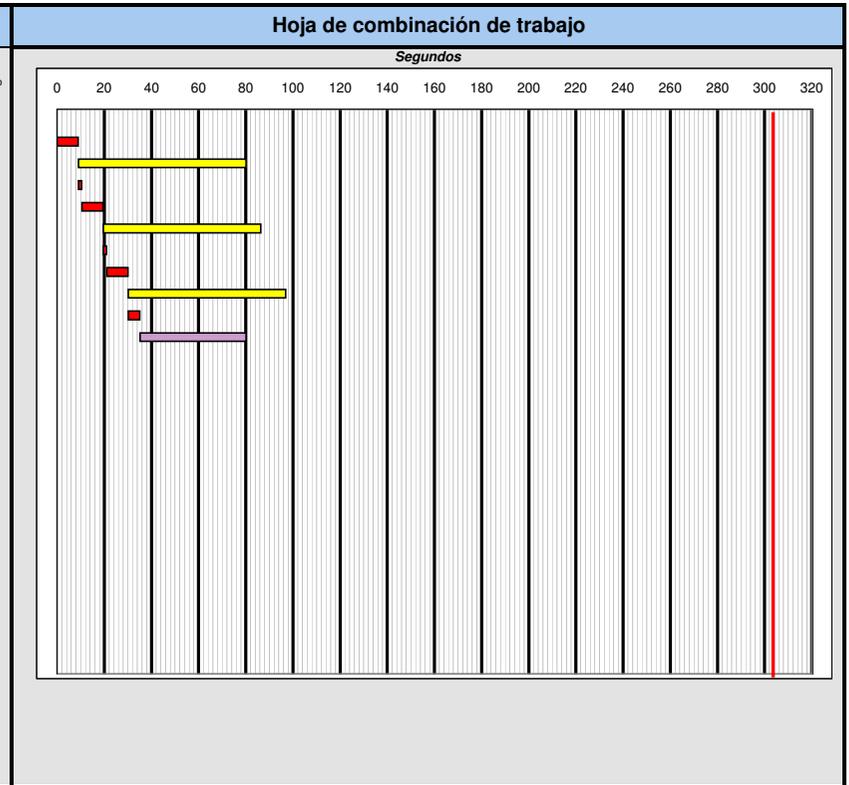


**Rellenar sólo las celdas amarillas.
Las celdas blancas se completarán cuando rellene las hojas de los operarios.**

Tiempo de ciclo planificado (placa)	46,1 seg. mód.
Nº placas/ciclo	3,0
Tiempo de ciclo planificado (operario)	138,4 seg. mód.

Tiempo operativo:	13950 segs	1 turnos	3,9 H
-------------------	------------	----------	-------

ACTIVIDADES CÍCLICAS		CATEGORÍAS					Tiempo total
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES		(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera	
1	Descarga y carga de test		9,1				9,1
2	Final test 1			71,1			9,1
3	Desplaza a siguiente		1,5				10,6
4	Descarga y carga de test		9,1				19,7
5	Final test 2			66,8			19,7
6	Desplaza a siguiente		1,5				21,2
7	Descarga y carga de test		9,1				30,2
8	Final test 3			66,8			30,2
9	Desplaza a siguiente estación		5,0				35,2
10	Espera fin de ciclo realizando tareas no cíclicas					45,0	80,2
11	Comienzo de ciclo						80,2
12							80,2
13							80,2
14							80,2
15							80,2
16							80,2
17							80,2
18							80,2
19							80,2
20							80,2
21							80,2
22							80,2
23							80,2
24							80,2
25							80,2
Tiempo total por categoría (panel)			35,2			45,0	
Tiempo total por categoría (placa)			11,7			15,0	
% Tiempo total por categoría			132%	766%		168%	
		Total tiempo cíclico (operario)				80,2	
		Total tiempo cíclico (placa)				26,7	

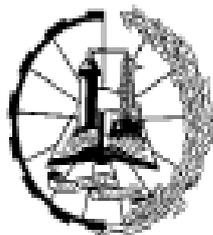


	Tiempo total	Tiempo	
		Piezas	Tiempo
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
Total tiempo no cíclico			



ANEXO A.8. Preparación de placas. Situación Actual.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



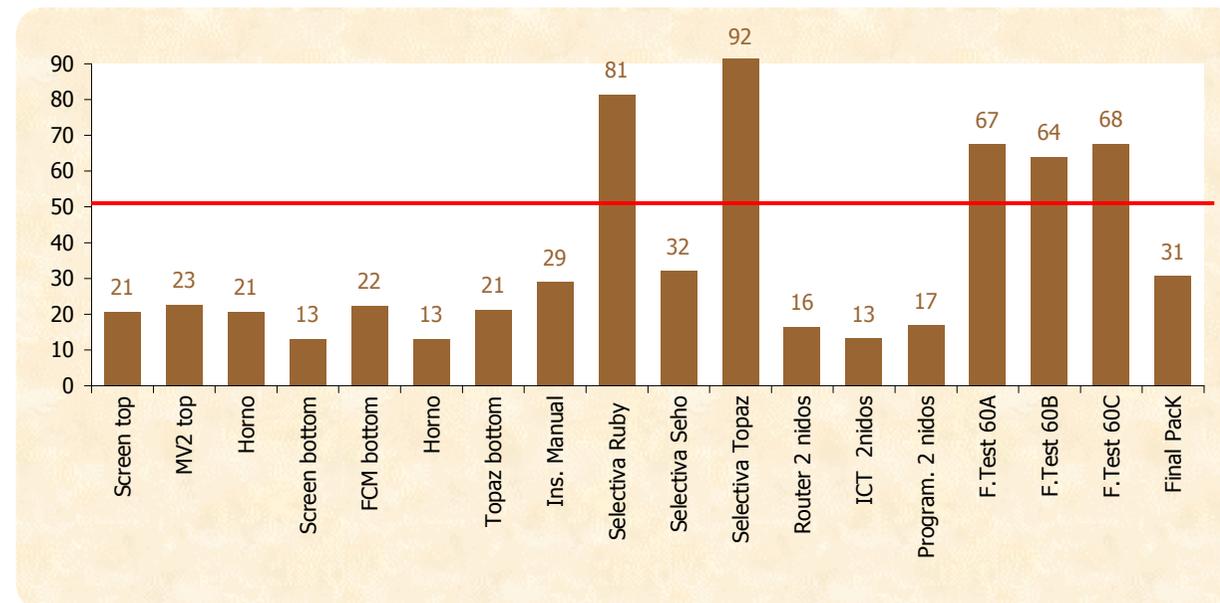
A.8.PREPARACIÓN DE PLACAS. SIT

cws ind. 0,023
Coste prod/h 10 €

Línea C307 Modelo C307 CJH 2 placas/panel

											Media	OEE	T.Ciclo		
S M D	Screen top	29,00	29,44	61,16	29,32	28,87	61,13	29,54	61,73			41,27	0,85	20,64	
	MV2 top	46,36	45,83	44,56	44,97	45,03						45,35	0,85	22,68	
S B M O D T	Screen bottom	26,41	25,66	26,41	25,65	26,31						26,09	0,85	13,04	
	FCM bottom	44,46	44,74	44,52	44,95	44,32						44,60	0,85	22,30	
	Topaz bottom	42,18	42,75	42,28	42,65	42,49						42,47	0,85	21,24	
C É L U L A	Ins. Manual	57,47	56,61	58,21	59,37	57,30						57,79	1,00	28,90	
	Selectiva Ruby	162,39	162,84	163,00	162,35	163,09						162,73	0,85	81,37	
	Selectiva Seho	64,31	63,57	64,13	64,06	64,00						64,01	0,85	32,01	
	Selectiva Topaz	182,98	183,20	183,52	183,12	183,20						183,20	0,85	91,60	
	Router	62,13	62,01	66,99	68,37	69,32						65,76	0,85	32,88	
	ICT	25,25	30,25	25,32	25,65	25,35						26,36	0,85	26,36	
	F I N A L	Programadora	33,86	34,76	32,59	32,59	34,17						33,59	0,85	33,59
		F.Test 60A	67,05	68,63	67,07	66,47	68,08						67,46	0,85	67,46
		F.Test 60B	64,66	66,40	63,47	61,79	63,72						64,01	0,85	64,01
		F.Test 60C	67,24	68,58	67,21	66,51	68,22						67,55	0,85	67,55
Final Pack		30,35	30,54	28,27	31,13	32,50						30,56	1,00	30,56	

Descripción	S
Nombre de la operación	Screen top
Número de máquinas utilizadas	1
Número de operarios en estación de trabajo	0,38
Tiempo de ciclo operativo	22,68
Tiempo de ciclo potencial	20,64
Capacidad de producción (módulos/hora)	174
Producción actual (módulos/hora)	39
BWS	0,00
Coste directo producción (por módulo)	0,03



UACIÓN INICIAL.

