

# DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CAJAS DE ACOMETIDA

De Cos Juez, Francisco J\*; Prado, Aida\*; Prendes, Belén\*\*; Rimada, Elena\*; Carro, Ana\*

\*Area de Proyectos de Ingeniería-Universidad de Oviedo.

\*\*Dpto. Construcción e Ingeniería de la Fabricación-Universidad de Oviedo

C/Independencia, 13, 33004 Oviedo -Asturias

Tfn.: + 34 985104272

Fax: + 34 985104256

E-mail: [decos@api.uniovi.es](mailto:decos@api.uniovi.es)

---

## RESUMEN

Las líneas de montaje, elemento fundamental en muchos sistemas productivos, están compuestas por un conjunto finito de estaciones de trabajo y de tareas, que tienen asignado un tiempo de proceso, y un conjunto de relaciones de precedencias, que especifican el orden de proceso permitido de las tareas. Se consideran líneas de montaje simples, cuando ensamblan un solo tipo de producto y consideran tiempos de proceso determinísticos y conocidos a priori. Además, independientemente de la secuencia de proceso de las tareas, las relaciones de precedencias son conocidas y fijas, las estaciones pueden realizar cualquier tarea y las tareas pueden ser procesadas en cualquier estación. Dada su naturaleza, estos problemas son muy difíciles de resolver de forma óptima máxime en el caso de problemas industriales debido al gran número de tareas que componen el proceso productivo y al gran número de restricciones presentes en los problemas reales.

Las condiciones particulares del sector de producción de material eléctrico añaden a la problemática ya mencionada la necesidad de adaptar las instalaciones a una producción flexible de gran cantidad de series cortas de productos, en mayor o menor medida diferenciados.

En este trabajo se plantea la solución aportada por el Área de Proyectos de Ingeniería de La Universidad de Oviedo a las necesidades concretas de una conocida empresa del sector que pretende optimizar sus cadenas de montaje y adaptarlas a sus nuevas instalaciones.

Bajo estas consideraciones, se requiere resolver simultáneamente dos subproblemas: uno, seleccionar la ruta en la que se ejecutaran las tareas y dos, asignar las tareas a las estaciones de manera que, dado un tiempo ciclo, permita minimizar el número de estaciones requeridas para procesarlas. Todo ello bajo las restricciones de espacio típicas de este tipo de problemas.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Las cajas generales de protección son aquellas que alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación, siendo su finalidad principal proteger las líneas de distribución eléctrica. Se instalan preferentemente sobre las fachadas exteriores de cada edificio, en lugares de libre y permanente acceso. (El nuevo reglamento de baja tensión obliga a instalarlas en el exterior, por motivos de seguridad). Su situación se fija de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

En la figura 1 se pueden observar una serie de cajas generales de protección correspondientes a diferentes amperajes.



*Figura 1. Cajas Generales de Protección para distintos amperajes.*

En su interior, las cajas generales de protección albergan, principalmente, un fusible para cada línea y un neutro. Los fusibles son dispositivos protectores, cuyo principio de interrupción se basa en la fusión de un elemento conductor. Una vez iniciado el proceso de fusión, se produce el arco eléctrico dentro del fusible, siendo posteriormente apagado por medio del material de relleno. Desempeñan un papel vital en la protección de las redes eléctricas, asegurando que los efectos de los fallos que inevitablemente ocurren sean limitados y que la continuidad del suministro eléctrico a los consumidores sea mantenida a un alto nivel.

El tipo de fusible instalado en las cajas generales depende del amperaje que pase por ellas, las cajas de 40 A y 80 A llevan fusibles de tipo UTE, y están protegidos mediante bases modulares con tapa que permite su apertura. El resto de las cajas (100, 160, 250 y 400 A) llevan fusibles del tipo NH. Estos fusibles son sujetados en bases denominadas cuchillas (formada por una parte fabricada de material plástico y otra metálica).

