



**Escuela Superior de Ingenieros de
Sevilla Departamento de Organización
Industrial y Gestión de Empresas**



Proyecto Fin de Carrera

***Diseño de una cadena de producción de
altavoces y redistribución de talleres.***

Cristina Amador Naranjo

Sevilla, Julio 2003

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría mencionar a todas aquellas personas sin las cuales este proyecto no se podría haber realizado:

A mi tutor, el Profesor Don José Guadix del Departamento de organización de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, por su dedicación y ayuda.

A mi tutor de prácticas, Frédéric Sandau, Director de Producción de la empresa, por brindarme la oportunidad de trabajar en este enriquecedor proyecto, por su confianza y disponibilidad absolutas.

A todos los miembros del Departamento de Métodos, especialmente a Christophe Grabovica y Jean Luc, por poner a mi disposición todos sus conocimientos y experiencia.

A los operarios, por su paciencia y comprensión.

Y muy especialmente a mis padres, familia y amigos, gracias a todos por vuestro apoyo, ayuda y confianza.

ÍNDICE	
1. OBJETIVOS	3
2. LA EMPRESA: SITUACIÓN ACTUAL E INSTALACIONES	6
2.1 LA EMPRESA	6
2.1.1. Historia de la empresa	6
2.1.2. Productos	7
2.1.3. Medios de producción y desarrollo.....	10
2.1.4. Distribución comercial	12
2.1.5. Cifras.....	12
2.2. LAS INSTALACIONES.....	13
2.2.1. Edificio A	13
2.2.2. Edificio B	14
2.2.3. Edificio C.....	14
2.3. LAS ZONAS DE ESTUDIO	15
2.3.1. Edificio A. Zona de montaje de altavoces	15
2.3.1.1. Producción de altavoces.	15
3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS. SITUACIÓN IDEAL	29
3.1. DISTRIBUCIÓN	29
3.1.1. Problema de distribución. Situación actual.....	29
3.1.2. La situación ideal en la distribución.....	30
3.2. PRODUCCIÓN.....	32
3.2.1. Problema de producción. Situación actual	32
3.2.2. La situación ideal en la distribución.....	43
4. PROPUESTA DE SOLUCIONES. ELECCION FINAL.....	46
4.1 SOLUCIONES AL PROBLEMA DE DISTRIBUCION.....	46
4.1.1. Presentación de las soluciones.....	47
4.1.1.1. Soluciones que no requieren un traspaso de talleres	47
4.1.1.2. Soluciones que requieren un traspaso de talleres	48
4.1.2. Estudio de las soluciones.....	50
4.1.2.1. Carga de líneas.....	52
4.1.2.2. Ventajas e inconvenientes	60
4.1.2.2.1. Solución A	60
4.1.2.2.2. Solución B.....	62
4.1.2.2.3. Solución C.....	63
4.1.2.2.4. Solución D.....	65
4.1.2.2.5. Solución E.....	66
4.1.2.3. Estudio económico.....	71
4.1.3. Elección de la solución definitiva para el problema de distribución....	80
4.2. SOLUCIONES AL PROBLEMA DE PRODUCCIÓN	81
4.2.1. Ensayo	92
4.2.1.1. Consecuencias del ensayo	101
4.2.2. Estudio de la nueva cadena de Producción	105
4.2.2.2. Distribución de puestos en la cadena	106
4.2.2.3. Capacidad de las líneas según el número de puestos	109
4.2.2.4.1. Altavoz ensamblado en vertical: Un puesto	117
4.2.2.4.2. Altavoz ensamblado en vertical: Dos puestos.....	122
4.2.2.4.3. Altavoz ensamblado en vertical: Cuatro puestos	126
4.2.2.4. Viabilidad de las cadenas de producción	115
4.2.3. Elección de la solución para resolver el problema de producción.....	135

5.CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	140
6.BIBLIOGRAFÍA.....	143
ANEXO I CRONOLOGÍA DEL PROYECTO.....	144
ANEXO II LÍNEA D.O.P.E.1.....	146
ANEXO III DESPLAZAMIENTOS.....	151
ANEXO IV PLANOS.....	152
ANEXO V. FOTOS DEL TALLER DE PRODUCCIÓN.....	154

1. OBJETIVOS

La realización de este proyecto ha tenido lugar en el seno de una empresa francesa dedicada a la producción de altavoces. Para su realización fueron necesarios seis meses de prácticas en el departamento de Métodos durante los cuales se trabajó conjuntamente con el de Calidad y Producción. El conocimiento de los talleres, operarios y técnicas, así como un contacto directo con todas las partes implicadas han sido esenciales para la consecución con éxito de éste.

Los objetivos marcados fueron dos muy distintos pero totalmente dependientes, por un lado existía un problema de espacio dentro de las instalaciones, con lo que parte del stock se encontraba almacenado en una empresa exterior dedicada a prestar este tipo de servicio (mensualmente los gastos de alquiler ascendían a 10 Euros por palé). Esta falta de espacio y organización, debida sobre todo a una mala distribución en los edificios y sus correspondientes costes, tuvieron como consecuencia el comienzo de un estudio en el que serían propuestas distintas posibles soluciones para resolver este problema. Se estipularon los aspectos económicos, de implantación, de flujos, de viabilidad, etc. que serían considerados a la hora de hacer la elección de la distribución. El objetivo principal era la optimización de la superficie disponible a la vez que se obtenía una mayor organización, orden y limpieza. Para ello, se intentaría en la medida de lo posible agrupar todos los almacenes por un lado y las zonas de producción por otro, tres de las soluciones que se explicarán en el siguiente capítulo tienen como base esta idea.

Una vez elegida la nueva distribución de las instalaciones, se procedería a la redistribución de la zona de producción dedicada al montaje y embalaje de los altavoces destinados al uso doméstico (Home Cinema). Para ello se clasificarían los distintos modelos de altavoces, según el tamaño, nivel de la gama a la que corresponden y sus características generales. Actualmente existe un taller especial para los modelos de más alta gama (Utopía), otro taller donde se realizan los de la gama media cuyo tamaño es grande y una cadena de producción que ha sido diseñada en un proyecto llamado D.O.P.E.1 (Desarrollo y Optimización de la Producción de Altavoces) en la que se montan y embalan los altavoces de gama media cuyo tamaño es más pequeño.

Según el espacio, el tamaño y la carga de trabajo que se estimaba a medio y largo plazo, se pretendía una nueva distribución de estos talleres.

Finalmente el último objetivo sería el diseño de una cadena de producción para los modelos de la gama media de tamaño grande, con modificaciones de los métodos actuales, para mejorar la producción, respetándose siempre la calidad y acabado final del producto.

Uno de los problemas que se presentaba en la forma de trabajar era debido al rápido crecimiento de la demanda de mercado. Para satisfacerla y en favor de los adelantos tecnológicos (este punto es muy importante ya que se trata de productos que continuamente están evolucionando), se habían dejado a un lado aspectos como por ejemplo, el estudio de los métodos de producción, las cadenas se habían quedado obsoletas debido a la casi nula inversión en nuevo utillaje... En general, el crecimiento de las exigencias de producción había sido tan grande, que no había dado tiempo a modificar y adaptar ni las instalaciones ni los métodos, las investigaciones se habían estado basando en el diseño y la acústica de los altavoces, habiéndose dejado apartados aspectos como las mejoras en cuanto a producción, flujos, etc.

En definitiva, se continuaba produciendo de la misma manera que hacía veinte años, pero en mayores cantidades. El número de empleados también había crecido, aunque en proporción menor a la demanda, con lo que a estos se les exigía más siendo las prisas la tónica dominante en la fábrica.

El proyecto se divide en dos partes, cada una de ellas con unos objetivos particulares, a continuación se explican.

1. Estudio de la redistribución de los talleres, debido a la falta de espacio causada por una inadecuada organización de las instalaciones:

Las etapas de estudio de este apartado son:

- Análisis de la situación actual para determinar las necesidades.
- Descripción de la situación deseada (problema de las 5 «w», estudio del Qué (what), Dónde(where), Cuándo (when), Quién (who) y Cómo (how)).
- Propuesta de las distintas posibles soluciones, que aproximan la situación actual a la deseada.
- Estudio de la factibilidad de las soluciones.
- Crítica (ventajas e inconvenientes) de aquellas soluciones que son factibles, tanto a nivel de producción, flujos, implantación, como de calidad, estudio de costes y rentabilidad (TIR, Payback, VAN).

- Elección de la solución óptima.
- Redistribución de la zona de producción, según la carga de líneas, tamaño altavoces, gamas...

2. Estudio del proceso de producción de los altavoces de gama media y tamaño grande, con el objetivo de obtener una mayor productividad:

El análisis y desarrollo de este apartado requirió de mayor tiempo de estudio y los pasos seguidos para su ejecución fueron los siguientes:

- Análisis de la situación actual para determinar los posibles fallos, con el objetivo de corregirlos y aumentar la productividad.
- Descripción de la situación objetivo (problema de las 5 «w»).
- Búsqueda de soluciones posibles para mejorar el proceso.
- Estudio de la factibilidad de las soluciones propuestas.
- Diseño de las posibles nuevas cadenas de producción aplicando las mejoras apropiadas y teniendo en cuenta la nueva distribución de talleres y la superficie disponible.
- Elección de la nueva cadena de producción a implantar.

Para la realización de este proyecto ha sido indispensable la experiencia de los operarios, jefes de taller y los encargados del almacén. A su vez, la consulta a distintos proveedores ha permitido obtener unos costes aproximados de la futura cadena de producción, así como de los costes de las obras, mudanzas etc.

2. LA EMPRESA: SITUACIÓN ACTUAL E INSTALACIONES.

2.1 LA EMPRESA.

2.1.1. Historia de la empresa

Fundada a comienzos de 1980, en St Etienne (Francia), sus inicios fueron como pequeño taller en el seno de una empresa mecánica de precisión. Sólo contaba con dos personas, uno de las cuales es el actual empresario Jacques Mahul, ingeniero de formación que se especializó en el diseño de altavoces.

Gracias a la originalidad de la concepción de sus productos diseñados en este taller se consiguió rápidamente una fama internacional. Aprovechándose de esta y paralelamente a la producción de altavoces destinados al uso para los constructores de equipo de alta calidad, la sociedad lanzó su gama de altavoces acústicos.

Se evolucionó con creaciones originales sobre todo en el terreno del altavoz de estantería con el famoso sistema DB 13 con doble bobina capaz de ofrecer una fuerza de sonido comparable a la de sistemas de pie más grandes.

Una política de desarrollo muy activa hizo hincapié en adaptar mejor las gamas propuestas a las exigencias de los mercados y asociada a un «estilo» de sonido que une musicalidad y dinamismo ha permitido a esta empresa situarse como el líder en el mercado francés del altavoz acústico. En 2001, la sociedad representa un 15% de las cuotas de mercado en valor de ventas de altavoces en Francia.

A su vez, la exportación se fue consolidando en Europa, en América del Norte y en el Sureste de Asia. Esta última zona ha experimentado un fuerte crecimiento estos últimos cinco años gracias a un fuerte desarrollo de la notoriedad del nombre de marca y a la obtención de numerosos premios. El modelo Vega fue elegido en Japón como «Altavoz del año 92», primer premio de esta categoría para un producto francés.

En 1996, el modelo Grande Utopia obtuvo los elogios de la prensa internacional y hoy día se le considera como uno de los cinco mejores altavoces comercializados en la actualidad. En 1997, otro modelo llamado Utopia fue recibido con entusiasmo en el salón audio más importante del mundo. Un vehículo, equipado íntegramente con componentes de altavoces de producción propia, ganó dos premios en

el concurso para la categoría «Calidad de Sonido Experto» que se celebró en Greenville, NC, Estados Unidos.

En 2001, la oferta estructurada juiciosamente en cuatro líneas consigue aportar una solución de referencia en cuanto a la segmentación del mercado, abarcándose de la gama más simple a la más alta.

En el espacio de cuatro años, con un crecimiento del 25% al año, la empresa ha duplicado su facturación, estando su futuro cada vez más vinculado al mercado internacional, con un 56% dedicado a la exportación.

2.1.2. Productos

En lo que a productos se refiere, la empresa, sólo se dedica a aquellos relacionados con la reproducción de sonido de alta fidelidad en todo lo que concierne a la parte acústica. Los productos ofertados por la empresa están agrupados en tres categorías: los componentes de altavoces, los sistemas de altavoz completamente integrados y los sistemas de audio para automóviles.

En 1999, la producción total de componentes de altavoces asciende a 450.000 unidades, la de los altavoces acústicos integrados a 95.000 piezas y la de los sistemas audio para automóviles a 90.000, con lo que es evidente que la mayoría de los altavoces va dirigida al hogar.

Los productos actuales propuestos a la clientela se distribuyen según tres secciones comerciales:

- COMPONENTS (un 5% de la facturación) que agrupa a los altavoces vendidos por separado a fabricantes de altavoces acústicos de alta fidelidad pero también a aficionados, vía tiendas especializadas.



Figura 1.Componentes.

- CAR (un 32% de la facturación) que agrupa a los altavoces y a los sistemas dispuestos para la instalación y destinados al mercado audio móvil. Es un sector que está experimentando un gran desarrollo en la totalidad del mercado.



- Figura 2.Car.

- HOME (un 63% de la facturación) incluye al conjunto de los altavoces acústicos integrados. Esta rama comercial sólo se destina a un uso meramente doméstico. Se encuentra una gran oferta de sistemas de cine doméstico (Home cinema) e incluso para colocar en la pared. Una amplia gama de modelos viene propuesta de esta manera yendo de 228,65 a 53.353 Euros la pareja. Por otro lado, existe una sección de gama alta bajo el nombre de línea Utopia que agrupa a nueve modelos destinados a los aficionados más exigentes.



Figura 3. Home.

Los componentes (a partir de ahora llamados Hps), son fabricados en el edificio B y utilizados más tarde para el montaje de kits para coches y altavoces destinados al uso doméstico. El esquema es el siguiente:

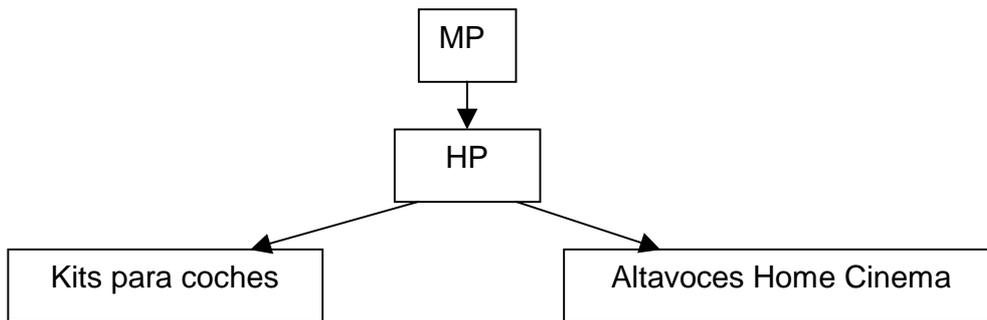


Figura 4. Esquema de materias.

El estudio se basa en el tercer grupo, los altavoces de uso doméstico, por lo que se describirán mas detalladamente.

Existen cuatro gamas:

- Gama **CHORUS**: En ella se pueden encontrar 10 modelos diferentes cada uno con tres terminaciones distintas.

Chorus 725,715,710,LCR700,707,706,705,CC700, SR700, SW700

- Gama **COBALT**: Con 6 modelos:

Cobalt 826,816,806,SW 800,SR 800,CC 800.

- Gama **ELECTRA**: fabricados de madera natural, con 8 modelos:

Electra 946,936,926,906,SW 900,SR 900,CC 901,CC 900.

- Gama **UTOPIA**: fabricados de madera natural con 9 modelos:

Grande Utopia, Utopia, Mezzo Utopia, Mini Utopia, Micro Utopia, Sub Utopia II, Center Utopia, Side Utopia, Mini Utopia IW.