SMD top		SMD bottom				CÉLULA FINAL											
MV2 top	Horno	Screen bottom	FCM bottom	Horno	Topaz bottom	Ins. Manual	Selectiva Ruby	Selectiva Seho	Selectiva Topaz	Router 2 nidos	ICT 2nidos	Program. 2 nidos	F.Test 60A	F.Test 60B	F.Test 60C	Final PacK	TOTAL
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16
0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,33	0,33	0,33	0,5	6,65
22,68	22,68	22,30	22,30	22,30	22,30	91,60	91,60	91,60	91,60	91,60	91,60	91,60	91,60	91,60	91,60	91,60	91,60
22,68	20,64	13,04	22,30	13,04	21,24	28,90	81,37	32,01	91,60	16,44	13,18	16,80	67,46	64,01	67,55	30,56	91,60
159	174	276	161	276	170	125	44	112	39	219	273	214	53	56	53	118	39
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	33
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,07	0,07	0,07	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,13	1,36

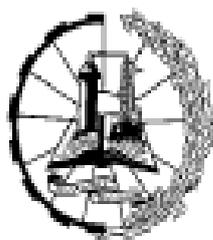
Junio '05

Operarios	6,65
CWS	0,159
Coste prod/mód	1,59 €
Produccion/h	33



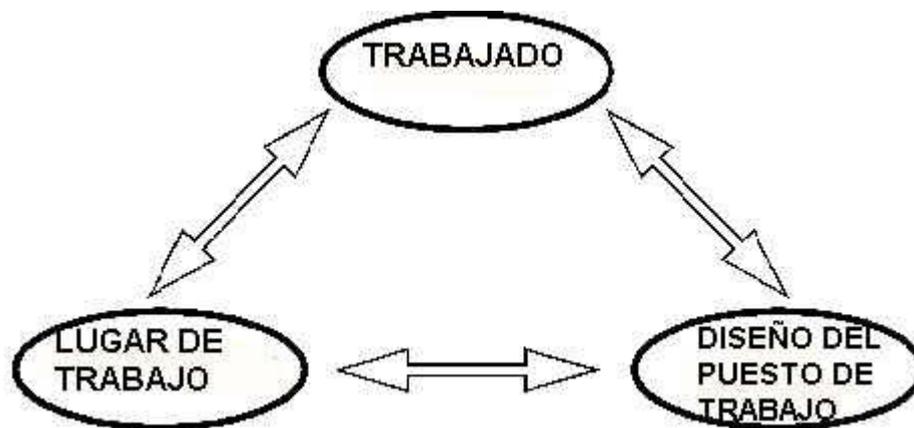
ANEXO A.9. Ergonomía.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



A.9. Ergonomía.

La ergonomía es el estudio del trabajo en relación con el entorno en que se lleva a cabo (el lugar de trabajo) y con quienes lo realizan (los trabajadores). Se utiliza para determinar cómo diseñar o adaptar el lugar de trabajo al trabajador a fin de evitar distintos problemas de salud y de aumentar la eficiencia. En otras palabras, para hacer que el trabajo se adapte al trabajador en lugar de obligar al trabajador a adaptarse a él. Un ejemplo sencillo es alzar la altura de una mesa de trabajo para que el operario no tenga que inclinarse innecesariamente para trabajar.



La aplicación de la ergonomía al lugar de trabajo reporta muchos beneficios evidentes. Para el trabajador, unas condiciones laborales más sanas y seguras; para el empleador, el beneficio más patente es el aumento de la productividad.

La ergonomía es una ciencia de amplio alcance que abarca las distintas condiciones laborales que pueden influir en la comodidad y la salud del trabajador, factores como la iluminación, el ruido, la temperatura, las vibraciones, el diseño del lugar en que se trabaja, el de las herramientas, el de las máquinas, el de los asientos y el calzado y el del puesto de trabajo, incluidos elementos como el trabajo en turnos, las pausas y los horarios de

comidas. En el caso en estudio nos centramos en el trabajo que se realiza sentado o de pie, las herramientas, el trabajo físico pesado y el diseño de los puestos de trabajo.

La ergonomía aplica principios de biología, psicología, anatomía y fisiología para suprimir del ámbito laboral las situaciones que pueden provocar en los trabajadores incomodidad, fatiga o mala salud. Se puede utilizar la ergonomía para evitar que un puesto de trabajo esté mal diseñado si se aplica cuando se concibe.

Hasta los últimos años, algunos trabajadores, sindicatos, empleadores, fabricantes e investigadores no han empezado a prestar atención a cómo puede influir el diseño del lugar de trabajo en la salud de los trabajadores. Si no se aplican los principios de la ergonomía, las herramientas, las máquinas, el equipo y los lugares de trabajo se diseñan a menudo sin tener demasiado en cuenta el hecho de que las personas tienen distintas alturas, formas y tallas y distinta fuerza. Es importante considerar estas diferencias para proteger la salud y la comodidad de los trabajadores. Si no se aplican los principios de la ergonomía, a menudo los trabajadores se ven obligados a adaptarse a condiciones laborales deficientes.

A menudo los trabajadores no pueden escoger y se ven obligados a adaptarse a unas condiciones laborales mal diseñadas, que pueden lesionar gravemente las manos, las muñecas, las articulaciones, la espalda u otras partes del organismo. Concretamente, se pueden producir lesiones a causa de:

- el empleo repetido a lo largo del tiempo de herramientas y equipo vibratorios, por ejemplo, martillos pilones;
- herramientas y tareas que exigen girar la mano con movimientos de las articulaciones, por ejemplo las labores que realizan muchos mecánicos;
- la aplicación de fuerza en una postura forzada;

- la aplicación de presión excesiva en partes de la mano, la espalda, las muñecas o las articulaciones;
- trabajar con los brazos extendidos o por encima de la cabeza;
- trabajar echados hacia adelante;
- levantar o empujar cargas pesadas.

Las lesiones y enfermedades provocadas por herramientas y lugares de trabajo mal diseñados o inadecuados se desarrollan habitualmente con lentitud a lo largo de meses o de años. Ahora bien, normalmente un trabajador tendrá señales y síntomas durante mucho tiempo que indiquen que hay algo que no va bien.

El trabajo repetitivo es una causa habitual de lesiones y enfermedades del sistema oseomuscular (y relacionadas con la tensión). Las lesiones provocadas por el trabajo repetitivo se denominan generalmente lesiones provocadas por esfuerzos repetitivos (LER). Son muy dolorosas y pueden incapacitar permanentemente. En las primeras fases de una LER, el trabajador puede sentir únicamente dolores y cansancio al final del turno de trabajo. Ahora bien, conforme empeora, puede padecer grandes dolores y debilidad en la zona del organismo afectada. Esta situación puede volverse permanente y avanzar hasta un punto tal que el trabajador no pueda desempeñar ya sus tareas. Se pueden evitar las LER:

- suprimiendo los factores de riesgo de las tareas laborales;
- disminuyendo el ritmo de trabajo;
- trasladando al trabajador a otras tareas, o bien alternando tareas repetitivas con tareas no repetitivas a intervalos periódicos;
- aumentando el número de pausas en una tarea repetitiva.