Las cajas generales de protección están fabricadas a partir de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Garantizan una total estabilidad de las características mecánicas, así como de protección y aislamiento eléctrico. Son autoextinguibles en caso de incendio, de gran resistencia al choque y a la alta temperatura.

En el presente artículo se expone el esquema de proceso desarrollado por el Área de Proyectos de Ingeniería de la Universidad de Oviedo para la creación de una línea de montaje de cajas generales de protección así como el diseño de un sistema de almacenamiento de versátil y dinámico cuyo fin es alimentar de componentes a la mencionada línea de montaje.

## **2. SITUACIÓN DE PARTIDA.**

Como situación de partida se encuentra la necesidad de una empresa del sector de trasladar y reorganizar su línea de montaje de cajas generales de protección.

El trabajo desarrollado por parte del Área de Proyectos estuvo enfocado al estudio de los puestos y adecuación de los mismos al trabajador/a, cálculo de los componentes necesarios en función de la producción y, como ya se ha mencionado, diseñar una línea funcional y eficaz.

## 2.1 Estado de la Actividad.

Un primer estudio de la situación de la planta a trasladar y optimizar mostró una línea de montaje como la que se indica en el esquema de la figura 2.

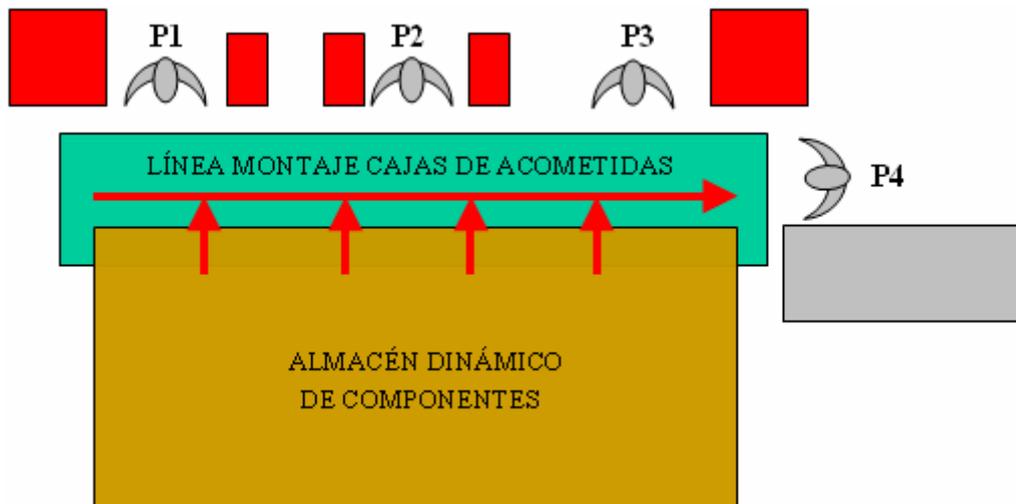


Figura 2. Esquema general de la línea de montaje inicial

Para la fabricación de cajas de acometida inicialmente se disponía de 4 operarios/as situados como se indica en la figura 2 y separados entre sí por carros de material. Un estudio detallado de esta disposición arrojó una serie de conclusiones sobre la eficiencia del mismo pudiendo destacarse una serie de factores tanto positivos como negativos para la productividad de la línea.

Como factores negativos primordiales resaltan:

**Alturas de los estantes o baldas.** Tras un seguimiento de todas las operaciones llevadas a cabo por los operarios que se encontraban en la línea de montaje de cajas de acometidas sólo el que se encontraba en el puesto 2 cogía un componente de las baldas de la estantería dinámica, el resto ponía todos los componentes que necesitaban en carros situados en los laterales.

**Recepción de la caja.** Otro inconveniente desde el punto de vista ergonómico de trabajo radica en que la disposición actual de la línea obliga a los operadores a girarse para ver la caja de acometida que les llega, Este punto sólo incide en la comodidad de trabajo del personal teniendo muy poca repercusión sobre la productividad.