Las gamas se han ordenado de más baja a más alta, es decir la gama Utopia es la más completa.

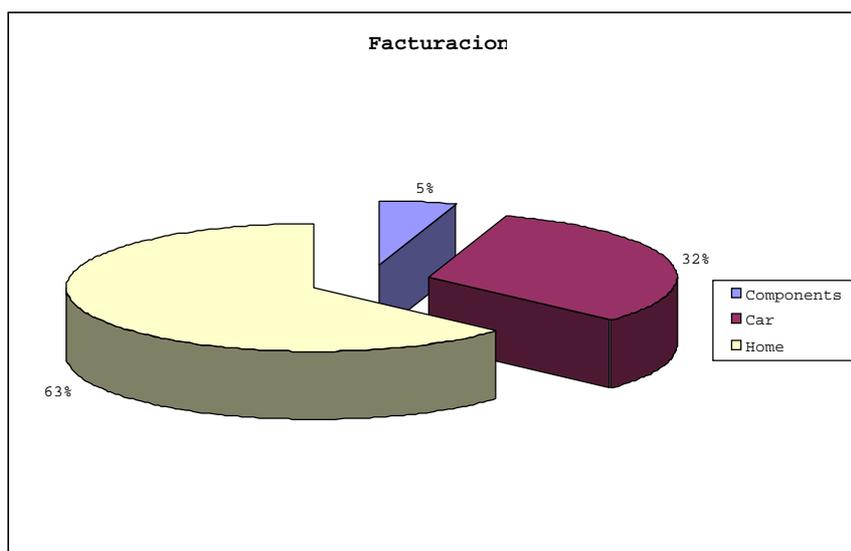


Figura 5. Facturación.

2.1.3. Medios de producción y desarrollo

Una de las fuerzas esenciales de la empresa reside en el pleno dominio de la realización de sus propios componentes, es decir altavoces, ebanisterías y filtros...

Durante los primeros diez años, la sociedad operaba en un espacio de 2.600 metros cuadrados en St Etienne, desde entonces ha evolucionado espectacularmente:

- A finales de los años 90, se crea un nuevo emplazamiento que acoge la sede y la unidad de producción de los altavoces acústicos integrados sobre una superficie de 2000 metros cuadrados.
- En 1992, se crea una nueva unidad de producción de altavoces de 1000 metros cuadrados en las instalaciones de St Etienne.
- En 1994, se moderniza la entidad de Pau, se amplía la zona para la producción de las ebanisterías a 3000 metros cuadrados.
- En 1996, se trasladan las instalaciones a Molina en el exterior de St Etienne, que cuenta con 5500 metros cuadrados y agrupa al conjunto de la producción de productos finales así como los laboratorios.

- En 1999, se crea un centro de investigaciones de 600 metros cuadrados, equipado con una cámara anecónica de 550 m³, con un laboratorio audiomóvil y con dos salas de escucha.

La organización se reparte en tres localizaciones: dos en St Etienne para los altavoces y los productos finales y una en Pau para las ebanisterías. El conjunto representa más de 10.000 metros cuadrados y cerca de 230 empleados entre los cuales alrededor de unas cuarenta personas trabajan en Pau.

La producción en St Etienne cuenta con un proceso poco automatizado pero requiere unos conocimientos especializados precisos y verdaderas cualificaciones, especialmente para los conos de altavoz y para los diafragmas, lo que evita la subcontratación de su fabricación.

Por el contrario, la unidad de producción de las ebanisterías en Pau cuenta con una alta automatización y con tres centros de fabricación numéricos desarrollados específicamente para cumplir con las normas de calidad estrictas.

Además, la empresa ha desarrollado sistemas con integración automatizada que vinculan la Producción, el Marketing, la Ingeniería, y la Contabilidad mediante lazos de comunicación modernos tales como intranet y internet. Estos sistemas facilitan una distribución rápida e interna de la información y proporcionan un apoyo de alta calidad para las compañías distribuidoras internacionales.

Todos los desarrollos se llevan a cabo dentro de la empresa por un equipo de diez ingenieros y técnicos. Estos se consagran:

- Al estudio de los distintos modelos de altavoces.
- Al estudio de los sistemas automóvil y al desarrollo en un laboratorio de sonido equipado con pruebas de vehículos para una medición in situ, una evaluación y una escucha.
- Al desarrollo de los sistemas de altavoz final que utilizan una cámara anecónica y dos salas de escucha especializadas; lo cual permite una comparación rápida y una correlación entre mediciones objetivas y resultados subjetivos.
- Al diseño y dibujos asistidos por ordenador.

2.1.4. Distribución comercial

Se considera importante añadir una pequeña nota relacionada con la distribución de los productos, en ella queda reflejada la filosofía de la empresa de la plena satisfacción del cliente. Existen dos casos, el primero se trata de la entrega directa a fabricantes, de los componentes para altavoces de alta calidad y un segundo caso que abarca el resto de productos, que se comercializan mediante una red de distribuidores exclusivos. En Francia, la empresa vela por distribuir directamente a los vendedores con los cuales la empresa mantiene ya desde hace varios años una relación de confianza mutua. Esta prohibida la venta de los artículos por internet, con el objeto de mantener un contacto directo con el cliente, aconsejarle a la hora de tomar la decisión, darle la posibilidad de asistir a la prueba y demostración de cómo funciona el producto, ofrecerle un servicio postventa adecuado a sus necesidades. Se evita de este modo el carácter impersonal de la compra y la posibilidad de venta de copias o falsificaciones. No se debe olvidar que los altavoces de la gama más alta pueden llegar a costar hasta 36.000 Euros la unidad, con lo que la calidad debe estar garantizada y respaldada por el distribuidor y la empresa en todo momento.

2.1.5. Cifras

A continuación se muestran algunos gráficos que permiten obtener una idea de las cifras de negocio de la sociedad.

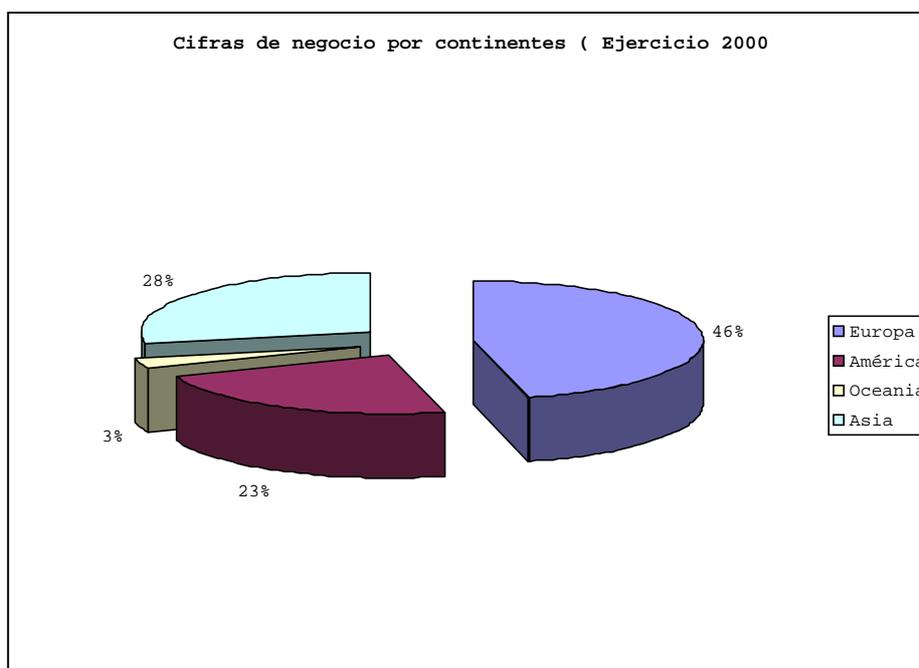


Figura 6. Cifras de negocio por continentes (2000)

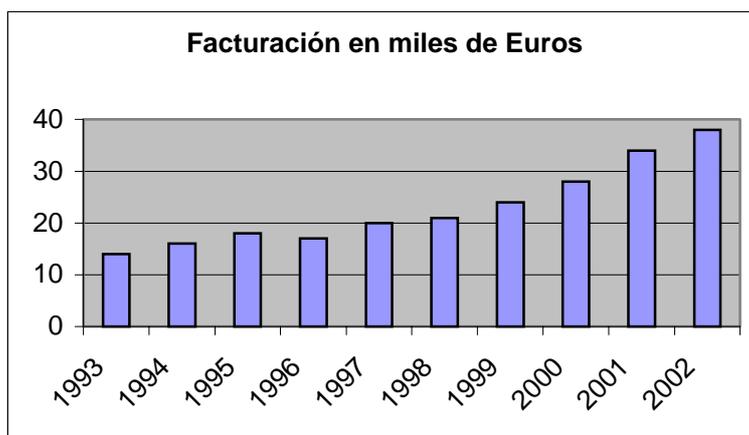


Figura 7. Evolución anual de cifras de negocio en miles de Euros

2.2. LAS INSTALACIONES

Una vez realizada una presentación general de la sociedad, se procederá al estudio más detallado de las instalaciones que se encuentran en St Etienne y que son el objeto del proyecto.

La planta está situada en un polígono industrial y consta de 5500 m². En toda su extensión existen tres edificios, los cuales a partir de ahora se denominarán como A, B y C y que a continuación se explican.

2.2.1. Edificio A:

Consta en su interior de:

- **Los talleres de fabricación de altavoces:** Existen dos distintos, uno (33,6m x 25,6m) para altavoces de gama media y baja (modelos Chorus, Cobalt y Electra) y una sala (22m x 10m) exclusivamente dedicada para los altavoces de la gama superior (modelos Utopia).
- **Tres almacenes:** uno destinado a los componentes necesarios para realizar el embalaje y las ebanisterías (23,2m x 25,6m), otro destinado a los productos finales y filtros, con las mismas dimensiones, y un tercero de menor dimensión (12,4m x 8,4m), donde se encuentran los materiales más pequeños, tales como tornillos, gomas, etc.

- **Oficinas** (situadas en la planta superior), sala de descanso, vestuarios, cuartos de baño y recepción.

En el Anexo IV aparece el plano del edificio A.

2.2.2. Edificio B:

Está compuesto de:

- **Los talleres de fabricación de kits para coches**, con sus oficinas correspondientes.
- **Los talleres de fabricación de HP**, donde se encuentra la única cadena de producción totalmente automatizada.
- **La zona de almacenaje de embalajes** (45,2m x 16m), componentes necesarios para la fabricación de HP, así como HP ya terminados y kits listos para ser llevados a expediciones.
- **Un nuevo centro de investigación** de 600 m² de los que la pieza principal es una inmensa “cámara sorda” de más de 550 m³. Dos auditorios están a la disposición del equipo de investigación para realizar las distintas medidas de sonido. Se cuenta con todo tipo de aparatos de última tecnología que ayudan a desarrollar multitud de avances relacionados con el tratamiento de las membranas de los componentes, a partir de ahora llamados HPs, los campos magnéticos, vibraciones del altavoz etc.
- **Oficinas**, sala de descanso vestuarios.
- En la planta superior se encuentra una zona destinada a la **producción de filtros** y de pequeños altavoces para coche. Esta parte queda exenta de este estudio.

En el Anexo IV se encuentra el plano del edificio B.

2.2.3. Edificio C:

En este edificio están las oficinas centrales, administración y una zona de almacenaje, llamada expediciones, de los productos listos para ser transportados de la fabrica a su lugar de venta. Este edificio quedará al margen del proyecto.

2.3. LAS ZONAS DE ESTUDIO

Las zonas a estudiar, para una posible redistribución de las instalaciones, son la zona de taller de montaje (salvo la sala dedicada a los modelos de alta gama) y almacén del edificio A y la zona de almacenes del edificio B. El resto deberá permanecer inalterado.

2.3.1. Edificio A. Zona de montaje de altavoces.

En este área (25,6 m x 34 m) se encuentran las actuales 7 mesas de producción de altavoces, cuya longitud es de 18 m cada una. Existe también un espacio destinado al almacenaje de los componentes de los altavoces, colocados sobre la pared.

2.3.1.1. Producción de altavoces.

La producción de altavoces se realiza siguiendo las instrucciones que contienen las órdenes de fabricación (OF), estas llegan procedentes del departamento de planificación y son recogidas por el jefe de taller. La planificación está basada en el número de líneas y trabajadores disponibles. Encargado del reparto de cargas para cada línea de producción, y de decidir los modelos y las cantidades que serán fabricadas cada día, el jefe de taller transfiere una copia de las OF a los encargados del almacén que preparan los lotes de componentes necesarios para cada línea. Las OF están a disposición de los operarios que comienzan a trabajar siguiendo sus instrucciones.

La producción de altavoces actualmente se realiza de la siguiente manera, trabajan dos personas por línea de producción, estos son, el operario de montaje y el de embalaje. La manera de operar es sobre todos los altavoces a la vez (en series de 12,16 ó 20 según modelos), es decir, comenzada una operación el trabajador no pasa a la siguiente hasta que ha terminado de realizar la anterior sobre todos los de la serie.

El operario de montaje se encarga de:

1. Colocar con la ayuda de otro operario la caja del altavoz (ebanistería) encima de la línea, **en horizontal**, y realizarle un test visual de calidad. Va colocándolas una a una y hasta que no se han testado todas no se pasa a la siguiente operación.
2. Lo segundo a realizar es la preparación del orificio donde será colocada la ventana transparente que permite ver el filtro desde el exterior, lo que imprime un carácter estético al producto. Para ello se lija la zona y se pinta con tinta china negra, para evitar que cualquier defecto sea percibido por el cliente. Una vez finalizado esta tarea, se gira el altavoz de forma que queda hacia arriba la cara donde irán colocados los transductores. Se introduce el filtro y se atornilla. Se introduce la bobina y se coloca sin ser atornillada aún.
3. A continuación se sitúan en su lugar correspondiente los cables, tanto del filtro como de la bobina, que serán conectados a los transductores más tarde. Para la colocación del cable del HP médium (componente que se encarga de los sonidos medios, ni agudos, ni graves) es necesaria la aplicación de silicona, que impedirá el movimiento de este dentro del altavoz.
4. Se introducen los trozos de guata, de una en una a través de los huecos destinados a los HPs y el tweeter (HP para tonos agudos), hasta que todas las paredes del interior quedan recubiertas. Se añaden unos protectores de goma para los dos HPs graves que evitan el contacto de estos con la parte interna de la ebanistería cuando se produce la vibración.
5. Se conectan los Hps y el tweeter a los cables del filtro y bobinas y se sitúan en sus emplazamientos con sus juntas de goma correspondientes. Son atornillados (cada uno tiene cuatro tornillos)
6. El tubo de viento que permiten la entrada de aire a la caja del altavoz, se encaja.

7. Se pone de pie el altavoz (a partir de este momento se trabaja con éste en vertical) y se pone el pegamento donde será colocada la ventana. Mientras se seca este pegamento, se atornilla la bobina (cuatro tornillos)

La realización del test acústico forma parte de las obligaciones de un técnico de calidad, que es el responsable de examinar todos los altavoces que pasan por cada línea. Esta operación se explicara más adelante.

El otro operario es el embalador que se encarga de:

1. Limpiar el altavoz. Esto lo hace en cuatro pasos, primero la parte delantera en la que se diferencian la limpieza de los tres HPs, con un producto que contiene una especie de silicona, del resto de los componentes (tweeter y tubo de viento) y por supuesto de la ebanistería. La segunda fase corresponde a la parte de arriba, para lo cual el operario necesita una pequeña escalera, la tercera en la que se limpian los laterales y por último, la parte trasera. En la parte trasera la ventana se limpia con un producto especial para cristales, distinto del usado para la ebanistería. Para la limpieza de la parte trasera, es el operario el que se desplaza y se coloca al otro lado de la línea, permaneciendo el altavoz en su posición anterior.