Las lesiones causadas a los trabajadores por herramientas o puestos de trabajo mal diseñados pueden ser muy costosas por los dolores y sufrimientos que causan, por no mencionar las pérdidas financieras que suponen para los trabajadores y sus familias. Las lesiones son también costosas para las empresas. Diseñar cuidadosamente una tarea desde el inicio, o rediseñarla, puede costar inicialmente a una empresa algo de

dinero, pero, a largo plazo, normalmente se beneficia económicamente. La calidad y la eficiencia de la labor que se realiza puede mejorar. Pueden disminuir los costos de atención de salud y mejorar la moral del trabajador. En cuanto a los trabajadores, los beneficios son evidentes. La aplicación de los principios de la ergonomía puede evitar lesiones o enfermedades dolorosas y que pueden ser invalidantes y hacer que el trabajo sea más cómodo y por lo tanto más fácil de realizar.

Por lo general, es muy eficaz examinar las condiciones laborales de cada caso al aplicar los principios de la ergonomía para resolver o evitar problemas. En ocasiones, cambios ergonómicos, por pequeños que sean, del diseño del equipo, del puesto de trabajo (véase la sección A, Puestos de trabajo, para más detalles sobre esta cuestión) o las tareas pueden mejorar considerablemente la comodidad, la salud, la seguridad y la productividad del trabajador. A continuación figuran algunos ejemplos de cambios ergonómicos que, de aplicarse, pueden producir mejoras significativas:

- Para labores minuciosas que exigen inspeccionar de cerca los materiales, el banco de trabajo debe estar más bajo que si se trata de realizar una labor pesada.
- Para las tareas de ensamblaje, el material debe estar situado en una posición tal que los músculos más fuertes del trabajador realicen la mayor parte de la labor.
- Hay que modificar o sustituir las herramientas manuales que provocan incomodidad o lesiones. A menudo, los trabajadores son la mejor fuente de ideas sobre cómo mejorar una herramienta para que sea más cómodo manejarla. Así, por ejemplo, las pinzas pueden ser rectas o curvadas, según convenga.
- Ninguna tarea debe exigir de los trabajadores que adopten posturas forzadas, como tener todo el tiempo extendidos los brazos o estar encorvados durante mucho tiempo.

- Hay que enseñar a los trabajadores las técnicas adecuadas para levantar pesos. Toda tarea bien diseñada debe minimizar cuánto y cuán a menudo deben levantar pesos los trabajadores.
- Se debe disminuir al mínimo posible el trabajo en pie, pues a menudo es menos cansado hacer una tarea estando sentado que de pie.
- Se deben rotar las tareas para disminuir todo lo posible el tiempo que un trabajador dedica a efectuar una tarea sumamente repetitiva, pues las tareas repetitivas exigen utilizar los mismos músculos una y otra vez y normalmente son muy aburridas.
- Hay que colocar a los trabajadores y el equipo de manera tal que los trabajadores puedan desempeñar sus tareas teniendo los antebrazos pegados al cuerpo y con las muñecas rectas.

Ya sean grandes o pequeños los cambios ergonómicos que se discutan o pongan en práctica en el lugar de trabajo, es esencial que los trabajadores a los que afectarán esos cambios participen en las discusiones, pues su aportación puede ser utilísima para determinar qué cambios son necesarios y adecuados. Conocen mejor que nadie el trabajo que realizan.

A. El puesto de trabajo.

El puesto de trabajo es el lugar que un trabajador ocupa cuando desempeña una tarea. Puede estar ocupado todo el tiempo o ser uno de los varios lugares en que se efectúa el trabajo. En el caso que nos ocupa, el puesto de trabajo es la mesa de trabajo desde las que se manejan máquinas, se ensamblan piezas o se efectúan inspecciones.

Es importante que el puesto de trabajo esté bien diseñado para evitar enfermedades relacionadas con condiciones laborales deficientes, así como para asegurar que el trabajo sea productivo. Hay que diseñar todo puesto de trabajo teniendo en cuenta al trabajador y la tarea que va a realizar a fin de que ésta se lleve a cabo cómodamente, sin problemas y eficientemente.

Si el puesto de trabajo está diseñado adecuadamente, el trabajador podrá mantener una postura corporal correcta y cómoda, lo cual es importante porque una postura laboral incómoda puede ocasionar múltiples problemas, entre otros:

- lesiones en la espalda;
- aparición o agravación de una LER;
- problemas de circulación en las piernas.

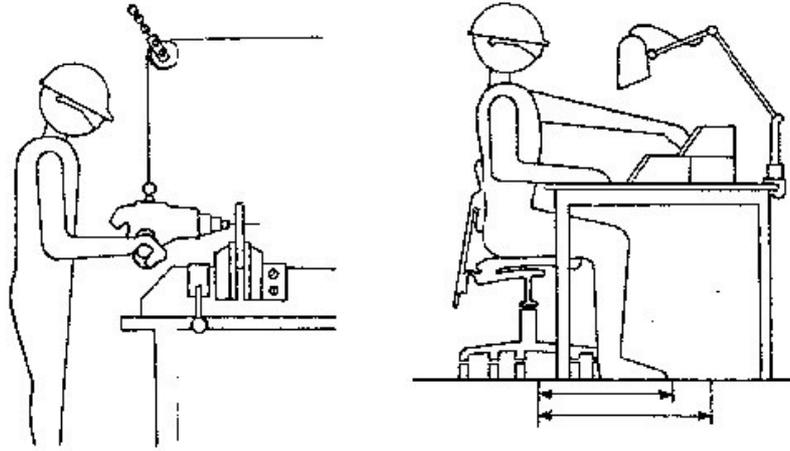
Las principales causas de esos problemas son:

- asientos mal diseñados;
- permanecer en pie durante mucho tiempo;
- tener que alargar demasiado los brazos para alcanzar los objetos;
- una iluminación insuficiente que obliga al trabajador a acercarse demasiado a las piezas.

En el siguiente dibujo se pueden observar las distancias óptimas para las zonas de trabajo.



Y en la siguiente figura se observan dos puestos de trabajo correctamente diseñados:



Cuando se piensa acerca de cómo mejorar un puesto de trabajo, hay que recordar una regla: *si parece que está bien, probablemente lo está. Si parece incómodo, tiene que haber algo equivocado en el diseño, no es culpa del trabajador.*

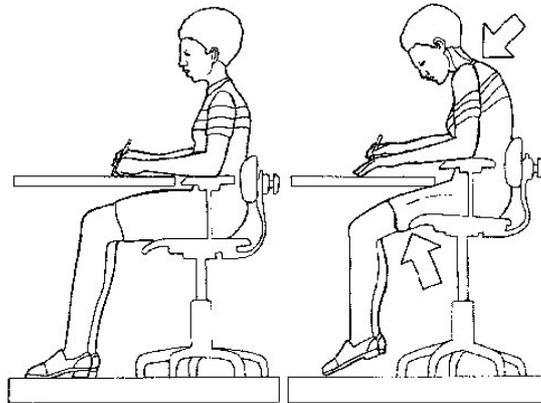
B. El trabajo que se realiza sentado y el diseño de los asientos.

El trabajo que se realiza sentado.

Si un trabajo no necesita mucho vigor físico y se puede efectuar en un espacio limitado, el trabajador debe realizarlo sentado. Aunque hay que considerar que estar sentado todo el día no es bueno para el cuerpo, sobre todo para la espalda. Así pues, las tareas laborales que se realicen deben ser algo variadas para que el trabajador no tenga que hacer únicamente trabajo sentado. Un buen asiento es esencial para el trabajo que se realiza sentado. El asiento debe permitir al trabajador mover las piernas y de posiciones de trabajo en general con facilidad.