**Traslado de la caja entre puestos.** Para desplazar la caja entre puestos en sus diferentes estados de montaje los operadores deben empujarla, pues trabajan directamente sobre una línea de rodillos, y muchas veces no le llega con suficiente fuerza a la persona del puesto siguiente que tiene que estirarse para cogerla o utilizar un gancho. Este aspecto incide muy negativamente en la productividad aumentando los tiempos de operación y disminuyendo considerablemente la comodidad del operario.

**Modo operativo.** Debe colocarse una tabla en la base del cuerpo de la acometida, ya que esta no tiene el peso suficiente para que el rozamiento haga girar los cilindros.

**Disponibilidad de componentes.** También suelen utilizar este gancho para acercar cajas de componentes que quedan frenadas en la estantería dinámica sin llegar al tope de la balda. Ese mismo gancho también se tiene que utilizar cuando las cajas quedan atascadas en la línea de rodillos que hace las veces de mesa de trabajo e interconexión entre puestos. El empleo del gancho es pues un elemento claro a eliminar en el diseño de la línea de montaje optimizada.

**Disponibilidad de componentes II.** El espacio entre los cilindros locos y el hecho de que manejen componentes pequeños que se extraen de los carritos y depositan directamente sobre la tabla de madera que soporta la caja hace que muchos de dichos pequeños componentes (tornillos, tuercas) caigan al suelo. Esto es consecuencia directa de no tener al alcance natural de las manos dichos componentes.

**Estructura de la línea.** El hecho de que delante de la línea estén las estanterías de almacén dinámico de material (ver figura 2) hace que los operarios tengan sensación de trabajar frente a un “muro”. Este hecho debe evitarse en la medida de lo posible para mejorar las condiciones del puesto

**Estructura de la línea II.** Aún llegando a coger los distintos componentes de los estantes del almacén dinámico el movimiento resulta incómodo y poco ergonómico, requiriéndose una altura mínima de 1,70m para tener siquiera acceso al segundo estante.

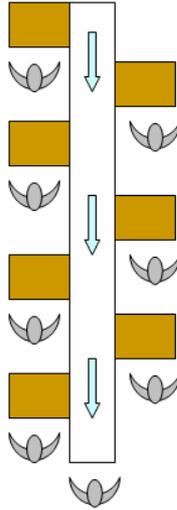
Como factores positivos es posible destacar:

**Numero de operarios.** Esta disposición presenta una ventaja fundamental respecto a un esquema de montaje tradicional basado en una línea (Figura 3), dicha ventaja reside en la disminución del número de operarios necesarios para fabricar cajas de acometida.

**Flexibilidad de los puestos.** La disposición de la línea actual permite una cierta flexibilidad de los puestos según el tipo de montaje llegando en caso necesario a poder llevarse a cabo el montaje por un único operador que se desplaza con relativa facilidad entre puestos sorteando los carros y carritos de componentes

**Optimización del espacio.** La línea de partida precisa de muy reducido espacio para llevar a cabo el montaje de la caja de acometida

**Sistema de Almacenamiento.** El sistema de almacenamiento dinámico optimiza el espacio de trabajo en gran medida y dota al sistema de una gran flexibilidad a la hora de organizar el trabajo a lo largo de la jornada laboral



*Figura 3. Esquema general de una línea de montaje tradicional*

## 2.2 Parámetros de diseño.

Para definir los parámetros de diseño en la generación de propuestas de nuevas líneas de trabajo se han tenido en cuenta una serie fundamental de criterios:

Organización y puesto de trabajo:

- Criterios Antropométricos: estudio de las dimensiones físicas y humanas y sus variaciones
- Criterios Biomecánicos: estudio de las personas en su relación con el trabajo, cuando se encuentran en posición estática y de movimiento o dinámica.