2. Una vez terminada la limpieza, la siguiente fase es la del pegado en la parte trasera de la etiqueta que contiene el número de serie, que coincide con el número de la etiqueta que va pegada a la caja de cartón de embalaje.

3. Preparar los cartones para el embalaje (grapado etc.), para ello es necesario un espacio de unos 9 m para depositar estos cartones ya preparados en espera de ser utilizados por el operario. En estos cartones se pega también la etiqueta con el número de serie de cada altavoz.

4. Se introduce el altavoz en su bolsa correspondiente y entre dos operarios se coloca en horizontal, la bolsa es cerrada y se colocan a ambos lados un material que protegerá al producto de posibles roces, golpes etc. El altavoz es transportado manualmente hasta la caja de cartón que contiene un cinturón también de cartón que rodeará al producto para impedir su movimiento dentro de la caja. Se introduce la bolsa con la garantía y se cierra la caja, que es trasladada y depositada en el palé.

Para facilitar la comprensión de todas las operaciones se adjunta a continuación una ficha de montaje donde cada una de ellas está detallada. Más adelante se adjuntarán unas tablas con los tiempos de ejecución de cada, todos los pasos para su realización, la distinción de aquellas operaciones que añaden valor al producto y las que no etc.

1 – Pintura del recuadro para la ventana



- Pintar el recuadro destinado a la ventana con tinta china negra con cuidado de no rebasar los bordes y de que el resultado sea homogéneo. Con esta operación se consigue un acabado perfecto. Esta operación se realiza con el altavoz horizontal.

Figura 10. Ebanistería.

2 – Colocación de los ganchos para la rejilla



- Insertar los cuatro ganchos para el posterior colocado de la rejilla con ayuda de una llave especial. Se realiza con el altavoz horizontal.

Figura 11. Ganchos para la rejilla.

3 – Preparación y colocación del filtro



- Preparar el filtro y colocar el caucho en el lateral

Figura 12. Filtro.



- Colocar el filtro de manera que quede perfectamente centrado con respecto a la ventana. Colocar los cables de forma que se evite el daño de estos durante el atornillado del filtro, tal y como se muestra en la fotografía.
- Atornillar el filtro (dos tornillos.)
Ambas operaciones se realizan con el altavoz en horizontal.

Figura 13. Colocación del filtro.

4 –Conexión y fijación de la bobina



- Conexión de la bobina respetando la polaridad. Sobre el filtro estos cables son denominados «IN» (entrada) Atornillar la bobina (cuatro tornillos)
Esta operación se realiza con el altavoz en horizontal.

Figura 14. Conexión de la bobina.

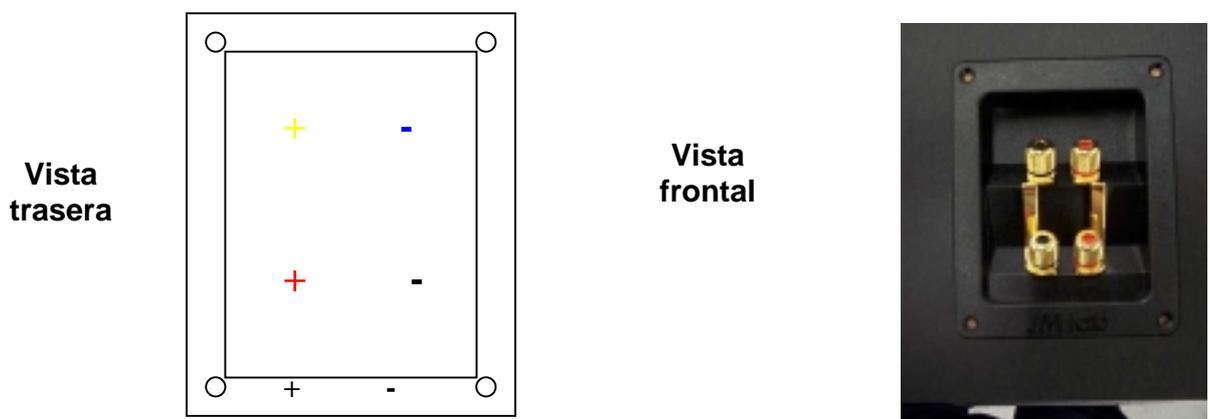


Figura 15. Vistas de la bobina frontal y trasera.

6 – Conexión y fijación de los transductores



Conectar el tweeter respetando la polaridad:

Verde + y marrón –

Figura 16. Conexión del tweeter.



Figura 17. Colocación del tweeter.

- Colocar la junta sobre el tweeter (HP para los sonidos agudos)
- Atornillar el tweeter (cuatro tornillos)
El conjunto de estas operaciones se realiza con el altavoz horizontal



Figura 18. Resultado del tweeter.

- Colocar dos trozos de goma para evitar que el Hp medium roce con la ebanistería como se indica en la fotografía.
- Colocar la junta sobre el Hp.
- Conectar el Hp respetando la polaridad:

Rojo + y negro –

- Atornillar el HP.

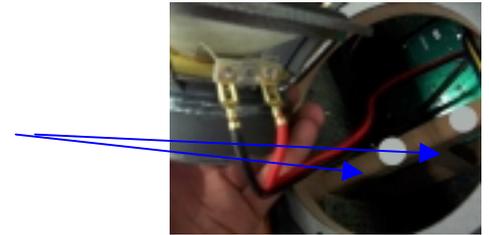


Figura 19. Gomas.



Figura 20. Resultado del HP.

7 – Colocación de la ventana



- Colocar la pegatina autoadhesiva en el recuadro donde se pegará la ventana.
- Retirarla.

Figura 21. Ventana

- Examinar la ventana y retirar la película protectora.



Figura 22. Ventana.



- Colocar la ventana verificando la inexistencia de polvo en el interior de su emplazamiento.
- Es importante mantener la ventana apretada durante al menos diez segundos para asegurar su pegado.

Figura23. Ventana y filtro.

8 – Embalaje



- Tras la formación de la caja de cartón donde será embalado el altavoz, se procede al pegado de la etiqueta que contiene el número de serie.

Figura 24. Cartón.

9 – Garantía



La bolsa de la garantía contiene:

- La garantía.
- Un manual de utilización.

Figura 25. Manual de usuario



Figura 26. Garantía

10 –Limpieza y embalado.



- Limpiar el altavoz por todas sus caras, con un producto de limpieza llamado Claroxal y la ayuda de un paño.
- Limpiar los Hps con un producto especial que contiene silicona, con cuidado de no rebasar los bordes.

Figura 27. Limpieza



- Examinar la rejilla y colocarla.

Figura 28. Rejilla.



- Pegar la etiqueta que contiene el número de serie que coincide con el de la etiqueta de la caja de embalaje.

Figura 29. Acabado final.



- Introducir la bolsa de plástico de embalaje.

Figura 30. Detalle borde altavoz



- Cerrar la bolsa y pegarla.

Figura 31. Embalaje.



- Colocar el corcho a ambos lados del altavoz, que servirá de protección.
- Colocar el cinturón alrededor del mismo, con lo que se evitan movimientos dentro de la caja.

Figura 32. Cartón



- Introducir la bolsa de la garantía.
- Cerrar la caja, graparla y colocarla sobre el palé.

Figura 33. Cierre caja.

Todo el proceso descrito es común para los modelos Cobalt y existirán ligeras variaciones para los modelos Electra. Se debe tener en cuenta que dependiendo del tamaño y peso de estos se presentan casos en los que el encargado de la limpieza y embalaje no puede realizar sólo su trabajo. Actualmente no existe ningún mecanismo que le facilite su tarea, se trata de una operación manual, por tanto es necesaria la ayuda de otro operario, normalmente el que trabaja en su línea correspondiente, lo que ocasiona paradas en la producción y como consecuencia graves pérdidas de tiempo y dinero.

Por otro lado, las operaciones que realiza el operario del segundo puesto son más rápidas que las del primero, la persona que realiza el montaje (los puestos no están equilibrados), con lo que existen tiempos ociosos de éste. Normalmente estos tiempos son aprovechados por el operario para ayudar a su compañero de línea, con lo que ambos puestos son intercambiables.

La forma de abastecer a los puestos es la siguiente. Dentro de la nave existen tres almacenes, de cada uno de ellos parten los distintos componentes que son necesarios para el montaje y posterior embalaje. El almacén de la derecha (6,4m x 5,8m) cuyo contenido es el cartón, el corcho y bolsas para embalaje, las cajas de altavoces y el material que recubre el interior del altavoz. Las cajas son llevadas mediante una máquina de transporte al comienzo de la línea de producción. Por otra parte todo lo relacionado con el embalaje es transportado hasta el final de la línea para ser preparado. El número de trabajadores de este almacén es dos.

El almacén de la izquierda (6,4m x 5,8m) contiene todos los filtros así como los productos acabados y embalados listos para ser llevados a expediciones(edificio C) el número de trabajadores del almacén es dos.

Por último, existe un almacén más pequeño (2,1m x 3,2m) dedicado a los componentes necesarios para el montaje, como pueden ser tornillos, cables y las etiquetas y garantías. Lo necesario para cada línea de producción es depositado en unas cajas que son situadas al lado del operario de montaje sobre unos carros.

2.3.2. Edificio B. Zona de almacén.

Esta zona de almacén situada en el edificio B (4m x 11,2m) está dividida en dos partes, la primera en la que se encuentran los HPs y una segunda donde se almacenan los filtros, embalajes y productos finales de kits para coches (realizados en este edificio), que esperan ser transportados a expediciones (edificio C). Los HPs que se fabrican en la nave B son almacenados aquí para ser utilizados en el montaje de los altavoces, con lo cual deberán ser trasladados del edificio B al edificio A, existe una pequeña parte que se utiliza en la producción de los kits, en este caso no tienen que salir del edificio, directamente son llevados a esta zona de montaje.

En esta zona trabajan 5 operarios que reciben, ordenan y transportan todo lo que sea requerido del almacén a través de unas instrucciones que vienen especificadas en las órdenes de fabricación (OF) Todo se planifica con una semana de antelación. Dos personas se encargan de realizar el control de calidad.

3.PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS. SITUACIÓN IDEAL.

En este apartado se describirán los problemas que existen tanto en el ámbito de la producción como en el de la distribución de las instalaciones y las consecuentes faltas de espacio. Tras su descripción, se explicará la situación ideal, es decir aquella que se pretende alcanzar, y que proporcionaría las mejoras esperadas.

3.1. DISTRIBUCIÓN.

3.1.1. Problema de distribución. Situación actual

El primer problema que se plantea es el de distribución. Se cuenta con unas instalaciones que se han quedado obsoletas y cuya distribución no permite un aprovechamiento óptimo de la superficie.

Como se ha comentado, la demanda y por tanto la producción ha aumentado tan rápidamente que no han dado lugar a la adaptación de las instalaciones. En un principio, toda la producción se tenía en el edificio B, y en el edificio A se encontraban las oficinas. Más tarde se construyó el edificio C para las oficinas y parte del montaje y embalaje de los altavoces para uso doméstico se trasladó al edificio A. Comenzaron a aplicarse soluciones rápidas a problemas que requerían un estudio y que conllevarían consecuencias a largo plazo. A partir de este momento se tuvo una disposición como la actual en la que los almacenes se encontraban repartidos por todas las naves. Las zonas de producción se encontraban entre los edificios B y C.

En el 2001 se contrató a una consultora para que realizara un estudio de la superficie y los métodos de producción. Los resultados fueron los que se temían:

- El número de altavoces producidos era pequeño en proporción a la superficie utilizada para ello. Un desaprovechamiento de metros cuadrados que obligaban a tener contratados los servicios de una subcontrata que se encargaba del almacén de un gran número de palés de productos finales, listos para ser vendidos.

- Las instalaciones del edificio A cumplían, pero bajo mínimos las condiciones de luz, acondicionado, etc. requeridas para la realización de un buen trabajo por parte de los operarios.
- En los almacenes, aparecía un cierto descontrol y desorganización como consecuencia de estar repartidos entre los edificios. Los componentes necesarios para el montaje de un altavoz se encontraban en dos edificios distintos, lo que provocaba la búsqueda de estos y enormes pérdidas de tiempo en desplazamientos.

Tras este estudio se concluyó la necesidad de plantear una solución a este problema. Primero se enumerarían los objetivos a cumplir y después y dependiendo de los medios disponibles se intentarían cumplir, en la medida de lo posible, estos objetivos.

3.1.2. La situación ideal en la distribución.

Como principal objetivo se planteó el máximo aprovechamiento de toda la superficie teniendo en cuenta las normas de seguridad, en lo relacionado con la anchura de pasillos, zonas de seguridad etc.

La comodidad a la hora de trabajar, evitar la sensación de agobio y la interrupción de los flujos dentro de las naves, eran objetivos primordiales. Para ello se consideró como posible solución la implantación de unos sentidos únicos en los pasillos siempre que estos no fueran lo suficientemente anchos para poder abarcar los dos sentidos.

Se necesitaba el orden, limpieza y organización de los almacenes para evitar pérdidas de tiempo que surgían al no encontrar los componentes que se buscaban. Un agrupamiento de estos resolvería muchos de los problemas mencionados.

El área de producción debía estar organizada por zonas de modo que un responsable de cada zona se encargara del orden de esta. Para la realización de una división de las zonas se estudiará la carga de trabajo de cada cadena de producción. Este estudio se centrará en la producción de los altavoces de uso doméstico.

Una mejor política de stocks y distribución de productos finales, hasta hora almacenados en el área de expediciones a la espera de ser transportados hasta su país de destino, podría proporcionar una mayor superficie a utilizar, y

la reducción de estos costes. Este aspecto resulta complicado ya que muchos de los productos utilizados, algunos filtros, embalajes, etc. provienen de otros países y son traídos en camiones o aviones. Resulta inviable económicamente un pedido menor del que pueda transportar un camión o un avión. En el caso de los productos finales, ocurre algo parecido. Se espera a tener la cantidad suficiente para completar un camión o avión. Las medidas a adoptar pueden ser una mejor y rápida gestión de estos productos, de forma que estén en almacenes el mínimo tiempo necesario.

3.2. PRODUCCIÓN.

3.2.1. Problema de producción. Situación actual.

Para su estudio, se detallan las tablas con las operaciones que se realizan sobre los altavoces. El modelo elegido para su estudio es el Cobalt 826. En cada línea de la tabla siguiente se tiene descrita la operación que se realiza, por orden de ejecución, y el tiempo que tarda en realizarse, en segundos. Este tiempo se ha obtenido de un cronometraje realizado en los talleres sobre varios altavoces del mismo modelo. Se trata de un tiempo medio recogido entre varias muestras, el número de muestras no podía ser demasiado pequeño, dejaría de ser significativo y tampoco demasiado grande, sería demasiado costoso (Richard L. Shell 1986). El jefe de métodos (basándose en su experiencia y con la ayuda de unos métodos estadísticos, intervalos de confianza) decidió que este número sería de 15 unidades.

La medición de tiempos se ha realizado, primero durante la producción normal de altavoces y más tarde durante una simulación sobre un altavoz, buscándose en todo momento la mayor exactitud en las medidas. A pesar de todo, hay que destacar que no son excesivamente precisas debido tanto a factores humanos como técnicos. Es importante tener en cuenta que estos tiempos dependen fuertemente del operario que realiza el trabajo, se han llegado a constatar unas diferencias en el montaje y embalaje de un altavoz que pueden ser incluso de varios minutos entre el operario más lento y el más rápido.

Aquellas operaciones que se encuentran sombreadas en azul, son las que no proporcionan valor al producto, son improductivas y se intentarán eliminar en la mayor medida posible.

Existen algunas operaciones que necesitan de dos operarios para su ejecución, se han señalado con un asterisco y un 2 (*2).