A continuación figuran algunas directrices ergonómicas para el trabajo que se realiza sentado:

- El trabajador tiene que poder llegar a todo su trabajo sin alargar excesivamente los brazos ni girarse innecesariamente.
- La posición correcta es aquella en que la persona está sentada recta frente al trabajo que tiene que realizar o cerca de él.
- La mesa y el asiento de trabajo deben ser diseñados de manera que la superficie de trabajo se encuentre aproximadamente al nivel de los codos.
- La espalda debe estar recta y los hombros deben estar relajados.
- De ser posible, debe haber algún tipo de soporte ajustable para los codos, los antebrazos o las manos.

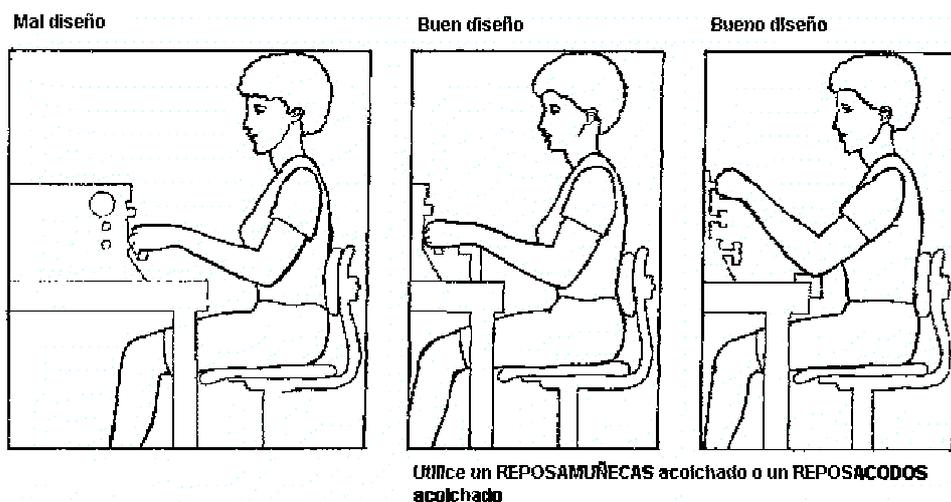


El asiento de trabajo.

Un asiento de trabajo adecuado debe satisfacer determinadas prescripciones ergonómicas. Siga las siguientes directrices al elegir un asiento:

- El asiento de trabajo debe ser adecuado para la labor que se vaya a desempeñar y para la altura de la mesa o el banco de trabajo.
- Lo mejor es que la altura del asiento y del respaldo sean ajustables por separado. También se debe poder ajustar la inclinación del respaldo.
- El asiento debe permitir al trabajador inclinarse hacia adelante o hacia atrás con facilidad.

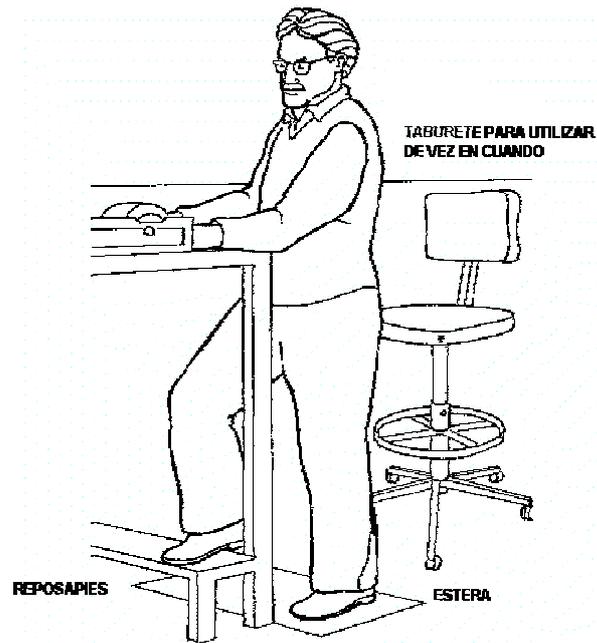
- El trabajador debe tener espacio suficiente para las piernas debajo de la mesa de trabajo y poder cambiar de posición de piernas con facilidad.
- Los pies deben estar planos sobre el suelo. Si no es posible, se debe facilitar al trabajador un escabel, que ayudará además a eliminar la presión de la espalda sobre los muslos y las rodillas.
- El asiento debe tener un respaldo en el que apoyar la parte inferior de la espalda.
- El asiento debe inclinarse ligeramente hacia abajo en el borde delantero.
- Lo mejor sería que el asiento tuviese cinco patas para ser más estable.
- Es preferible que los brazos del asiento se puedan quitar porque a algunos trabajadores no les resultan cómodos. En cualquier caso, los brazos del asiento no deben impedir al trabajador acercarse suficientemente a la mesa de trabajo.
- El asiento debe estar tapizado con un tejido respirable para evitar resbalarse.
- En algunos trabajos los soportes de los brazos y los brazos de los asientos pueden disminuir la fatiga de los brazos del trabajador.



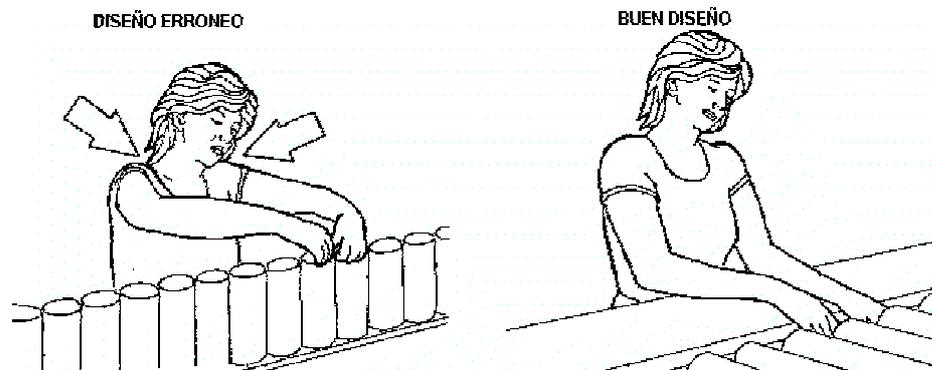
C. El puesto de trabajo para trabajadores de pie.

Siempre que sea posible se debe evitar permanecer en pie trabajando durante largos períodos de tiempo. El permanecer mucho tiempo de pie puede provocar dolores de espalda, inflamación de las piernas, problemas de circulación sanguínea, llagas en los pies y cansancio muscular. A continuación figuran algunas directrices que se deben seguir si no se puede evitar el trabajo de pie:

- Si un trabajo debe realizarse de pie, se debe facilitar al trabajador un asiento o taburete para que pueda sentarse a intervalos periódicos.
- Los trabajadores deben poder trabajar con los brazos a lo largo del cuerpo y sin tener que encorvarse ni girar la espalda excesivamente.
- La superficie de trabajo debe ser ajustable a las distintas alturas de los trabajadores y las distintas tareas que deban realizar.
- Si la superficie de trabajo no es ajustable, hay que facilitar un pedestal para elevar la superficie de trabajo a los trabajadores más altos. A los más bajos, se les debe facilitar una plataforma para elevar su altura de trabajo.
- Se debe facilitar un escabel para ayudar a reducir la presión sobre la espalda y para que el trabajador pueda cambiar de postura. Trasladar peso de vez en cuando disminuye la presión sobre las piernas y la espalda.
- En el suelo debe haber una estera para que el trabajador no tenga que estar en pie sobre una superficie dura. Si el suelo es de cemento o metal, se puede tapar para que absorba los choques. El suelo debe estar limpio, liso y no ser resbaladizo.
- Los trabajadores deben llevar zapatos con empeine reforzado y tacos bajos cuando trabajen de pie.
- Debe haber espacio bastante en el suelo y para las rodillas a fin de que el trabajador pueda cambiar de postura mientras trabaja.
- El trabajador no debe tener que estirarse para realizar sus tareas. Así pues, el trabajo deberá ser realizado a una distancia de 20 a 30 centímetros frente al cuerpo.



El puesto de trabajo debe ser diseñado de manera tal que el trabajador no tenga que levantar los brazos y pueda mantener los codos próximos al cuerpo.