Ergonomía del puesto de trabajo:

- Condiciones de entorno medio – ambientales
- Riesgos de accidentes
- Análisis dimensional del Puesto de Trabajo

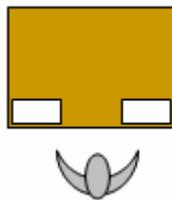
Siguiendo los criterios mencionados se han fijado la siguiente serie de parámetros:

- El operario debe trabajar de pie con objeto de incrementar su producción.
- La disposición de la línea debe dar una respuesta adecuada para la situación más desfavorable.
- Los distintos elementos que componen la caja deben estar ergonómicamente dispuestos y con la mayor eficiencia posible (en todo momento al alcance del operador por medio de movimientos naturales)
- Los elementos más voluminosos deben disponerse al alcance del operador en cantidades adecuadas para facilitar su manejo y minimizar los tiempos perdidos en reposición.
- Las instalaciones deben permitir en lo posible la máxima flexibilidad de los puestos de trabajo para permitir el mejor ajuste posible a las disponibilidades de personal.
- Las instalaciones deben ser lo suficientemente flexibles para permitir realizar toda la variedad de cajas estudiadas.
- Las instalaciones deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a distintas cantidades de elementos necesarios para el montaje.

- La caja debería llegar al operario en la posición óptima de manipulación (vista de frente por el operario)
- Se debe evitar en la medida de lo posible el empleo de elementos portantes.
- El flujo del producto debe coincidir en la medida de lo posible con la disposición natural de entradas y salidas de la nave que lo acoge.
- Deben evitarse en la medida de lo razonable las interferencias visuales que limiten la iluminación del puesto de trabajo o generen situaciones claustrofóbicas.
- Deben seguirse criterios que minimicen el consumo extra de energía en el proceso por lo que se evitaran en la medida de lo posible el empleo de cintas transportadoras para intercomunicar los puestos de trabajo.
- Así mismo se seguirá el criterio de mínimo mantenimiento de las instalaciones.

### 3. SOLUCIÓN ADOPTADA

Como **primera solución** se dimensiona el montaje de un nuevo tipo de mesa de trabajo que contiene zonas específicamente destinadas a albergar determinado tipo de componentes de pequeño o mediano volumen (Ver Figura 4). Dichas zonas son receptáculos de tamaño estándar donde encajaran bandejas intercambiables que contienen los elementos mencionados.

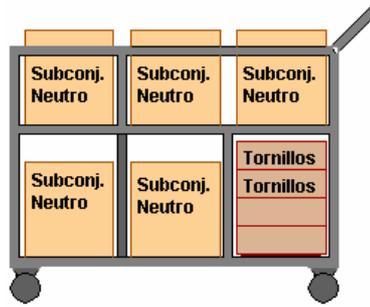


*Figura 4. Esquema general de la mesa de montaje*

Este sistema elimina el tiempo empleado en coger componentes de la bandeja y depositarlos sobre la mesa (los componentes ya están sobre la mesa y al alcance ergonómico de la mano). Por otra parte elimina los tiempos innecesarios de búsqueda y selección de componentes sobre la mesa que tienden a mezclarse y desplazarse de forma caótica. Finalmente desaparecen los riesgos ocasionados por la caída de elementos al suelo y las pérdidas de tiempo inducidas por su recolección.

Por otra parte se definió y dimensiono un elemento de transporte y almacenamiento de material cuya finalidad principal es situar al alcance de los operadores aquellos componentes que por su volumen no puedan albergarse en los receptáculos dispuestos en las mesas a tal fin.

Dicho elemento (carro) esta dimensionada para disponer de dos niveles de almacenamiento, uno superior accesible en todo momento para el operador, desde donde obtendrá elementos tales como neutros y bases precisos para el montaje, y un segundo nivel inferior donde podrán encontrarse tanto cestas de gran volumen para reemplazar a las del nivel superior (una vez vaciadas) como cestas de menor volumen destinadas a encajar en los huecos de las mesas. Ver figura 5.