MONTAJE Y ENBALAJE DEL MODELO COBALT 826

	MÉTODO ACTUAL	TIEMPOS (S)		OPERACIÓN
1	Coger la ebanistería	6	*2	Colocación de la ebanistería sobre la línea
2	Ponerla sobre la tabla	2	*2	
3	Examinarla	26	68	
4	Coger el papel de lija	10		
5	Lijar	36		
6	Limpiar los restos con aire	4		
7	Soltar el papel de lija	4		
8	Coger la tinta china y la brocha	10		
9	Pintar	51		
10	Girar el altavoz	3	118	Preparación de la ventana
11	Coger el filtro	20		
12	Colocar el filtro	20		
13	Coger el atornillador	5		
14	Coger el tornillo	4		
15	Atornillar	11		
16	Coger el tornillo	4		
17	Atornillar	11		
18	Soltar el atornillador	4	79	Colocación y atornillado del filtro
19	Colocar los cables	48	48	Preparación de los cables del filtro
20	Coger la bobina	10		
21	Colocarla	28		
22	Girar el altavoz	3	41	Colocar la bobina
23	Preparar los cables	46	46	Preparación de los cables de la bobina
24	Coger el tornillo para la bobina	3		
25	Ponerlo sobre el altavoz	2		
26	Coger el tornillo para la bobina	3		
27	Ponerlo	2		
28	Coger el tornillo para la bobina	3		
29	Ponerlo	2		
30	Coger el tornillo para la bobina	3		
31	Ponerlo	2		
32	Coger el atornillador	5		
33	Atornillar	3		
34	Atornillar	3		
35	Atornillar	3		
36	Atornillar	3		
37	Soltar el atornillador	4	41	Conexión y atornillado de la bobina
38	Coger la junta adhesiva	12		
39	Pegarla	10	22	Colocación de la junta adhesiva para la
40	Coger la pistola con la silicona	10		
41	Aplicar la silicona	16		
42	Soltar la silicona	5	31	Silicona

Figura 34. Tiempos de montaje del modelo Cobalt 826

	MÉTODO ACTUAL	TIEMPOS (S)		OPERACIÓN
43	Girar el altavoz	3		
44	Coger la guata	8		
45	Plegarla	6		
46	Colocarla	28		
47	Coger la guata	3		
48	Plegarla	3		
49	Colocarla	15		
50	Coger la guata	4		
51	Plegarla	3		
52	Colocarla	23		
53	Coger la guata	4		
54	Plegarla	3		
55	Colocarla	10		
56	Coger la guata	4		
57	Plegarla	3		
58	Colocarla	12		
59	Coger la guata	4		
60	Plegarla	3		
61	Colocarla	10	149	Colocación de la guata
62	Coger la bolsa con los pies	10		
63	Preparar los pies	12		
64	Coger el atornillador	5		
65	Colocar el pie	4		
66	Atornillarlo	5		
67	Colocar el pie	4		
68	Atornillarlo	5		
69	Colocar el pie	4		
70	Atornillarlo	5		
71	Colocar el pie	4		
72	Atornillarlo	5		
73	Soltar el atornillador	4	67	Fijación de los pies del altavoz
74	Coger el tweeter	6		
75	Conectar los cables	18		
76	Colocar el tweeter	5		
77	Coger el atornillador	5		
78	Colocar el tornillo	3		
79	Colocar el tornillo	3		
80	Colocar el tornillo	3		
81	Colocar el tornillo	3		
82	Atornillar	4		
83	Atornillar	4		
84	Atornillar	4		
85	Atornillar	4		
86	Soltar la atornilladora	4	66	Conexión y atornillado del tweeter

Figura 34(Continuación) Tiempos de montaje del modelo Cobalt 826

MÉTODO ACTUAL		TIEMPOS (S)	OPERACIÓN
87	Coger la goma	10	
88	Cortar un trozo	2	
89	Colocar	4	
90	Cortar un trozo	2	
91	Colocar	4	
92	Cortar un trozo	2	
93	Colocar	4	
94	Cortar un trozo	2	
95	Colocar	4	34 Colocación de la goma
96	Coger el gancho para la rejilla	2	
97	Colocar	4	
98	Coger el gancho para la rejilla	2	
99	Colocar	4	
100	Coger el gancho para la rejilla	2	
101	Colocar	4	
102	Coger el gancho para la rejilla	2	
103	Colocar	4	24 Colocación de los ganchos para la rejilla
104	Coger la rejilla	4	
105	Examinarla	12	16 Examen de la rejilla
106	Coger las junta	8	
107	Colocar	3	
108	Colocar	3	
109	Colocar	3	
110	Coger el Hp	13	
111	Ponerlo sobre el altavoz	3	
112	Conectar los cables	16	
113	Colocar el Hp	6	
114	Coger el Hp	14	
115	Ponerlo sobre el altavoz	4	
116	Conectar los cables	14	
117	Colocar el Hp	6	
118	Coger el Hp	14	
119	Ponerlo sobre el altavoz	3	
120	Conectar los cables	14	
121	Colocar el Hp	6	
122	Coger el tornillo	4	
123	Colocar	3	
124	Coger el tornillo	4	
125	Colocar	3	
126	Coger el tornillo	4	
127	Colocar	3	
128	Coger el tornillo	4	
129	Colocar	3	
130	Coger el tornillo	4	
131	Colocar	3	
132	Coger el tornillo	4	
133	Colocar	3	
134	Coger el tornillo	4	

Figura 34 (continuación). Tiempos de montaje del modelo Cobalt 826

	MÉTODO ACTUAL	TIEMPOS (S)	OPERACIÓN
136	Coger el tornillo	4	
137	Colocar	3	
138	Coger el tornillo	4	
139	Colocar	3	
140	Coger el tornillo	4	
141	Colocar	3	
142	Coger el tornillo	4	
143	Colocar	3	
144	Coger el tornillo	4	
145	Colocar	3	
146	Coger el atornillador	4	
147	Atornillar	3	
148	Atornillar	3	
149	Atornillar	3	
150	Atornillar	3	
151	Atornillar	3	
152	Atornillar	3	
153	Atornillar	3	
154	Atornillar	3	
155	Atornillar	3	
156	Atornillar	3	
157	Atornillar	3	
158	Atornillar	3	
159	Soltar el atornillador	4	255 Conexión y atornillado de los Hps
160	Coger el cartón	6	
161	Examinarlo	5	
162	Formar la caja	12	
163	Coger la grapadora	5	
164	Grapar	12	
165	Soltar la grapadora	4	
166	Colocar la caja	4	
167	Coger la etiqueta	6	
168	Pegarla	16	70 Preparación del cartón
169	Coger el plateau	5	
170	Poner de pie el altavoz	3	
171	Coger la ventana	6	
172	Examinarla	8	
173	Limpiarla	5	
174	Colocarla	27	54 Colocación de la ventana
175	Desplazar el altavoz	8	
176	Colocar	6	
177	Conectarlo	14	
178	Test	10	
179	Desconectarlo	4	
180	Desplazar el altavoz	6	48 Test acústico

Figura 34 (continuación) Tiempos de montaje del modelo Cobalt 826

	MÉTODO ACTUAL	TIEMPOS (S)	OPERACIÓN
181	Limpiar el altavoz con aire	6	
182	Limpiar la rejilla con aire	6	
183	Coger el paño	4	
184	Coger el producto d elimpieza	3	
185	limpiar la parte trasera	45	
186	Soltar el producto d elimpieza	3	
187	Coger el producto para la alimpieza de Hps	5	
188	limpiar los Hps	90	
189	Soltar el producto para la limpieza de Hps	3	
190	Coger la escalera	4	
191	Limpiar la parte superior del altavo	30	
192	Retirar la escalera	4	203 Limpieza
193	Coger la rejilla	9	
195	Colocarla	7	16 Colocación de la rejilla
196	Pegar la etiqueta en el altavoz	17	
197	Coger la bolsa de embalaje	6	
198	Abrirla	6	
199	Colocarla	10	
200	Poner el altavoz en horizontal	5	*2
201	Coger el papel celo	5	*2
202	Pegar la bolsa	6	*2
203	Soltar el papel celo	4	*2
204	Coger el corcho	8	*2
205	Colocralo a un lado	3	*2
206	Colocar lo al otro lado	3	*2
207	Coger el altavoz	10	*2
208	Colocar lo dentro del cartón	2	*2
209	Introducir la garantía	4	*2
210	Introducir la bolsa en la caja	3	*2
211	Coger la grapadora	5	*2
212	Grapar	8	*2
213	Soltar la grapadora	4	*2
214	Colocar el cartón en el palé	10	199 Embalaje+etiqueta
Tiempo Total		1695	

Figura 34 (continuación) Tiempos de montaje del modelo Cobalt 826

Para analizar la situación actual, se seguirá un orden que más tarde se respetará al enumerar la situación ideal (siempre como objetivo) de esta manera se comparará cada punto, pudiéndose observar las diferencias entre lo real y lo deseado, lo que permite estudiar los posibles problemas que se presentan a la hora de diseñar nuestra nueva línea de producción y sus correspondientes soluciones.

1. La línea no es equilibrada, como se ha comentado anteriormente, existen dos puestos, montaje y embalaje. La duración de las operaciones del primer puesto es mayor que el conjunto de las del segundo con lo que se produce un desequilibrio de tiempos, a esto se añade que para realizar la operación de embalaje se requiere de la ayuda del montador debido a las dimensiones y peso de los altavoces. En estos casos, se producen paradas en el ensamblaje que tienen como consecuencia enormes pérdidas de tiempo. No se debe olvidar tampoco la importancia de la gran cantidad de desplazamientos entre puestos que se realizan al trabajar sobre varios altavoces a la vez.

Se muestra una tabla (figura 35) con los tiempos de desequilibrios para los modelos Cobalt 826 y Electra 936, se ha tomado estos porque eran los más significativos.

	Puesto 1	Puesto 2	Desequilibrio entre Puesto 1 y el Puesto
Cobalt 826	632	1066	434
Electra 936	889	1048	159

Figura 35. Desequilibrio de puestos.

En el modelo Cobalt 826 el desequilibrio de tiempos entre ambos puestos (ensamblaje y montaje) es mayor que para el Electra 936, debido en que en este último existe una operación añadida que consiste en la preparación de la rejilla especial (de duración 106 segundos) que es realizada por el montador.

Es evidente que este problema es de gran importancia y conlleva muchas pérdidas de tiempo que deberán ser eliminadas con el fin de optimizar la productividad de cada operario.

2. El orden de las operaciones, así como su ejecución carecen de definición exacta en cada puesto, esto es, cada operador realiza su labor de manera distinta y sin seguir unas pautas concretas. La mayoría de los operarios tienen varios años de experiencia y los tiempos que tardan en cada serie suelen estar bastante ajustados, pero normalmente estos siguen sus propios métodos para realizar las operaciones. Así mismo, como los puestos son intercambiables, las responsabilidades de cada uno no están bien definidas, lo que complica la situación cuando existe cualquier fallo o demora y no se tiene una idea clara de quien ha sido el culpable.

3. Actualmente las líneas son modelables, en ellas se puede realizar cualquier altavoz acústico. Tienen una dimensión suficiente para albergar todos los modelos de la gama Cobalt y Electra. Gracias a la inexistencia de automatismos, el operario puede trabajar sobre cualquier modelo, en estas, sólo cambian los componentes a utilizar. La dificultad se halla en la carencia de unas especificaciones claras en temas de calidad para operar sobre las distintas gamas. Nótese que el operario trabaja durante la jornada con distintos modelos, sin realizar prácticamente distinción entre los productos más valiosos y los que lo son menos. La cuestión de la calidad es algo muy importante en la filosofía de la empresa, al tratarse de productos de gama media-alta y destinados a un consumidor selecto. Son productos muy caros, de los que se pretende un acabado final perfecto, tanto acústico como estético. El destinatario del altavoz normalmente será un experto de la materia, puesto que estos altavoces son de los mejores y más caros de su categoría, por lo tanto todos los detalles están muy cuidados. Actualmente esto se lleva a la práctica de forma bastante rigurosa, pero falta una mayor diferenciación entre los modelos de una gama y los de otra.

4. En el apartado de ergonomía la situación está muy alejada de aquella que se considera la ideal. Los operarios tienen que transportar cargas muy pesadas, repetidas veces, sin ayuda de ninguna máquina que les facilite su trabajo. Los dos puntos más débiles se encuentran en el embalaje y puesta del altavoz sobre el palé. Es en esas operaciones donde el operario realiza los esfuerzos más perjudiciales para la espalda. Se han realizado unos cálculos aproximados sobre el peso que los operarios transportan cada día. La operación que se ha realizado para obtener el resultado ha sido la división entre el peso total de los altavoces que se producen en un año, y el número de operarios y horas trabajadas durante este. Para calcular el peso, se han extraído los datos de las características de cada altavoz del catálogo correspondiente. Véanse gráficas.

MODELOS	CANTIDAD ALTAVOCES (2003)	PESOS (KG)	PESOS TOTAL (KG)
806S	3.840	8,9	34.176
816S	8.400	19,5	163.800
826S	7.286	24,5	178.507
SW800S	1.200	28	33.600
906	2.720	10	27.200
926	1.512	36	54.432
936	984	44	43.296
946	595	55	32.725
CC900	440	17	7.480
CC901	500	22,5	11.250
SR900	640	12	7.680
SW900	515	44	22.660
	28.632		616.806

Figura 36. Pesos.

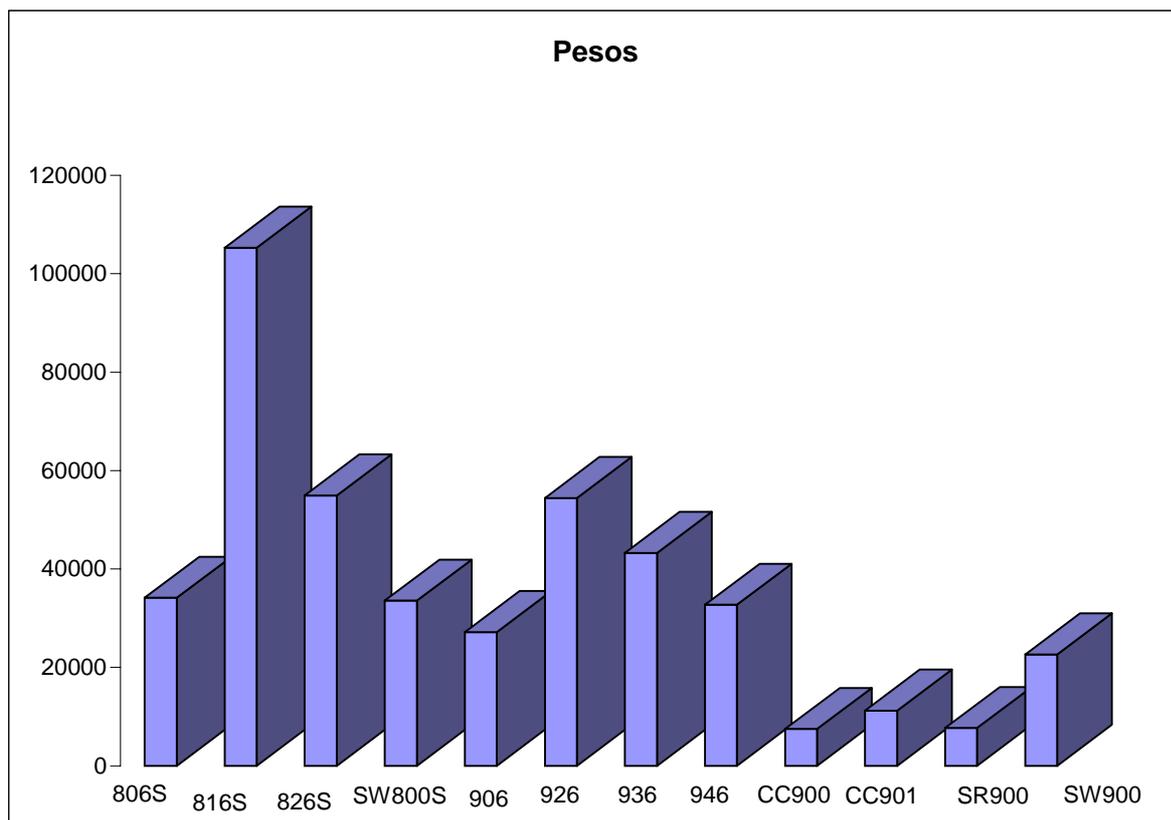


Figura 37. Gráfica del peso de los modelos.