Al determinar la altura adecuada de la superficie de trabajo, es importante tener en cuenta los factores siguientes:

- la altura de los codos del trabajador;
- el tipo de trabajo que habrá de desarrollar;
- el tamaño del producto con el que se trabajará;
- las herramientas y el equipo que se habrán de usar.

Hay que seguir estas normas para que el cuerpo adopte una buena posición si hay que trabajar de pie:

- Estar frente al producto o la máquina.
- Mantener el cuerpo próximo al producto de la máquina.
- Mover los pies para orientarse en otra dirección en lugar de girar la espalda o los hombros.

D. Las herramientas manuales y los controles.

Las herramientas manuales.

Hay que diseñar las herramientas manuales conforme a prescripciones ergonómicas. Unas herramientas manuales mal diseñadas, o que no se ajustan al trabajador o a la tarea a realizar, pueden tener consecuencias negativas en la salud y disminuir la productividad del trabajador. Para evitar problemas de salud y mantener la productividad del trabajador, las herramientas manuales deben ser diseñadas de manera que se adapten tanto a la persona como a la tarea. Unas herramientas bien diseñadas pueden contribuir a que se adopten posiciones y movimientos correctos y aumentar la productividad. Se pueden seguir las siguientes normas al seleccionar las herramientas manuales:

- Evitar adquirir herramientas manuales de mala calidad.
- Escoger herramientas que permitan al trabajador emplear los músculos más grandes de los hombros, los brazos y las piernas, en lugar de los músculos más pequeños de las muñecas y los dedos.
- Escoger asas y mangos lo bastante grandes como para ajustarse a toda la mano; de esa manera disminuirá toda presión incómoda en la palma de la mano o en las articulaciones de los dedos y la mano.
- No utilizar herramientas que tengan huecos en los que puedan quedar atrapados los dedos o la piel.
- Utilizar herramientas de doble mango o asa, por ejemplo tijeras, pinzas o cortadoras. La distancia no debe ser tal que la mano tenga que hacer un esfuerzo excesivo.
- No elegir herramientas que tengan asas perfiladas; se ajustan sólo a un tamaño de mano y hacen presión sobre las manos si no son del tamaño adecuado.

- Hacer que las herramientas manuales sean fáciles de agarrar. Las asas deben llevar además un buen aislamiento eléctrico y no tener ningún borde ni espinas cortantes.
- Evitar utilizar herramientas que obliguen a la muñeca a curvarse o adoptar una posición extraña.
- Elegir herramientas que tengan un peso bien equilibrado y cuidar de que se utilicen en la posición correcta.
- Controlar que las herramientas se mantienen adecuadamente.

EN ALGUNOS CASOS, SE PUEDEN CAMBIAR LAS HERRAMIENTAS PARA MANTENER LOS BRAZOS BAJADOS Y LOS CODOS LEVANTADOS

DISEÑO INCORRECTO



SI SE SUELDA HIERRO CON UN MANGO CURVO SE PUEDE BAJAR EL CODO Y MANTENER RECTA LA MUÑECA.

DISEÑO CORRECTO



Controles.

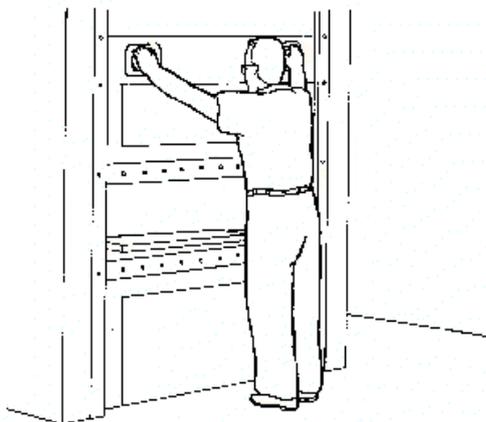
Los conmutadores, las palancas y los botones y manillas de control también tienen que ser diseñados teniendo presentes al trabajador y la tarea que habrá de realizar. A continuación figuran algunas normas con miras al diseño de los controles:

- Los conmutadores, las palancas y los botones y manillas de control deben estar fácilmente al alcance del operador de una máquina que se halle en una posición normal, tanto de pie como sentado. Esto es especialmente importante si hay que utilizar los controles con frecuencia.
- Seleccionar los controles adecuados a la tarea que haya que realizar. Así, por ejemplo, elegir controles manuales para operaciones de

precisión o de velocidad elevada, y, en cambio, controles de pie, por ejemplo pedales, para operaciones que exijan más fuerza. Un operador no debe utilizar dos o más pedales.

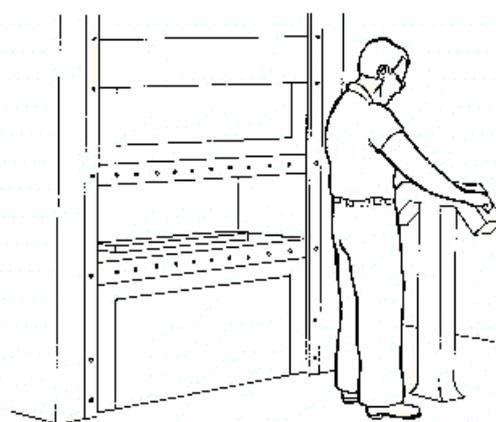
- Diseñar o rediseñar los controles para las operaciones que exijan el uso de las dos manos.
- Los disparadores deben ser manejados con varios dedos, no sólo con uno.
- Es importante que se distinga con claridad entre los controles de emergencia y los que se utilizan para operaciones normales. Esta distinción se realiza mediante códigos de colores, etiquetas claramente redactadas o protecciones de la máquina.
- Diseñar los controles de manera que se evite la puesta en marcha accidental. Se puede hacer espaciándolos adecuadamente, haciendo que ofrezcan la adecuada resistencia, poniendo cavidades o protecciones, como es el caso en estudio.
- Es importante que los procedimientos para hacer funcionar los controles se puedan entender fácilmente utilizando el sentido común.

DISEÑO INCORRECTO



A veces hay que diseñar de nuevo un puesto de trabajo para proteger los brazos, el cuello y los hombros, a fin de que los trabajadores no contraigan una LER. Así, por ejemplo, para resolver el problema se pueden mover (o ampliar) a menudo los controles.

DISEÑO CORRECTO



Si se bajan los botones a la altura de la palma de la mano, los brazos pueden estar más bajos que los hombros y el trabajador seguirá estando seguro.

E. El diseño de los puestos de trabajo.

Es importante diseñar los puestos de trabajo teniendo en cuenta los factores humanos. Los puestos de trabajo bien diseñados tienen en cuenta las características mentales y físicas del trabajador y sus condiciones de salud y seguridad. La manera en que se diseña un puesto de trabajo determina si será variado o repetitivo, si permitirá al trabajador estar cómodo o le obligará a adoptar posiciones forzadas y si entraña tareas interesantes o estimulantes o bien monótonas y aburridas. A continuación se exponen algunos factores ergonómicos que habrá que tener en cuenta al diseñar o rediseñar puestos de trabajo:

- tipos de tareas que hay que realizar;
- cómo hay que realizarlas;
- cuántas tareas hay que realizar;
- el orden en que hay que realizarlas;
- el tipo de equipo necesario para efectuarlas.

Además, un puesto de trabajo bien diseñado debe hacer lo siguiente:

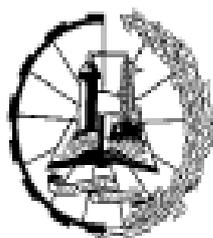
- permitir al trabajador modificar la posición del cuerpo;
- incluir distintas tareas que estimulen mentalmente;
- dejar cierta latitud al trabajador para que adopte decisiones, a fin de que pueda variar las actividades laborales según sus necesidades personales, hábitos de trabajo y entorno laboral;
- dar al trabajador la sensación de que realiza algo útil;
- facilitar formación adecuada para que el trabajador aprenda qué tareas debe realizar y cómo hacerlas;
- facilitar horarios de trabajo y descanso adecuados gracias a los cuales el trabajador tenga tiempo bastante para efectuar las tareas y descansar;

- dejar un período de ajuste a las nuevas tareas, sobre todo si requieren gran esfuerzo físico, a fin de que el trabajador se acostumbre gradualmente a su labor.