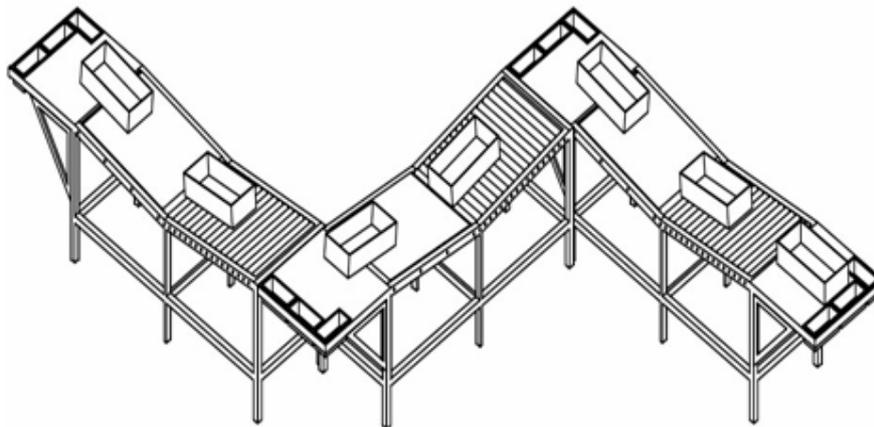
*Figura 5. Esquema general del carro diseñado.*

Dichos carros son regulables en altura y están dotados de rudas con freno para facilitar su integración y funcionalidad en la línea. Las dimensiones del carro se ajustan a las necesidades de producción, gran parte de los precomponentes se dispondrán directamente sobre ellos y gracias a su movilidad y versatilidad mejorarían la eficiencia conjunta reduciendo el trabajo de almacenero.

### **3.1 Distribución en planta.**

Se presenta en este apartado la distribución en planta definitiva que sigue los criterios de diseño considerados como primordiales y se ajusta, con alto grado de éxito, a los deseables. Por supuesto la elección de este esquema de línea supuso la evaluación y descarte de un considerable número de alternativas viables

En la Figura 6 puede apreciarse la disposición seleccionada, en ella se estarían realizando cajas de acometida para las que se trabajaría con cuatro puestos. Esta disposición presenta como principales ventajas la gran cantidad de espacio operativo alrededor del operario lo que las dota de una gran flexibilidad para casos extremos en los que el número de operarios sea bajo.



*Figura 6. Esquema general de la línea de montaje diseñada.*

Siguiendo este diseño las necesidades de espacio en planta no son elevadas, si bien son mayores que las exigidas por la línea actual, teniendo presente que las necesidades de almacenamiento intermedio se verían notablemente reducidas.

Las condiciones de visibilidad e iluminación de los operarios siguiendo esta disposición son óptimas evitándose situaciones claustrofóbicas.

Por otra parte todos los movimientos de los operarios para acceder a los componentes quedan dentro de los rangos naturales de movilidad, así mismo, las cajas llegan siempre de frente a los operadores, lo que conlleva una ventaja desde su punto de vista pues facilita el trabajo.

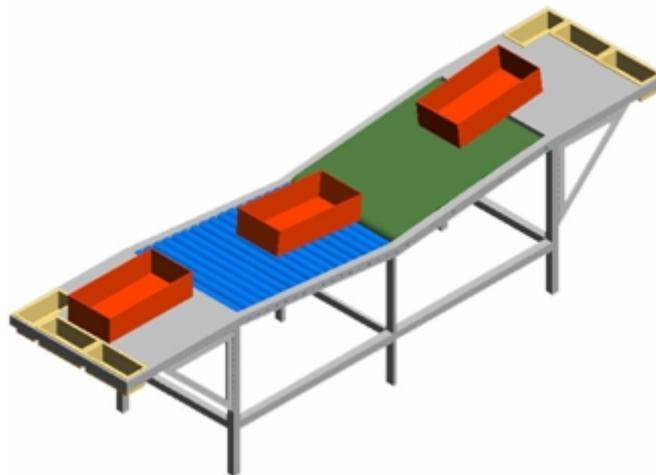
### 3.2 Conexión entre puestos.