Considerándose 250 jornadas de trabajo al año y un número medio de ocho operarios se obtiene como resultado final que cada operario levanta un peso de 217,4 kg por día.

Otros efectos a tener en cuenta son el atornillado, que se convierte en la causa de daños en muñecas y brazos, y la posición en la que trabaja el operario, mayoritariamente de pie. Por último, no se deben olvidar los cambios de posición que son necesarios en el montaje del producto.

5. No existen espacios cerca de las líneas para evacuar cualquier producto que no resulte conforme con las especificaciones, es por eso que el operario en el momento que encuentra un componente no conforme ha de desplazarse por el taller para dejarlo en las zonas definidas para estos. Esto implica pérdidas de tiempo y supone un mayor cansancio al operario.

6. Una cuestión importante se centra en la venta por parejas de los altavoces. Este hecho implica que ambos componentes del par tienen que tener las mismas características estéticas. Cuando se trabaja con la gama Electra esto puede llegar a ser un problema ya que se trata de madera natural. El color cambia para cada ebanistería y el operario cuando recibe un palé con el conjunto de estas, realiza una selección y agrupa aquellas más parecidas, con el objeto de obtener las parejas más similares posibles. Por otro lado, algunos modelos de las distintas gamas, aquí aparece el problema tanto para Cobalt como Electra, constan de varios HPs de membrana sándwich, que no tiene un color exacto, varía para cada componente. El objetivo es que los HPs que componen cada altavoz sean lo más parecido posibles entre sí, las mayores diferencias se encuentran en el cono de la membrana de los HPs, por lo que previa a su conexión se produce también una selección de aquellos que son casi iguales. En ambas selecciones se invierte un tiempo que puede llegar a ser importante y afectar a la producción.

7. Como los altavoces son elegidos por pares, en el momento que uno no es conforme, su pareja deja de serlo instantáneamente. Para evitar esto cuando uno de ellos tiene cualquier problema se trabaja sobre él para eliminar el defecto que se encuentre, ya sea en cuanto a sonido, estético, de número de serie etc.

8. Para manipular el altavoz se utiliza una especie de bandeja donde se coloca y sobre la que es montado, limpiado, testado... Esta bandeja no tiene ningún dispositivo que facilite su trabajo al operario, sirve únicamente para transportar el producto de un puesto a otro a través de una cinta automática que se pone en funcionamiento gracias a un pulsador. La bandeja, con el altavoz encima, es deslizada. Una vez finalizado el montaje todas las operaciones sobre el altavoz y habiendo sido embalado se transporta la bandeja vacía hasta el primer puesto para volver a ser utilizada. Para ello, se usan unos carros donde estas se apilan.

9.El operador no tiene al alcance todo lo que necesita para trabajar. Realiza por tanto multitud de desplazamientos en busca de aquello que necesita, a veces, incluso tiene que ir él mismo a los almacenes. En otras ocasiones, los desplazamientos son dentro del propio taller, a distintas mesas donde se acumulan los componentes etc.

10. La cabina de test acústico actualmente requiere de ciertos conocimientos para ser utilizada. En ella se encuentra un ordenador que presenta los resultados para cada modelo. El testado consiste en un barrido de frecuencia. Existen unas tolerancias previamente estipuladas. Si la curva resultante del test está dentro de estas tolerancias el altavoz se considera conforme, sino tendrá que ser revisado y modificado hasta que se consiga el resultado deseado. Las medidas de la cabina de test están predeterminadas, así como la distancia entre el altavoz y el micrófono. A continuación se muestra una descripción de esta:

Descripción de la cabina del test acústico:

El test acústico esta compuesto de un sweep y de una curva de respuesta:

- **Sweep:** se trata de un barrido de frecuencia que permite detectar las fugas de aire y los defectos de los HP. Se efectúa con un generador.
- **Medida de la curva de respuesta:** Para la medida de esta curva es necesario un ordenador así como un micro. Para evitar toda interferencia el altavoz es introducido en una cabina aislada, a continuación se muestra un esquema de la cabina y sus características.

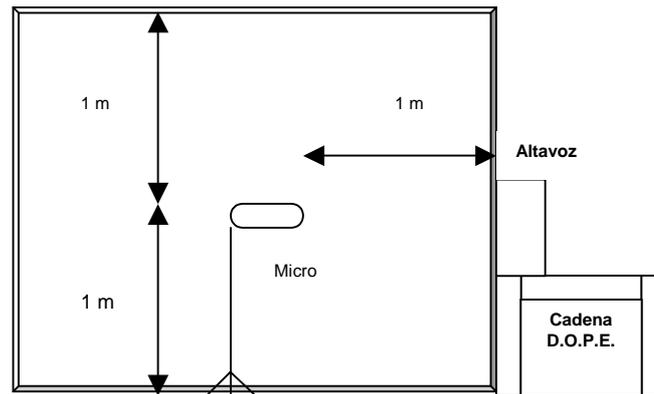


Figura 38. Cabina de test

La parte delantera del altavoz debe situarse en el borde interior de la cabina. La distancia mínima entre el micro y el altavoz ha de ser de 1 m. La cabina ha de estar revestida de un material absorbente. Existe un acceso al interior de la cabina y un espacio para el ordenador y el utillaje.

11. Los operarios están desmotivados, su trabajo es muy repetitivo y requiere de grandes esfuerzos. Normalmente se presenta el hecho de que estos piden la baja debido a dolencias de espalda y brazos. Levantan cargas muy pesadas y difíciles de manipular, y durante toda la jornada están de pie. Por otro lado, no son conscientes de su aportación a la empresa, cada uno realiza su trabajo sin percatarse de que la labor que desempeñan es directamente valorada por el consumidor final.

3.2.2. La situación ideal en la distribución

Una vez estudiada la situación actual, para cada punto anterior se explicará la situación deseada, con el fin de poder optar a eliminar las diferencias entre ambas y aproximarse en la medida de lo posible a la solución más óptima.

La línea ideal buscada:

1. Debe ser equilibrada, es decir, en el caso de que se decida implantar más de un puesto por cada línea, debemos tener en cuenta que el tiempo de cada uno de ellos debe ser equivalente, para evitar así retrasos o tiempos muertos en la línea.

2. Cada puesto estará bien definido, dispondrá de unas consignas, para que el operario pueda efectuar su trabajo de una manera previamente estipulada. Así mismo la responsabilidad de cada uno estará perfectamente determinada y será conocida tanto por el interesado como por el resto de operarios y superiores.

3. La línea en cuestión será modelable, ya que el objetivo es que se puedan producir en ella cualquier modelo de altavoz de la gama media-alta, es decir los de gran tamaño. Eso sí, sin perder de vista que cada modelo tendrá sus especificaciones de calidad y será tratado según sus necesidades, ya que no es lo mismo trabajar con madera natural (caso de la gama Electra 936) que con un material menos valioso (modelo Cobalt 826.) El altavoz al ser un producto delicado y que requiere de un acabado perfecto deberá ser tratado bajo tres consignas: precisión, sencillez y evitando cualquier operación que lo pueda dañar. La calidad es fundamental en estos productos y debe ser en todo momento primordial, es decir, no se permite un descuido de esta en favor de una mejora de la productividad. Ambas, Productividad y calidad, han de ir de la mano.

4. La ergonomía será un factor muy importante, ya que se trata de cargas pesadas (pueden llegar a ser de 60 Kg) que tienen que ser manipuladas de forma sencilla, eficaz, y evitando cualquier consecuencia negativa para el operario. Las operaciones como la puesta de la caja del altavoz sobre la mesa y el embalaje del mismo, así como las rotaciones necesarias para trabajar por ambas caras de este, deben ser realizadas de forma que no perjudiquen al operario. El objetivo es que la cadena sea ergonómica.

5. El emparejamiento de los HPs y de los altavoces entre sí, es el caso de las ebanisterías para los Electra, se debe hacer de la forma más rápida posible, sin que esta selección retrase a la producción.

6. Se deben evitar toda posible demora dentro de la línea de producción, para evitar así pérdidas de tiempo y desequilibrado entre los distintos puestos. Se preverán zonas de evacuación en cada puesto (en el caso de optar por una solución multipuesto) para evitar posibles demoras en la cadena de producción.

7. Lo ideal sería que en cada puesto se realizara un control de calidad de forma que se detectaran los posibles fallos inmediatamente y así evitar las pérdidas de tiempo cuando el altavoz tiene que ser trasladado de un puesto a otro para ser reparado. Las zonas de evacuación nombradas en el punto anterior, también pueden evitar el retraso de la producción, en el caso de que el fallo se deba a problemas difíciles de resolver y sólo constatables a través del barrido de frecuencia.

8. Será necesario un dispositivo para transportar cada altavoz, este será definido según una serie de cualidades como son la facilidad a la hora de operar y la economía (se necesitarán varios para cada línea.) Hay que tener en cuenta que sobre el altavoz hay que realizar operaciones sobre dos caras, con lo que las rotaciones en ambos sentidos deberán ser posibles, con el fin de facilitar el ensamblaje, la limpieza, etc. además, no se debe olvidar la importancia del peso y del tamaño a la hora de la manipulación.

9. Se requiere un puesto de trabajo adecuado a las necesidades del operario, de manera que todo lo que éste requiera se encuentre a su alcance, para evitar así desplazamientos innecesarios.

10. La cabina de test de los altavoces debe ser diseñada de forma que permita el examen de cada altavoz sin demoras y con fiabilidad. Cualquier operario debe poder saber realizar el test, de modo que este debe ser sencillo y debe mostrar un resultado fácil de entender.

11. Se busca la motivación del operario. Ante todo se espera una visión de conjunto por parte de éste, se trata de que no perciba su trabajo como algo aislado, sino como una aportación imprescindible al producto final, el altavoz. Se busca también el reparto de responsabilidades para que el operario se encuentre directamente involucrado, pero evitando el que estas sean excesivas, ya que esto puede provocar el rechazo por su parte. Durante años la producción ha continuado igual, es verdad que los cambios normalmente no suelen ser bien recibidos, un nuevo jefe, una nueva máquina que cambia el orden de las operaciones y por tanto obliga a aprender otros métodos...pero también es cierto que el operario se ha visto abandonado, no se ha hecho nada por intentar mejorar sus condiciones de trabajo y cada vez se le ha exigido una mayor producción (debido al aumento de mercado), hay personas que trabajan desde hace años y no han ascendido de categoría, ya que no existe un rango bien definido. No tienen por tanto incentivos para trabajar mejor, se encuentran estancados.

4.PROPUESTA DE SOLUCIONES. ELECCION FINAL.

En este apartado se propondrán las diversas soluciones a los problemas de producción y distribución planteados anteriormente. Se analizarán las ventajas y los inconvenientes de cada una y su viabilidad. Finalmente y tras el estudio de los resultados se presentará en detalle aquella elegida como más adecuada.

4.1 SOLUCIONES AL PROBLEMA DE DISTRIBUCION

Las zonas a estudiar serán los almacenes del edificio B y del edificio A y la zona de producción de altavoces de uso doméstico del edificio A (salvo el taller Utopia)

Se plantearán cinco posibles soluciones, con ellas se pretende resolver el problema de la falta de espacio y mejorar las instalaciones para obtener un resultado que se adapte a la calidad del producto. Las dividiremos en dos grandes grupos según requieran un traspaso de talleres o no. La solución A nos servirá como punto de referencia a la hora de calcular los resultados de las demás, ya que esta consiste en mantener la distribución actual, modificando sólo las instalaciones de luz, aire etc.

4.1.1. Presentación de las soluciones.

4.1.1.1. Soluciones que no requieren un traspaso de talleres

- **Solución A:** Continúa la producción de altavoces en el edificio A con los métodos y líneas de montaje actuales. Se procederá a la renovación y modernización del taller (instalaciones de luz, climatización...) y a un traslado de algunos componentes del almacén de la derecha al de la izquierda, como ejemplo decir que los embalajes se llevarían al almacén más cercano a la zona donde se produce esta operación.

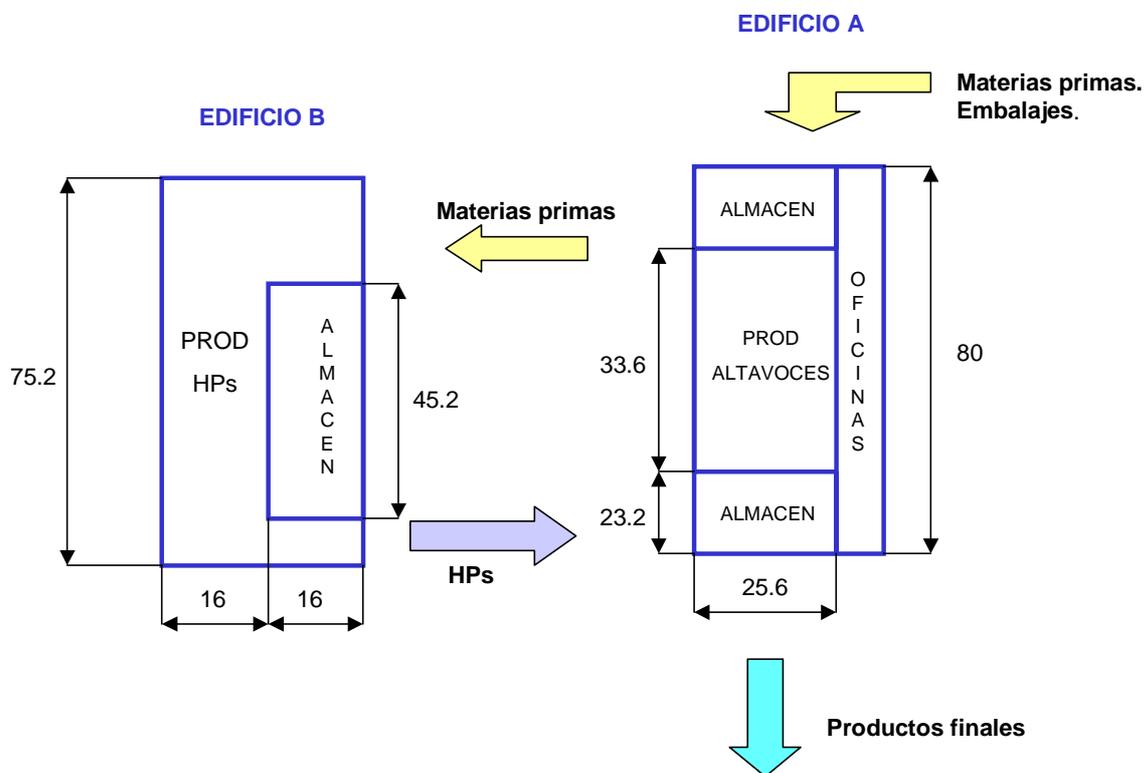


Figura 39.Plano Solución A

- **Solución B:** Continúa la producción de altavoces en el edificio A, pero se reduce el espacio dedicado a la producción (se le dedicará la misma superficie, 723,2 m², que en el caso de las soluciones C, D y E). Se aumenta

la zona de almacén. Los almacenes que quedan en el edificio A se agrupan en él, en una misma zona, dejando uno pequeño para los productos finales que esperan ser trasladados a expediciones. El método de producción ha de cambiar para adaptarse a la nueva superficie disponible, más tarde se demostrará que la superficie tras la reducción del espacio dedicado a la producción no es suficiente para mantener los métodos actuales.