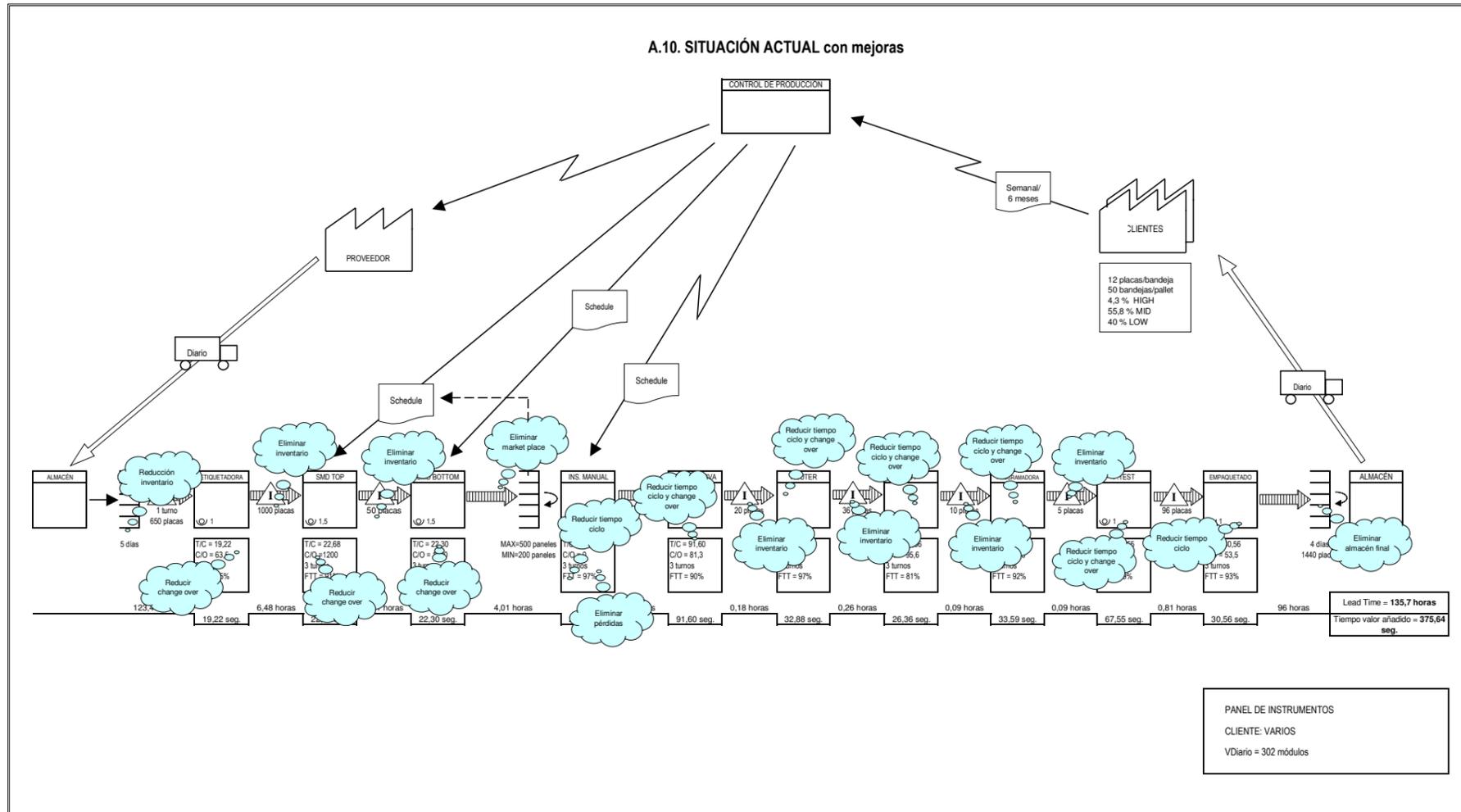


ANEXO A.10. ASM mejorado.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



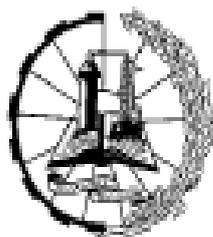
A.10. SITUACIÓN ACTUAL con mejoras





ANEXO A.11. Preparación de placas. Situación propuesta.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.

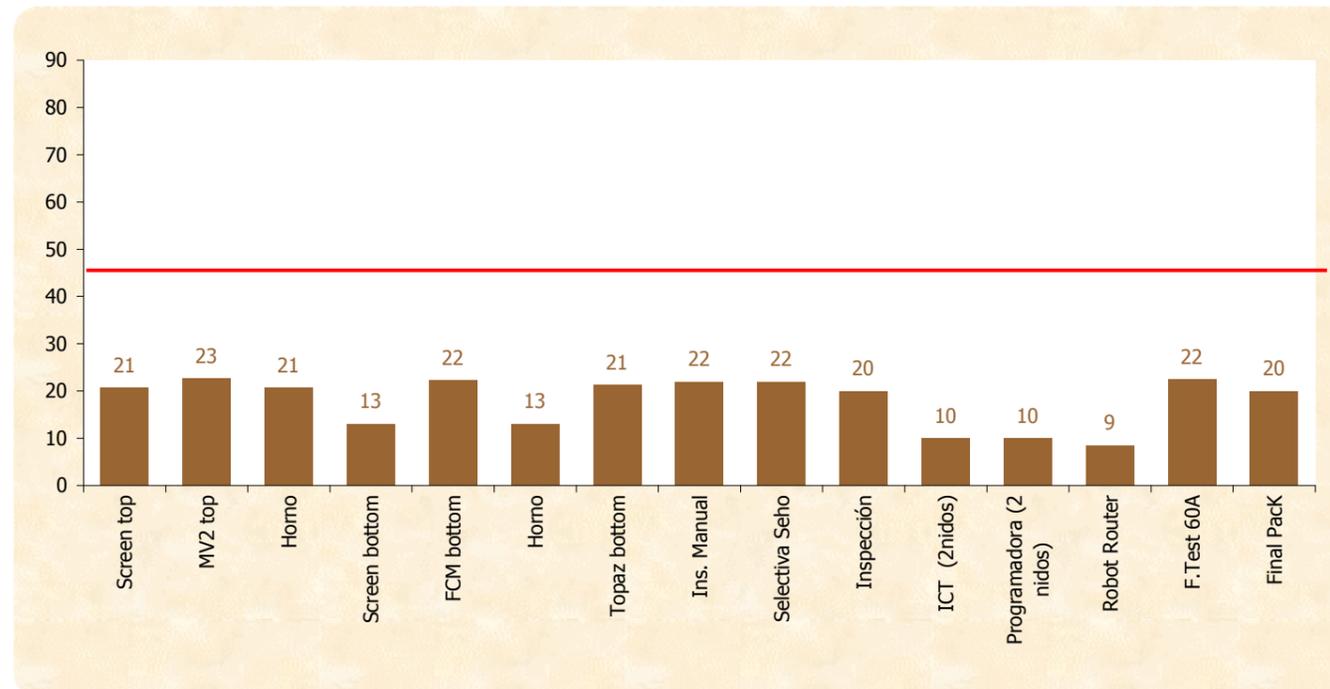


cws ind. 0,023
labor cost/h 17 €

A.11. PREPARACIÓN DE PLACAS.SITUACIÓN PROPUESTA.