Se pretende mantener un criterio de independencia entre puestos de tal manera que el puesto de trabajo más lento no vea interferida su zona de trabajo por la acumulación de cajas que han sido ya terminadas por el puesto anterior

La disposición diseñada ha conseguido dos ventajas principales, por un lado el empleo de cintas de rodillos locos dotadas de la inclinación suficiente para no exigir gran esfuerzo de empuje por parte del operador, y por otro, el empleo de cintas transportadoras motorizadas, pudiendo estas ser accionadas por el operador ante demanda según las disposiciones.

En la figura 7 puede verse de manera esquemática la disposición que presentará el sistema de interconexión, donde las cintas transportadoras van equipadas con un pedal que activa la motorización mientras se mantiene pulsado lo que permite al operador un control total de su buffer de almacenamiento de cajas sin distraer su atención del montaje.

La disposición ergonómica del pedal asegura la adecuada fluidez del proceso de montaje.



*Figura 7. Esquema de interconexión basado en rodillos y cinta transportadora.*

## 4. CONCLUSIONES.

Como conclusión al presente artículo puede decirse que se han identificado las necesidades productivas de la empresa mencionada, así mismo se han formulado una serie de parámetros de diseño para la creación de una nueva línea de montaje de cajas generales de protección.

Partiendo de lo mencionado en el párrafo anterior se ha diseñado un nuevo sistema de montaje que representa una revolución a nivel de filosofía de trabajo y que introduce una notable serie de mejoras en los procesos productivos de la fábrica en cuestión.

Por otra parte se han detectado e integrado en el diseño las necesidades específicas de los operadores compatibilizando criterios ergonómicos y productivos hasta llegar un sistema eficiente y flexible.

El sistema propuesto facilita la gestión de los almacenes y aumenta el grado de independencia de los operadores que ya no precisan de la continua supervisión de un operador a sus tareas.

Por tanto y como conclusión final puede afirmarse que se ha resuelto con un alto grado de éxito y aceptación la difícil tarea de diseñar una línea de montaje de cajas de acometida que se adapte a unas necesidades de producción flexibles y a unas disponibilidades de mano de obra variables.

## 5. REFERENCIAS.

[1] R. Filliger and M. -O. Hongler “**Cooperative flow dynamics in production lines with buffer level dependent production rates**”, European Journal of Operational Research, Volume 167, Issue 1, 16, Pages 116-128, 2005.

[2] Eric Min-yang Wang, Mao-Jiun Wang, Wen-Yu Yeh, Yu-Chuan Shih and Yu-Cheng Lin ”**Development of anthropometric work environment for Taiwanese workers**”, International Journal of Industrial Ergonomics, Volume 23, Issues 1-2, 1, Pages 3-8 , 1998.

[3]”**Interactive effect of ergonomics and production engineering on shoulder-neck exposure — A case study of assembly work in China and Sweden**”, International Journal of Industrial Ergonomics, Volume 20, Issue 1, , Pages 75-85 1997.

[4] *Georges Toulouse*” **Training and ergonomics in production line work**” *Safety Science*, Volume 23, Issues 2-3, Page 193 July-August 1996.

## 6. CORRESPONDENCIA

Francisco Javier de Cos Juez.

Universidad de Oviedo

Área de Proyectos de Ingeniería

Independencia, 13 33004-Oviedo-(Asturias)

Tfno: +34 985 104272

Fax: +34 985 104256 E-Mail; [decos@api.uniovi.es](mailto:decos@api.uniovi.es)