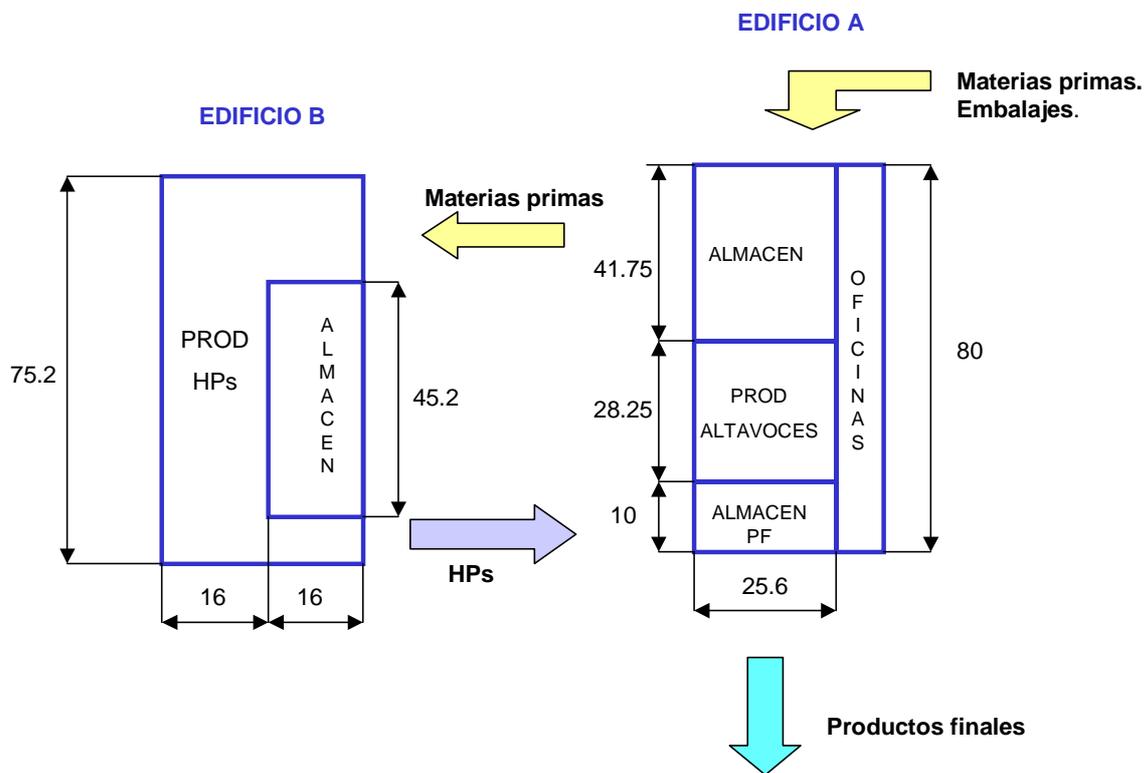


Figura 40. Plano solución B.

4.1.1.2. Soluciones que requieren un traspaso de talleres.

- **Solución C:** consiste en traspasar la producción de los altavoces a la zona de almacén del edificio B, y el almacén del edificio B al edificio A, de forma que cada edificio estará destinado a una sola función, producción y almacén respectivamente.

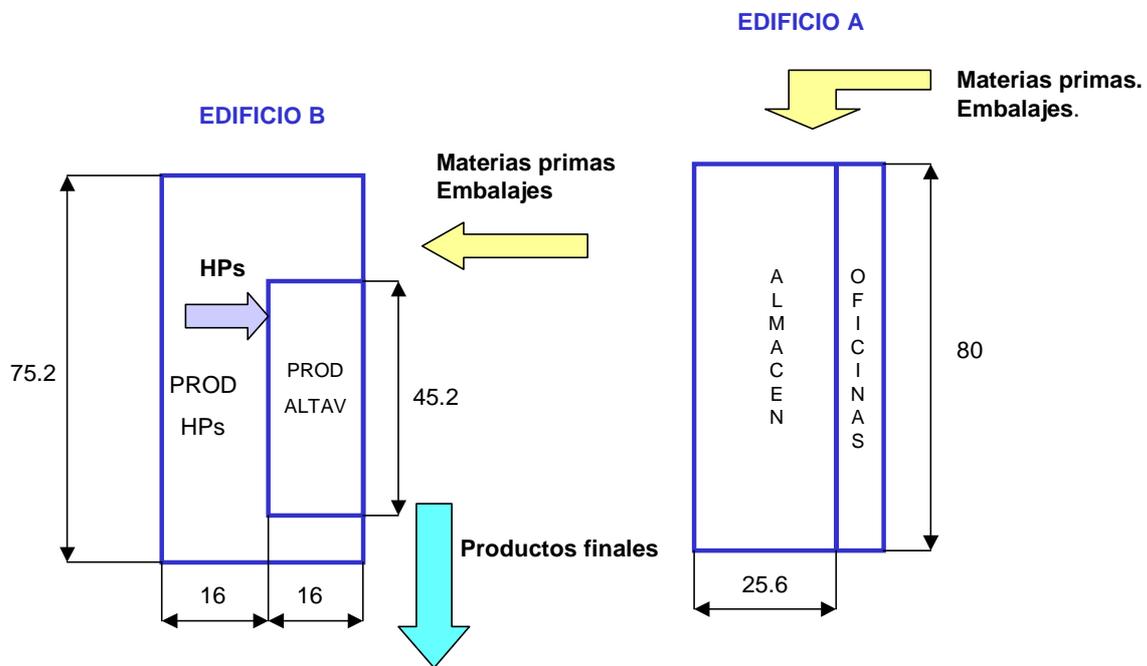


Figura 41. Plano solución C.

- **Solución D:** traspasar la producción de altavoces al edificio B y subcontratar toda la gestión de almacén, de forma que el edificio A quedaría vacío, salvo el montaje de la gama alta (taller Utopia), y destinado para futuras producciones que permitan satisfacer demandas futuras.

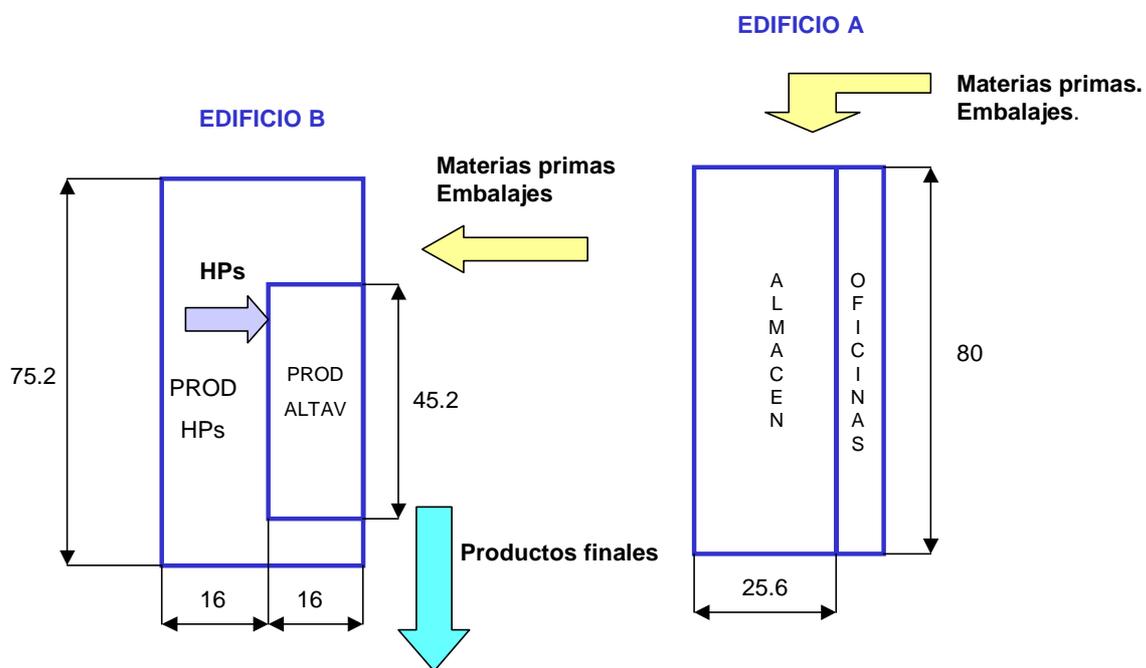


Figura 42. Plano solución D

- **Solución E:** traspasar la producción de altavoces a la zona actual de almacenaje del edificio B tras una ampliación previa de éste y el almacén al edificio A, de este modo cada edificio estará destinado a una función, producción y almacén respectivamente.

4.1.2. Estudio de las soluciones

Lo primero a realizar será calcular la carga de las distintas líneas de producción de los altavoces de uso doméstico, según los modelos, para estudiar posteriormente si las soluciones propuestas son factibles. Para ello se consideran dos posibles casos, el primero que consistirá en el número de líneas necesarias para satisfacer la demanda del año 2003 y un segundo, en el que se estudiará este número para esta demanda incrementada en un 40%. Este último caso permitirá tener una visión global a medio plazo de las necesidades de la fábrica (Juan Larrañeta et al). No se debe olvidar que se trata de una empresa en expansión con un mercado cada vez más amplio. Si no se tiene en cuenta este aumento del número de líneas necesario a la hora de redistribuir los talleres, en un futuro se presentará el mismo problema, la falta de espacio y la consecuente incapacidad para satisfacer la demanda, o bien, la opción de la producción a más alto coste (turnos por la noche, alquiler de naves para almacenar el stock fuera de las instalaciones, de nuevo obras en los edificios). Por tanto, es una decisión que tendrá consecuencias directas a largo plazo, con lo que este aspecto debe ser considerado como esencial para tomar la decisión definitiva.

Además existe el problema del rápido aumento de la demanda que no ha permitido a los métodos de producción adaptarse a este cambio, obteniéndose como consecuencia que los métodos de trabajo son iguales a los usados hace veinte años e idéntico para todos los altavoces ya sean grandes o pequeños. Esta situación por tanto requiere modificaciones importantes en muchos aspectos.

El esquema a seguir para realizar el estudio será el que se muestra a continuación (figura 43):

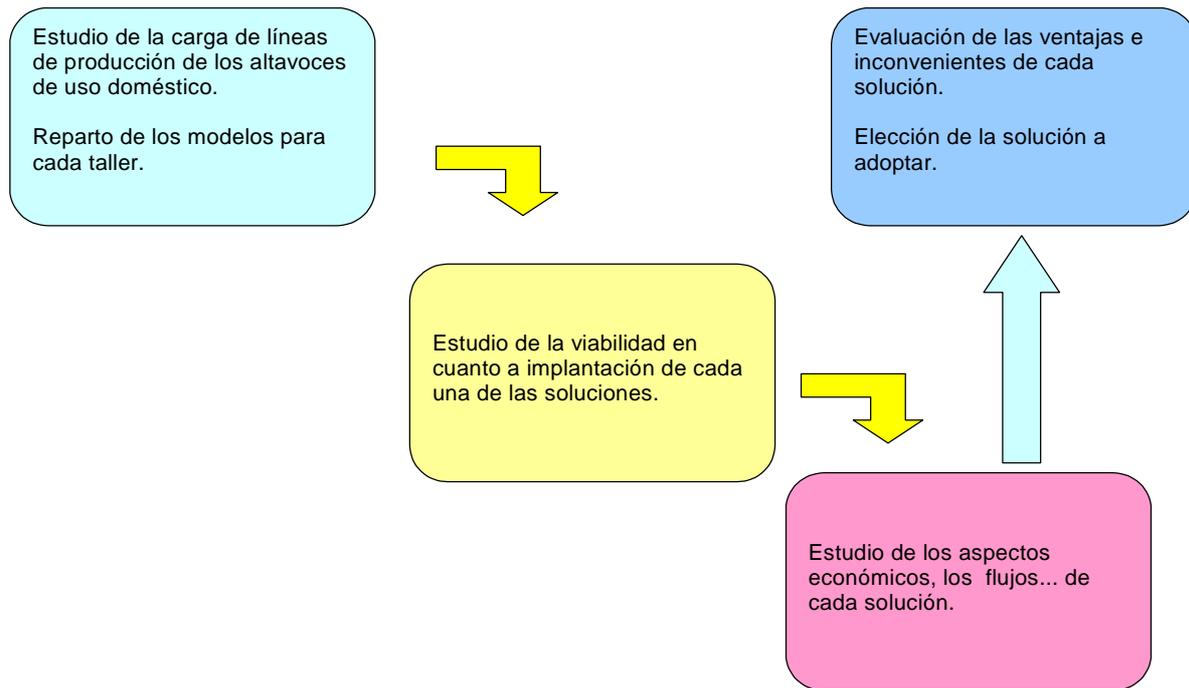


Figura 43. Esquema a seguir para el estudio de las soluciones

4.1.2.1. Carga de líneas

Para cada modelo se tienen unas cantidades y tiempos de ejecución medio que han sido recogidos de unas previsiones para el año 2003 que se realizaron el pasado mes de octubre. En las tablas que se muestran a continuación el número de operarios se ha calculado a partir del número de horas necesarias para satisfacer la producción, dividido por 1.600 (número de las horas que trabaja al año un operario.)

Se han considerado tres talleres en el reparto de líneas, el factor determinante para esta división ha sido el tamaño de los altavoces principalmente y el nivel de la gama a la que pertenecen:

- **Taller Utopia:** En él se realizarán los modelos de la gama Utopia y los modelos de la gama Electra. Ambos constituyen la gama más alta y por su gran tamaño y características similares (son de madera natural) se considera conveniente reagruparlos dentro de la misma zona de producción.

Para satisfacer la demanda del año 2003 el número de operarios necesarios es de 6 y de 9 (se redondea al alza para asegurar la producción) para la del año 2003 más el 40%.

1. Utopia.

Modelo	Cantidad	Tiempo (horas)	Total Horas	Incremento 40%	
				Cantidad	Total (horas)
Micro Utopia Be	430	1,7	731	602	1023,4
Petite Utopia	330	2,83	933,9	462	1307,46
Alto Utopia	350	4,25	1487,5	490	2082,5
Nova Utopia	145	8,5	1232,5	203	1725,5
Grande Utopia B	47	8,5	399,5	65,8	559,3
Diva Utopia Be	240	2,83	679,2	336	950,88
SW Utopia	85	2,83	240,55	119	336,77
SM11 Utopia	46	0	0	64,4	0
			5704,2		7985,81
Electra 926	1512	1,12	1693,44	2116,8	2370,816
Electra 936	984	1,31	1289,04	1377,6	1804,656
Electra 946	595	1,57	934,15	833	1307,81
			3916,6		5483,28
	Total Horas	Número operarios			
TOTAL	9620,78	6,01			
TOTAL + 40%	13469,1	8,42			

Figura 44. Taller Utopia

- **Taller D.O.P.E.1:** En el se producirán los altavoces de menor tamaño. Actualmente se ha desarrollado una cadena de producción para este taller que esta descrita en el Anexo II.

Se proponen dos posibilidades que difieren en, la ejecución o no, del montaje y embalaje del modelo Electra 906 en esta cadena de producción.

- **Caso1: D.O.P.E.1 con la inclusión del modelo Electra 906:**

				Incremento 40%	
Modelo	Cantidad	Tiempo (horas)	Total Horas	Cantidad	Total horas
705S2	11000	0,15	1650	15400	2310
CC70 S2	5200	0,19	988	7280	1383,2
			2638		3693,2
906	2720	0,52	1414,4	3808	1980,16
806s	3840	0,39	1497,6	5376	2096,64
SW800	1200	0,71	852	1680	1192,8
CC900	440	0,63	277,2	616	388,08
CC901	500	1,12	560	700	784
SR900	640	0,63	403,2	896	564,48
SW900	515	0,95	489,25	721	684,95
			5493,7		7691,11

	Total Horas	Número operarios
TOTAL	8131,65	5,08
TOTAL + 40%	11384,3	7,12

Figura 45. Taller D.O.P.E.1 incluido el Electra 906

El número de operarios para satisfacer la producción necesaria para el 2003 es de 5 y para la del 2003 mas el 40% es de 8 (se redondea al alza).