Línea C307 CPK C307.JCH 2 placas/panel											Media	OEE	T.Ciclo	
PREPARACIÓN	Screen top	29,00	29,44	61,16	29,32	28,87	61,13	29,54	61,73			41,27	0,85	20,64
	MV2 top	46,36	45,83	44,56	44,97	45,03						45,35	0,85	22,68
	Screen bottom	26,41	25,66	26,41	25,65	26,31						26,09	0,85	13,04
	FCM bottom	44,46	44,74	44,52	44,95	44,32						44,60	0,85	22,30
	Topaz bottom	42,18	42,75	42,28	42,65	42,49						42,47	0,85	21,24
	Ins. Manual												0,85	22,00
	Selectiva Seho												0,85	22,00
	ICT												0,85	20,00
	Programadora												0,85	20,00
	Router												0,85	17,00
	F.Test 60A	67,05	68,63	67,07	66,47	68,08						67,46	0,85	67,46
	Final Pack												1,00	20,00

Descripción	SMD top			SMD bottom				Ins. Manual
	Screen top	MV2 top	Horno	Screen bottom	FCM bottom	Horno	Topaz bottom	
Nombre de la operación								
Número de máquinas utilizadas	1	1	1	1	1	1	1	0
Número de operarios en estación de trabajo	0,5	0	0	0,5	0	0	0	1
Tiempo de ciclo operativo	22,68	22,68	22,68	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30
Tiempo de ciclo potencial	20,64	22,68	20,64	13,04	22,30	13,04	21,24	22,00
Capacidad de producción (módulos/hora)	174	159	174	276	161	276	170	164
Producción actual (módulos/hora)	159	159	159	159	159	159	159	159
BWS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Coste directo producción (por módulo)	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,07



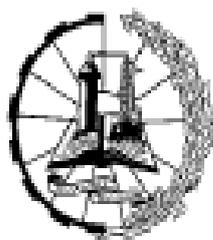
	feb-06
Operarios	3
CWS	0,044
Coste prod/mód	0,76 €
Produccion/h	135

CÉLULA FINAL							
Selectiva Seho	Inspección	ICT (2nidos)	Programadora (2nidos)	Robot Router	F.Test 60A	Final Pack	TOTAL
1	0	1	1	1	3	0	14
0	0	0	0	0	0	1	3
22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	22,49	22,68
22,00	20,00	10,00	10,00	8,50	22,49	20,00	22,68
164	180	360	360	424	160	180	159
159	159	159	159	159	159	159	135
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,21



ANEXO A.12. FSM.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



A.12. SITUACIÓN FUTURA

CONTROL DE PRODUCCIÓN

PROVEEDOR

CLIENTES

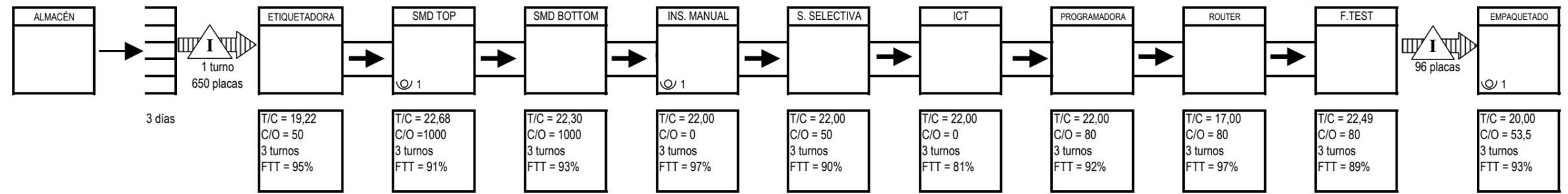
12 placas/bandeja
50 bandejas/pallet
4,3 % HIGH
55,8 % MID
40 % LOW

Diario

Schedule

Semanal/
6 meses

Diario



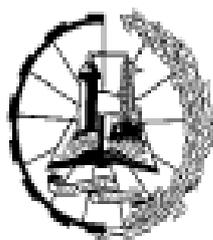
80 horas	19,22 seg.	22,68 seg.	22,30 seg.	22,00 seg.	22,00 seg.	22,00 seg.	22,00 seg.	17,00 seg.	22,49 seg.	0,53 horas	20,00 seg.	Lead Time = 80,53 horas
												Tiempo valor añadido = 211,69 seg.

PANEL DE INSTRUMENTOS
 CLIENTE: VARIOS
 VDiario = 302 módulos



ANEXO A.13. FSM con áreas.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



A.13. SITUACIÓN FUTURA

CONTROL DE PRODUCCIÓN

PROVEEDOR

Área 2

Área 1

Semanal/
6 meses

CLIENTES

12 placas/bandeja
50 bandejas/pallet
4,3 % HIGH
55,8 % MID
40 % LOW

Diario

Schedule

Diario

ALMACÉN

ETIQUETADORA

SMD TOP

SMD BOTTOM

INS. MANUAL

S. SELECTIVA

ICT

PROGRAMADORA

ROUTER

F.TEST

EMPAQUETADO

1 turno
650 placas

3 días

T/C = 19,22
C/O = 63,5
3 turnos
FTT = 95%

T/C = 22,68
C/O = 1200
3 turnos
FTT = 91%

T/C = 22,30
C/O = 1200
3 turnos
FTT = 93%

T/C = 22,00
C/O = 0
3 turnos
FTT = 97%

T/C = 22,00
C/O = 81,3
3 turnos
FTT = 90%

T/C = 22,00
C/O = 0
3 turnos
FTT = 81%

T/C = 22,00
C/O = 95,6
3 turnos
FTT = 92%

T/C = 17,00
C/O = 93,5
3 turnos
FTT = 97%

T/C = 22,49
C/O = 96,2
3 turnos
FTT = 89%

T/C = 20,00
C/O = 53,5
3 turnos
FTT = 93%

30 placas

80 horas

19,22 seg.

22,68 seg.

22,30 seg.

22,00 seg.

22,00 seg.

22,00 seg.

22,00 seg.

17,00 seg.

22,49 seg.

0,53 horas

20,00 seg.

Lead Time = 80,53 horas

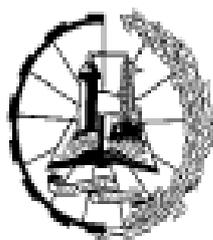
Tiempo valor añadido = 211,69 seg.

PANEL DE INSTRUMENTOS
CLIENTE: VARIOS
VDiario = 302 módulos



ANEXO A.14. VSPlan.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



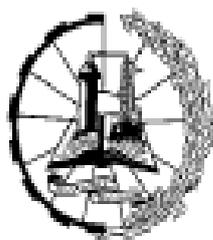
A.14. VSPLAN

FECHA:		30-sep-05													ENTERADO:					
FACILITADOR:		José López													GERENTE	INGENIERO	MANTENIMIENTO			
V.S. MANAGER:		Fernando Martín																		
OBJETIVO GENERAL	ÁREA	OBJETIVO	PASOS A SEGUIR	PLANIFICACIÓN (semanas)													PERSONA ENCARGADA	DEPARTAMENTO	REVISIÓN SCHEDULE	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			REVISOR	FECHA
Mejorar la producción de la línea.	1	<ul style="list-style-type: none"> - eliminar el market place - realizar un estudio de la estación de inserción manual - eliminar o reducir los changeover - reducir y ajustar tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> - inserción manual más flexible, ergonómica y con un tiempo de ciclo de unos 22 segundos. - modificación de las QPS. - rebalanceo de operaciones. - diseño del nuevo layout. - trasladar la célula final hasta SMD y validar los equipos. - reducir los tiempos de ciclo a unos 2 - eliminar o reducir los changeover. 		<ul style="list-style-type: none"> - Pepe García - Fernando Martín - Pepe García 	<ul style="list-style-type: none"> Ingeniería Industrial Inq. de Planta Ingeniería Industrial 														
	2	<ul style="list-style-type: none"> - disminuir el inventario del almacén de recepción de material. 	<ul style="list-style-type: none"> - disminuir el inventario hasta llegar a tres días. 		<ul style="list-style-type: none"> - Pepe García 	<ul style="list-style-type: none"> Ingeniería Industrial 														
							PRODUCTO:		Panel electrónico											



ANEXO A.15. Glosario.

Antonia García Gutiérrez.
Ingeniería Química.



A.15. Glosario.

Assembly: (Abreviado normalmente como Assy.) Literalmente significa "ensamble". Se refiere a la parte de la planta dedicada a la elaboración y procesado de placas electrónicas, lo cual corresponde al inicio de los procesos para cada producto.