- **Caso 2: D.O.P.E.1 (sin el modelo Electra 906):**

Modelo	Cantidad	Tiempo (horas)	Total Horas	Incremento 40%	
				Cantidad	Total horas
705S2	11000	0,15	1650	15400	2310
CC70 S2	5200	0,19	988	7280	1383,2
			2638		3693,2
806s	3840	0,39	1497,6	5376	2096,64
SW800	1200	0,71	852	1680	1192,8
CC900	440	0,63	277,2	616	388,08
CC901	500	1,12	560	700	784
SR900	640	0,63	403,2	896	564,48
SW900	515	0,95	489,25	721	684,95
			4079,3		5710,95

	Total Horas	Número operarios
TOTAL	6717,25	4,20
TOTAL + 40%	9404,15	5,88

Figura 46. línea D.O.P.E.1 sin incluir Electra 906

El número de operarios para la demanda del 2003 es de 5 (redondeo al alza) y para la demanda del 2003 mas el 40% es de 6.

- **Taller D.O.P.E.2:** este taller estará destinado a la producción de los altavoces tipo columna de tamaño medio-grande y cuyo peso oscila entre los 19 y 25 kilos. En este caso también se planteará la posibilidad de incluir o no la producción del Electra 906 en la cadena, por lo que existen dos subcasos.

- **Caso 1: D.O.P.E.2 con la inclusión del modelo Electra 906:**

				Incremento 40%	
Modelo	Cantidad	Tiempo (horas)	Total Horas	Cantidad	Total horas
816	8400	0,38	3192	11760	4468,8
826	7286	0,4	2914,4	10200,4	4080,16
906	2720	0,52	1414,4	3808	1980,16
			7520,8		10529,1

	Total Horas	Número operarios
TOTAL	7520,8	4,70
TOTAL + 40%	10529,1	6,58

Figura 47. Línea D.O.P.E.2 incluido Electra 906

El número necesario de operarios para satisfacer la demanda del año 2003 es de 4 y para la producción del año 2003 incrementada en un 40% es de 5.

- **Caso 2. D.O.P.E.2 sin el modelo Electra 906:**

				Incremento 40%	
Modelo	Cantidad	Tiempo (horas)	Total Horas	Cantidad	Total horas
816	8400	0,38	3192	11760	4468,8
826	7286	0,4	2914,4	10200,4	4080,16
			6106,4		8548,96

	Total Horas	Número operarios
TOTAL	6106,4	3,82
TOTAL + 40%	8548,96	5,34

Figura 48. Línea D.O.P.E.2 Sin incluir Electra 906

El número de operarios para satisfacer la demanda del 2003 es de 4.

Analizadas las distintas combinaciones, finalmente se elige aquella en la que la producción del modelo Electra 906 se realiza en el taller D.O.P.E.1, debido, por un lado al tamaño de este altavoz (420 x 218 x 315 mm y peso de 10 Kg) que lo aproxima más a los de pequeñas dimensiones (proyecto D.O.P.E.1) que a los de grande, y por otro lado, a la distribución de cargas de las líneas, que quedaría de esta forma más equilibrada. Como se explica en el Anexo II, el proyecto D.O.P.E.1 ha sido diseñado como una cadena de tres puestos. En el caso de que el modelo Electra 906 sea incluido en este taller, se necesitará el número exacto de operarios para implantar otra línea D.O.P.E.1 y satisfacer así la producción. En caso contrario (el modelo Electra 906 realizado en el taller D.O.P.E.2) la producción del taller D.O.P.E.1 sobrepasaría la demanda (necesidad de 5 operarios cuando se dispondría de 6, total de las 2 líneas) o bien no alcanzaría a satisfacerla, si sólo se contara con una línea. Otra opción para resolver este problema de incapacidad de producción de la demanda contando solo con una línea sería el incluir un mayor número de turnos de trabajo al día, pero esta idea se desechó por no ser rentable a la larga, ya que la previsión respecto de la necesidad de producción es optimista en un plazo medio, se trata de un mercado en expansión.

Según el esquema que se detalla en la figura 43 el siguiente paso es el estudio de viabilidad de cada solución en el ámbito de la implantación. Para ello se considerarán los métodos actuales y el número de líneas necesario para cada taller, recuérdese que este número era de dos para la cadena D.O.P.E. 1 y de dos también si se mantienen el método actual de dos operarios por línea para la producción del D.O.P.E.2. (se necesitaban cuatro operarios).

Las cadenas actuales de producción tienen una longitud de 18 m cada una, a los que se le añade un metro ocupado por la cabina de test y otros 9 m necesarios para el conjunto de los cartones.

Para las soluciones C y D la superficie disponible es la misma, luego ambos casos se estudiarán simultáneamente.

Como se muestra en la figura 49, el espacio disponible es menor que el requerido por las líneas, luego estas soluciones serían inviables si se mantuviesen los métodos de producción actuales. Existen, por tanto dos opciones, o descartar estas soluciones o plantear otros métodos de producción, que permitan el mejor aprovechamiento de la superficie y que a la vez resuelvan el problema de producción que se planteó en el apartado anterior.

Como existe la posibilidad de cambiar los métodos de producción para que estos ocupen menos espacio, estas soluciones no se desecharán.

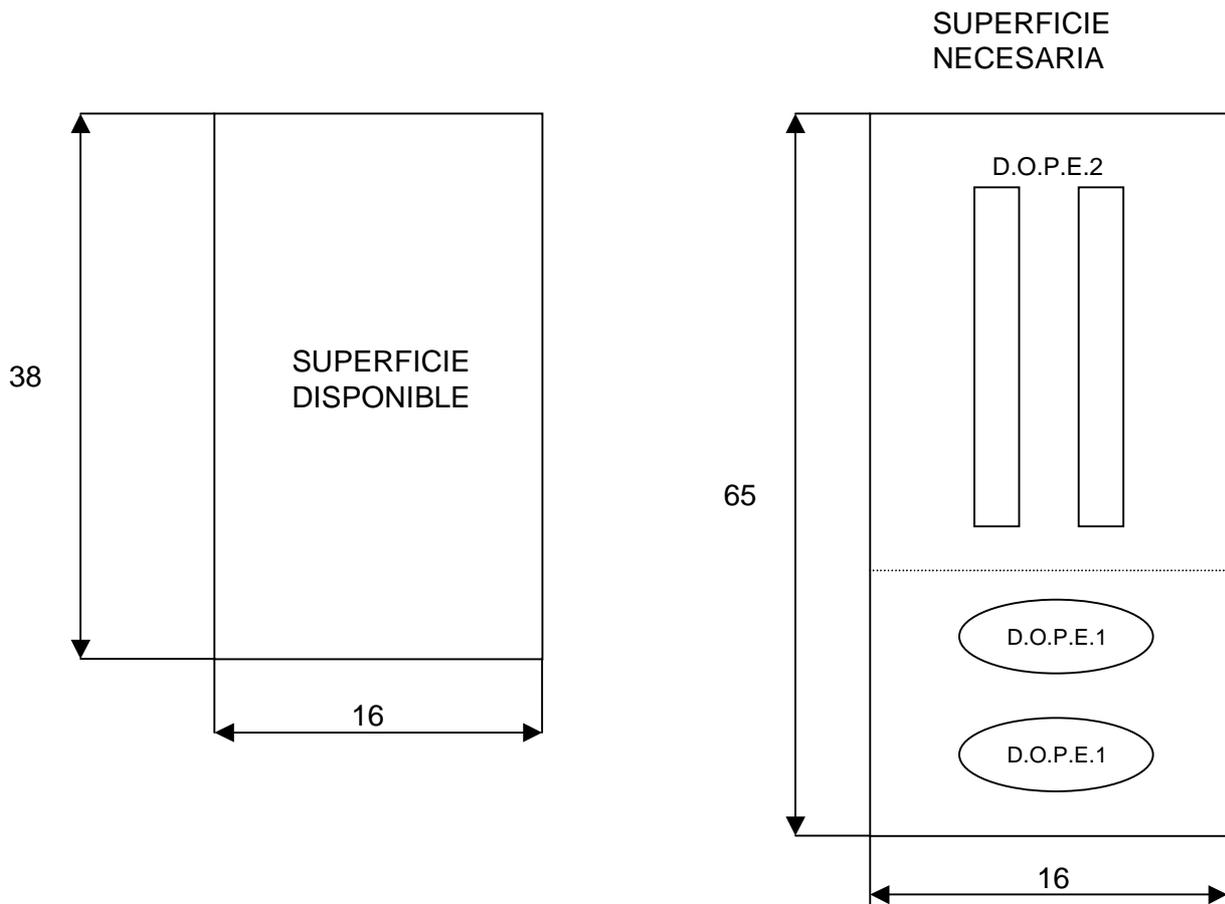


Figura 49. Plano implantación soluciones C y D

En la solución B se optó por un área de producción con los mismos metros cuadrados que los de la solución C y D. Como la distribución de estos metros cuadrados sería distinta, se detalla a continuación un esquema de la implantación de esta solución, comprobándose que tampoco es viable si se mantienen las líneas de producción actuales.

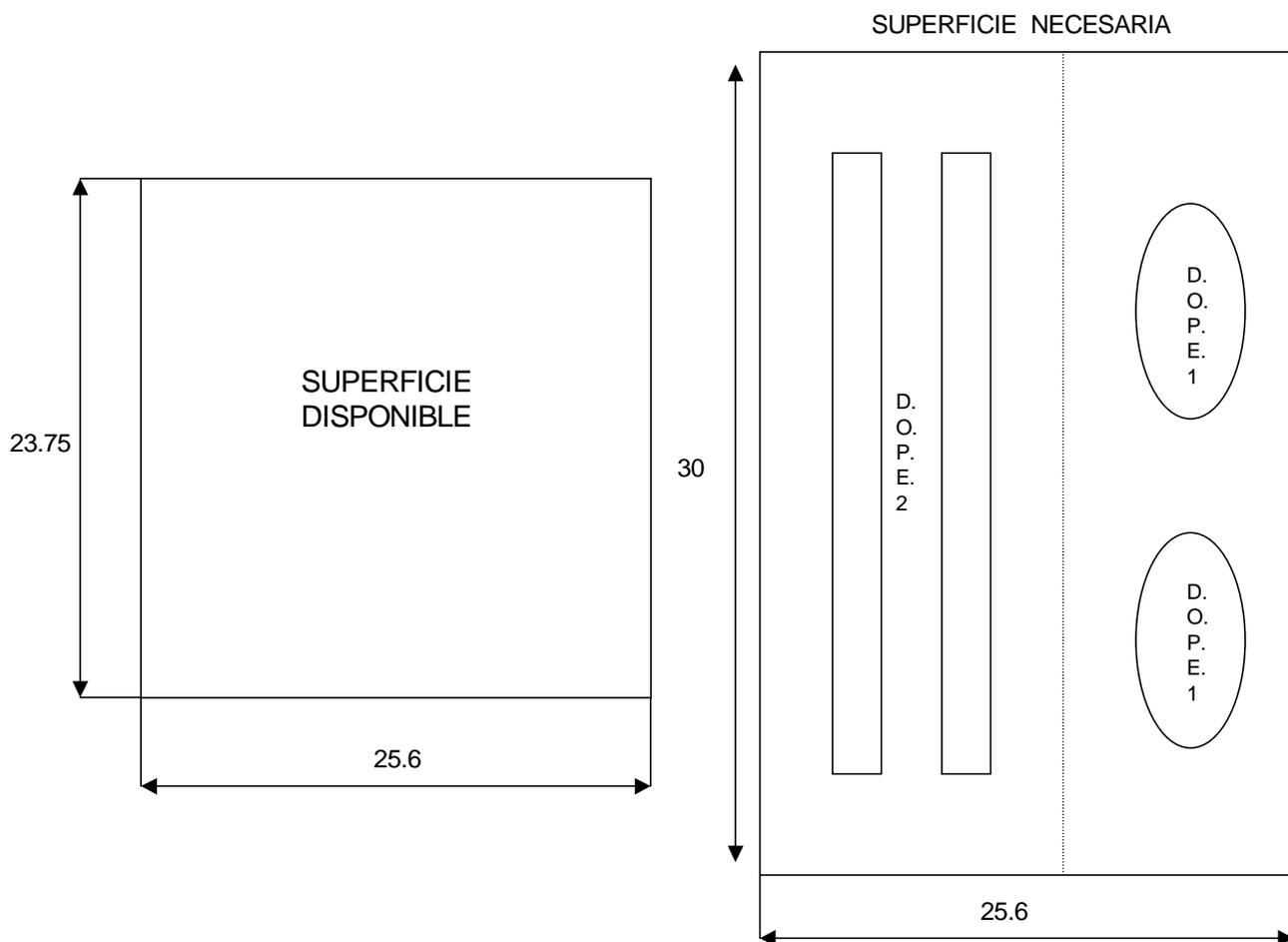


Figura 50. Plano implantación Solución B.

El resultado sería una zona de producción equivalente a la de la solución A, con lo que ambas soluciones se convertirían en la misma. De todas formas, la solución B no pierde valor, ya que los métodos de producción deberán ser modificados para resolver los problemas planteados en el apartado anterior. Tras la modificación de estos, se tendrá una solución B distinta completamente a la A.

4.1.2.2. Ventajas e inconvenientes.

A continuación, de cada posible solución se describirán las ventajas e inconvenientes encontrados. Con ello, se adquirirá una visión global de cada una, que facilitará la toma de decisiones. No sólo el factor económico debe ser considerado, otros aspectos como los flujos, los desplazamientos, la calidad, etc. tienen gran relevancia en el estudio.

4.1.2.2.1. SOLUCION A: Situación actual + obras de acondicionamiento + cambio de productos del almacén de la derecha al de la izquierda.

1.Ventajas

1.1.El espacio

Esta es la única solución que no plantea problemas de espacio en lo que se refiere a producción tras la nueva distribución de modelos en los distintos talleres.

Se cuenta con una superficie de 30 m x 25.6 m. Con esta superficie y aún sin cambiar el método de producción actual, es decir, dos operarios por línea para la producción de los altavoces medio-grandes (D.O.P.E.2) y tres para la producción de los pequeños (D.O.P.E.1), se requerirían de 2 líneas de 18 m cada una más el espacio de 9 m para el embalaje y de dos cadenas D.O.P.E.1 con las dimensiones de 9 m x 6 m cada una. El taller Utopia permanecería intacto salvo por el desplazamiento de la producción de los modelos Electra 916 y 926.

Como conclusión se tiene:

Superficie disponible = 768 m²

Espacio requerido = 768 m²

Por lo que no hay problemas de espacio para la producción. (Véase croquis de la solución A que coincide con el de la solución B)

1.2. Los almacenes

Tras la nueva distribución se evitarán desplazamientos innecesarios de componentes del edificio A al B, para la producción y embalaje de los altavoces. La zona de almacén de productos finales se encontraría, más próxima a la nave de expediciones. La zona de almacén del embalaje pasaría estar al otro lado, con el objetivo de evitar que el cartón y corcho atraviesen todo el taller cada vez que vayan ser utilizados.

Se debe aclarar que la entrega desde el exterior de los componentes por parte de los proveedores, material de embalaje, etc., se realiza por la zona de los almacenes superiores, con lo que esta nueva organización facilitaría los flujos y evitaría en dos veces el recorrido de estos a lo largo del taller, lo que implica un ahorro de más de 30. m por trayecto.

2. Inconvenientes

2.1. El flujo

El desplazamiento de los productos finales a lo largo del taller para ser almacenados en el almacén de la derecha a la espera de ser llevados a expediciones puede dificultar los flujos dentro taller.

Los desplazamientos de HP de un edificio a otro son importantes (70 m/día, véanse los cálculos del Anexo III) Estos son fabricados en el edificio B, para más tarde formar parte de los altavoces montados en el A.

2.2. El espacio

El problema es que el embalaje viene importado en grandes partidas y al no existir suficiente espacio para todo el stock, es necesario tener almacenado una parte fuera de las instalaciones, con el gasto que esto conlleva (10 Euros /mes /palés incluidos seguros.)