ASM: "Actual Stream Mapping". Es el Mapa de Valor Añadido de la Situación Actual. En él se representa todo el flujo de información y de materiales del producto que recorre todo el proceso, desde el proveedor hasta el cliente final.

Balanceo / Desbalanceo: El balanceo es una medida del ajuste que se produce entre las cargas de trabajo de los operarios de una célula y el tiempo del que disponen (Takt Time). Se calcula como la razón entre el total de tiempos de las operaciones individuales que deben realizar todos los trabajadores y la multiplicación del TT por el número total de personas. El desbalanceo es el porcentaje restante.

Bottom: Lado inferior de una placa.

BWS: "Budgeted Work Standard". Tiempo de Trabajo Presupuestado. Indica el total de carga de trabajo que existe en una célula, incluyendo, además de las operaciones productivas, las esperas a ciclos automatizados, las operaciones no cíclicas, los tiempos de descanso y las indisponibilidades de las máquinas. Se actualiza anualmente y sirve para hacer los presupuestos de la empresa.

Célula de producción: Es una composición de personas, máquinas, materiales y métodos con los pasos del proceso ubicados uno junto a otro en un orden secuencial, a través del cual las piezas se procesan en flujo continuo, en algunos casos en pequeños lotes uniformes que se mantienen a través de los pasos de la secuencia del modelo.

Conveyor: Carril de entrada o salida de material de una estación o máquina.

CWS: "Current Work Standard". Tiempo de Trabajo Actual. Tiene el mismo significado, forma y cálculos que el BWS, pero a diferencia de éste, el CWS se modifica cada vez que cambia el proceso productivo, sirviendo de guía al BWS en sus revisiones anuales.

Change over: Tiempo transcurrido desde que sale la última pieza correcta de un lote de producción hasta que sale la primera pieza correcta del siguiente.

Desvelación: Proceso en el que una nueva célula o una célula mejorada comienza a operar bajo la supervisión de ingenieros y técnicos para la depuración del proceso productivo.

Downtime: "Tiempo de Reposo". Es el tiempo que permanece una máquina o proceso parado o trabajando a un ritmo de producción por debajo del habitual. El cociente entre la producción real obtenida incluyendo estas paradas o ralentizaciones y la producción teórica a velocidad normal es el factor denominado Downtime.

Elementos de trabajo: Cada una de las acciones elementales en que se divide el trabajo de un operario de producción en una célula. Efectuados todos los elementos de trabajo de la célula sucesivamente, deben completar un ciclo de producción del que se obtiene un módulo terminado.

End Item: Producto terminado.

Final Assembly: (Abreviado normalmente como Final Assy.) Ensamble final. Se refiere a la parte de la planta dedicada a la producción en células, que corresponde al final de los procesos para cada producto.

Final Test: Es el test final. Suele ser la última prueba de funcionamiento que se le hace a los módulos antes de empaquetarlos para el cliente, comprobando su completa funcionalidad.

Fixture: Herramienta para colocar un módulo y dejarlo allí fijo. A menudo tiene sistemas para facilitar el trabajo, como tapas, pokayokes, agarraderas...

FSM: "Future Stream Mapping". Al igual que el ASM, el FSM es la representación de los flujos de información y materiales de todo el proceso. Se obtiene después de someter al ASM a un proceso de mejora.

FTT: Abreviatura de "First Time Through" que significa "pasado a la primera vez". Es un coeficiente porcentual que indica la cantidad de módulos que pasan correctamente por una operación, máquina o estación. El

cociente entre los módulos que pasan sin fallar y los módulos totales resulta el FTT.

House keeping: Literalmente "Limpieza de la casa". Significan todas esas tareas que se deben realizar para mantener limpio y ordenado el puesto de trabajo. Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio.

ICT: "In Circuit Test". Máquina electromecánica utilizada para programar y testear placas.

Kanban: "Tarjeta". Sistema oriental para facilitar y eliminar las pérdidas en sistemas de producción por lotes.

Layout: "Croquis, diseño". Distribución en planta.

Lean Manufacturing: "Producción ajustada". Filosofía de trabajo por la que se trata de conseguir los objetivos propuestos con el mínimo de recursos posibles para aumentar la productividad y los beneficios.

Lead time: Tiempo que transcurre entre la entrada de un módulo en el proceso y su salida. El tiempo total de fabricación de un producto determinado.

Lotes de producción: Cantidad de elementos producidos de una vez, generando tras de sí, en el flujo, un inventario que se debe ir consumiendo, poco a poco, en el posterior paso del modelo.

OEE: "Overall Equipment Efficiency". "Eficiencia Media de Equipos". Medida de la disponibilidad, eficiencia de rendimiento y la calidad de una máquina.

Overtime: "Tiempo suplementario". Tiempo extra de trabajo de personas. Generalmente se emplea para designar las horas extra en Producción.

Pack: Empaquetado.

Pallet: Elemento utilizado para almacenar y transportar material en la planta.

Patrón de producción: Indica el tiempo se trabaja en la célula. Define en el número de días semanales y los turnos diarios en que opera la célula.

Pérdidas: Elementos que añaden complejidad, coste y/o tiempo sin redundar en valor añadido para el producto.

Poka-yoke: Dispositivos simples y baratos para prevenir errores que están a punto de ocurrir (poka-yoke preventivo) o para detectar errores y defectos que ya han ocurrido (poka-yoke correctivo).

QPS: "Quality Process Sheet". Hoja de Calidad del Proceso. Es un documento para definir la forma de hacer un trabajo de la manera más segura, con mayor calidad y en el menor tiempo posible.

Rack: Estante, soporte.

Rework / Retrabajo: Trabajo que se hace para la reparación de un módulo. Si se hubiese evitado el error no hubiese sido necesario realizar estas operaciones, sin valor añadido, de gran coste de tiempo y de especiales necesidades de preparación y conocimientos de la persona. Al final, el módulo debe quedar listo para continuar su proceso en la línea.

Router: Máquina para cortar placas.

Safety stock: "Reserva de seguridad". Es el material terminado que se guarda en almacén antes de ser enviado, para prevenir posibles fallos y paradas de la línea durante un tiempo mayor que el correspondiente a la frecuencia de envío, de forma que sea posible surtir al cliente, a pesar de tener la producción detenida.

Schedule: Programación, planificación temporal, cronograma.

Scrap: Material de desecho, sin posibilidad de reparación o aprovechamiento.

SMD: "Surface Mounting Device". "Dispositivo de Montaje Superficial". En Cádiz Electrónica, son las líneas automatizadas donde se insertan la mayoría de los componentes electrónicos a las placas. Son el primer paso de casi todos los procesos de la planta.

Soldadura Selectiva: Máquina electromecánica capaz de soldar, según programación, puntos concretos de una placa.

Stock: Provisión, surtido, reservas, existencias de cualquier bien, producto, valor o capital.

Tester: Equipo automático cuya función es la de testar un módulo o parte de él para asegurar su correcto funcionamiento.

Takt time: "Takt" (alemán) = "Ritmo". Velocidad objetivo o ritmo de producción necesario. Es el tiempo del que se dispone para fabricar cada unidad en la línea. Viene marcado por el tiempo de producción

disponible en la célula y el volumen de producción requerido; la razón entre ambos es el T.T.

Top: Lado superior de una placa.

Tote: Bandeja.

Valor añadido: Las operaciones con valor añadido son aquellas que proporcionan al producto un mayor grado de utilidad o le acercan a su estado final completamente funcional.

“Value stream”: son todas las actividades (tanto las que aportan valor añadido como las que no lo hacen) que se necesitan para producir cada producto desde la materia prima hasta el producto final que llega al proveedor.

VSPlan: Recuadro que recoge toda la información sobre la implantación del proceso de mejora al que está sometido un proceso. Incluye la planificación, personas encargadas, departamentos al que pertenecen.

Zehntel: Máquina electromecánica utilizada para programar y testear placas.