Por otra parte la superficie dedicada a la producción de altavoces es demasiado grande en relación con el número de altavoces que se fabrican en ella simultáneamente.

2.3. El almacén

Al existir varios almacenes distintos separados se dispone de una menor organización, ya que para buscar los distintos componentes hace falta ir de unos a otros (pérdidas de tiempo). Por otro lado, también es necesario más

personal encargado de ellos. En el caso de que todo el almacén se encontrara reagrupado en un mismo lugar se necesitaría una persona menos trabajando en ellos (el coste de tener un empleado mas es de 24.000 Euros anuales).

4.1.2.2.2. SOLUCION B: Reducción del espacio dedicado a la producción (sigue haciéndose en el edificio A) y agrupación de los almacenes del edificio A en uno solo.

1.Ventajas

1.1. El espacio

Con esta nueva distribución existiría espacio para almacenar 1700 palés, por lo que se reducirían los costes de tener stock fuera de las instalaciones, esto conllevaría una reducción de 10 Euros al mes y por palé.

Así mismo si en un futuro se han de aumentar las líneas de producción (hecho bastante probable) puede hacerse en el mismo edificio A, teniéndose toda la fabricación en un mismo espacio, se gana en orden y organización.

Con esta solución existe suficiente espacio para aquellos altavoces terminados que tienen que esperar a ser llevados a expediciones (edificio C)

2 Inconvenientes

2.1. Cambios

Con esta solución sería necesaria la realización de obras en el edificio A (con un presupuesto aproximado de 160.000 Euros), mientras que el B quedaría intacto.

Al disponerse de un menor espacio para la producción, los métodos de trabajo han de ser modificados, (esto ocurre también en las soluciones C y D), con lo que aparecerían los costes de las nuevas cadenas de producción, el aprendizaje de los operarios, adaptación a la nueva producción...

Otro coste, no menos importante, es el de hacer la mudanza de los palés que tendrán que ser llevados fuera para poder instalar las nuevas líneas, mientras las antiguas no dejan de funcionar, esta cifra ha sido estimada en 15.000,

Euros (calculado a partir de la suposición de que esta durara aproximadamente un mes).

2.2. El almacén

Ocurre lo mismo que en la solución A, al existir varios almacenes distintos separados en los distintos edificios, tenemos una menor organización, ya que para buscar los distintos componentes hace falta ir de un edificio a otro. Por otro lado, también es necesario más personal encargado de estos que en el caso de que todo el almacén se encontrara reagrupado en un mismo lugar, en concreto se requerirá de un trabajador más lo que supone un coste anual de 24.000 Euros.

2.3. El flujo

Cada HP deberá ser transportado del edificio B al A. Según el cuadro de desplazamientos que se muestra, el número de metros recorridos por cada contenedor de HPs es de 35 m (véase Anexo III).

2.4. El espacio

Con esta solución no se dispone del espacio para introducir mas líneas de producción en el caso en el que en un futuro la demanda de altavoces fuese más alta, caso que resulta bastante probable, como ya se ha mencionado y que será un factor decisivo al elegir una de las posibles soluciones de distribución. Si esto sucede habría que instalar más líneas de producción en el edificio A, lo que supondría tener el montaje y ensamblaje en dos edificios distintos con todos los inconvenientes que ello supone, o bien hacer una nueva modificación del edificio para utilizar la zona de almacenes y montar en esta las nuevas líneas. En cualquier caso, habría que realizar obras de adaptación, con el gasto que estas conllevan.

4.1.2.2.3. SOLUCION C: Traslado de la producción a la zona de almacén del edificio B + preagrupación de almacenes en edificio A.

1. Ventajas

1.1. El espacio

Con esta solución, existiría suficiente espacio para el almacenaje de 1.900 palés, con lo que se eliminarían los costes de tener almacenados fuera de las instalaciones, aquellos que no caben (esto supone un ahorro de 10 euros por palé al mes).

1.2. El almacén

Este aspecto es muy importante y tendrá un gran peso al tomar la decisión. Con esta solución al disponerse de todos los almacenes juntos, disminuirían los costes de los trabajadores que se ocupan del almacén, al ser necesario uno menos (ahorro de 24.000 euros anuales). Por otro lado, se consigue una mayor organización, mayor limpieza, menores pérdidas de tiempo...

2. Inconvenientes

2.1. El flujo

Se producen muchos desplazamientos en cuanto a lo que a los HPs se refiere, ya que tienen que ser trasladados del edificio B (donde son fabricados) al A (allí son almacenados), para nuevamente volver al primero donde formarán parte de los altavoces. Esto supone un desplazamiento de 133 m / día (véase Anexo III).

Además todos los componentes necesarios (tweeter, ebanisterías...), así como embalajes son también desplazados de un edificio al otro.

2.2. El espacio

Problemas de superficie a la hora de apilar los altavoces que esperan ser llevados a expediciones. Estos una vez embalados y sobre los palés necesitan una zona determinada que no perturbe el flujo dentro del edificio B.

Por otro lado, tampoco se dispone de superficie en el edificio B para aumentar el número de líneas de producción en un futuro, con lo que si la demanda se incrementara sería necesario repartir la producción en varios edificios, con los inconvenientes que esto conlleva.

2.3. Cambios

Los cambios más representativos al adoptar esta nueva solución son las obras a realizar en los dos edificios, tanto A como B, con sus correspondientes costes (260.000 Euros aproximadamente). Para evitar la parada de la producción durante la remodelación, se trasladaría momentáneamente una parte del stock actual a unas instalaciones exteriores, lo que implicara unos costes estimados en 15.000 Euros.

Como se verá al estudiar el espacio disponible, en comparación al que se necesita para llevar a cabo esta solución, los métodos de producción han de ser cambiados, debido a la falta de espacio. Por tanto, los operarios se deben adaptar a las nuevas formas de trabajo, y necesitarán recibir cursos de formación y aprendizaje.

Otro cambio importante es el de los mecanismos y las líneas de producción, que requerirán de una inversión fuerte a estudiar.

4.1.2.2.4. SOLUCION D: Traslado de la producción al edificio B y subcontratación del almacén de componentes y embalajes.

1.Ventajas

1.1. El espacio

Con esta solución se quedaría el edificio A vacío a excepción de la sala de montaje de los altavoces de alta gama (taller Utopia), con todas las ventajas de espacio que eso supone para implantar nuevas líneas de producción, en un futuro, cuando la demanda se incremente.

1.2. El almacén

Al estar subcontratado el stock no son necesarios tantos operarios en los almacenes, solo aquellos encargados de recibir la mercancía del exterior (ahorro de costes, supone 24.000 Euros por persona anuales)

La responsabilidad se cede a la subcontrata, encargada de toda la manipulación y transporte de los componentes, embalajes etc....

2.Inconvenientes

2.1. El flujo

Todos los HPs deben ser trasladados lo que implica un número elevado de desplazamientos y la complicación en los flujos.

2.2. El almacenaje

Es necesaria una superficie para colocar los componentes y HPs que son traídos por la subcontrata antes de ser utilizados.

2.3. Cambios

Los cambios más significativos son las obras en el edificio B para desplazar allí la producción, así como la mudanza temporal (aproximadamente de un mes, que duren las obras) de todo el material almacenado en este edificio. Como ocurría en las soluciones B, C y D no es factible físicamente el trasladar la producción tal y como se realiza en la situación actual, por lo que habrá que idear nuevos métodos que ocupen menos espacio y sean más rápidos, esto implica el aprendizaje de los operarios y la adaptación a estas nuevas técnicas.

4.1.2.2.5.SOLUCIÓN E: Traslado de la producción al edificio B tras la ampliación de este + agrupación de los almacenes en el edificio A.

1.Ventajas

1.1. El almacén

Los almacenes quedan agrupados en un sólo edificio y como se ha comentado anteriormente se cuenta con la ventaja de una mayor organización, un ahorro de 24.000 Euros anuales (se necesita un trabajador menos), mayor rapidez en la búsqueda de componentes...

1.2. El espacio

Al ampliarse el edificio B se dispone de una mayor superficie para la producción, ya sea para satisfacer la demanda actual, como, para hacerlo con un posible incremento de esta a medio plazo. A su vez el espacio desaprovechado en el exterior de las naves cobra una especial importancia.

Con esta solución se tiene un espacio para almacenaje de 1900 palés, con lo que en un principio todo el stock de la fábrica podría ser confinado dentro de las propias instalaciones. Se evitan así los gastos del alquiler de los palés que no caben en empresas dedicadas a prestar este servicio (el coste es de 10 Euros por palé al mes).

1.3. Flujos

Los altavoces ya terminados dispondrían de un espacio suficiente para ser apilados a la espera de ser llevados a expediciones. Con esto se evitan los traslados desde el edificio B al A de los productos terminados.

Aquellos HPs que se fabrican en el edificio B para el montaje de los altavoces pueden ser almacenados en una zona definida para ellos, dentro de este mismo edificio. Por tanto se eliminarían los desplazamientos de estos entre los edificios A y B (133 m por contenedor).

2. Inconvenientes

2.1. Cambios

El espacio actual entre los edificios no es excesivamente grande (25m), hay que respetar el paso de camiones que transportan los productos finales desde la nave de expediciones y que obligatoriamente han de pasar entre ambos. La ampliación no podrá ser muy grande. Los costes de las obras por el contrario serán muy altos.

Las obras a realizar para la ampliación serán importantes y conllevarán una serie de medidas para evitar las paradas de producción, como son el alquiler del almacenamiento de todos los componentes en stock en el edificio B.

Se pueden adoptar dos posibles soluciones, la ampliación y traslado de la producción conservando los métodos actuales de trabajo (menos costosa a corto plazo), o bien el aprovechar la transferencia entre edificios para

implantar unas líneas más eficaces, que optimicen la producción y la superficie ocupada. Si se adopta esta segunda opción, ocurrirá como en los casos B, C y D, es decir existirán costes de las nuevas líneas, se necesitará la adaptación de los operarios...

Con el objeto de resumir todas las ideas, se presenta a continuación una tabla que contiene cada una de las soluciones mencionadas con sus respectivas ventajas e inconvenientes. Gracias a esta se podrán comparar los distintos aspectos y se tendrá una idea global más clara de las distintas posibilidades a elegir.

SOLUCIÓN		SIN TRANSFERENCIA DE TALLERES		CON TRANSFERENCIA DE TALLERES (Producción en el almacén del edificio B y almacén en zona producción del A)		
		A	B	C	D	E
		Método de producción actual, renovación instalaciones eléctricas, climatización...	Reducción zona producción (cambio del método de producción) , aumento zona de almacén	Cambio en los métodos de producción	Cambio en los métodos de producción actuales, subcontratación del almacén.	Ampliación del edificio B
FLUJO	VENTAJAS					Existe superficie en el edificio B para almacenar los HP que serán utilizados para el montaje de los altavoces (no existen desplazamientos de estos entre edificios)
	INCONV	Desplazamientos de HP del edificio B al A (66m/día, ver el cuadro de desplazamientos).	Desplazamientos de HP del edificio B al A (66m/día, ver el cuadro de desplazamientos).	Desplazamientos de HP del edificio B al A y de nuevo al B (133m/día, ver el cuadro de desplazamientos). Tranferencia de todos los componentes y embalajes del edificio A al B.	Los HPs son llevados al subcontratista y traídos cuando son necesarios. Hay muchos desplazamientos.	
CAPACIDAD DE ALMACEN	VENTAJAS		Existe suficiente superficie para los productos finales que esperan a ser llevados a expediciones.	Suficiente superficie para 1900 palés.	El edificio A quedaria disponible para la instalación en un futuro de nuevas líneas de producción.	Suficiente superficie para 1900 palés.
			Superficie para 1700 palés.			Existe suficiente superficie para los productos finales que esperan a ser llevados a expediciones.
			Superficie en el edificio A que puede ser acondicionada para introducir nuevas líneas de producción futuras.			Posible ampliación de líneas en el edificio B para futuras producciones
	INCONV	Superficie insuficiente para todo el stock.		Falta de espacio en el edificio B para almacenar los altavoces que esperan a ser llevados a expediciones.	Se necesita una superficie para colocar los componentes y embalajes que vienen de la subcontrata.	
Gran superficie ocupada en relacion a la produccion existente.			Si la producción aumenta no hay espacio para la instalación de nuevas líneas en el edificio B, habría que repartir la producción en dos naves.			

Figura 51. Ventajas e inconvenientes de las soluciones

		SIN TRANSFERENCIA DE TALLERES		CON TRANSFERENCIA DE TALLERES (Producción en el almacén del edificio B y almacén en zona producción del A)		
SOLUCIÓN		A	B	C	D	E
		Método de producción actual, renovación instalaciones eléctricas, climatización...	Reducción zona producción (cambio del metodo de producción), aumento zona de almacén	Cambio en los métodos de producción	Cambio en los métodos de producción actuales, subcontratación del almacén.	Ampliación del edificio B
ALMACENES	VENTAJAS			Al tener agrupados los almacenes: más organización, limpieza, una persona menos es necesaria trabajando en ellos (24.000 Euros anuales de ahorro)	Menos responsabilidades , menos trabajadores.	Al tener agrupados los almacenes: más organización, limpieza, una persona menos es necesaria trabajando en ellos (24.000 euros anuales de ahorro)
	INCOV	Al estar separados los almacenes: menos organización (una persona más es necesaria = 24.000 Euros anuales), menor rapidez para encontrar los componentes...	Al estar separados los almacenes: menos organización (una persona más es necesaria = 24.000 euros anuales), menor rapidez para encontrar los componentes...		Más costes, hay que subcontratar el servicio.	
CAMBIOS	COSTES	Costes de cambiar el edificio A (160. 000 Euros)	En el método: aprendizaje de los operarios.	En el método: aprendizaje de los operarios.	En el método: aprendizaje de los operarios.	Costes de cambiar los dos edificios y la ampliación del B
			Costes de cambiar el edificio A (160. 000 Euros)	costes de obras en los edificios (260.000 Euros)	Costes de cambiar el edificio B.	En el método: aprendizaje de los operarios.
			Costes de la mudanza (15.000 Euros)	Costes de la mudanza (15.000 Euros)	Costes de la mudanza (15.000 Euros)	Costes de la mudanza (15.000 Euros)

Figura 52. Ventajas e inconvenientes de las soluciones (continuación tabla)

4.1.2.3. Estudio económico

A continuación se muestra una tabla con los costes estimados de cada solución propuesta en cuanto a, desplazamientos de componentes, obras en los edificios y capacidad de almacenamiento. Nótese que no se han tenido en cuenta los costes de las nuevas líneas de producción.

Tabla de Costes

		SIN TRANSFERENCIA DE TALLER		CON TRANSFERENCIA DE TALLER (pro edif B y almacén en zona p	
		A	B	C	D
SOLUCIÓN		Método de producción actual, renovación de instalaciones electricas...	Reducción zona producción (cambio método de producción) aumento zona almacén	Cambio en los métodos de producción	Cambio en los métodos de producción, Subcontratación del almacén
El flujo	Desplazamientos (m/anual)	13200	13200	26600	26600
	Costes (Euros /anual)	49,5	49,5	99,5	99,5
La capacidad de almacenamiento	Palés	1300	1700	1900	0
	Costes (Euros /anual)	72000	24000	0	0
Almacenes	Un operario más	1	1	0	0
	Costes (Euros/anual)	24.000	24.000	0	0
Cambios	Costes (Euros)	160.000	175.000	275.000	160.000

Figura 53. Costes de las soluciones

Para calcular estos costes se han seguido los siguientes pasos:

- **En el caso de los desplazamientos:**

1. Cálculo del número de contenedores que se desplazan a diario (ver Anexo III), a través de la capacidad de estos contenedores (1000 tweeters y 170 Hps) y el número de HPs y tweeters que son necesarios para la fabricación anual de altavoces (59.866 HPs y 27.557 tweeters). Una vez hallado este número, se multiplica por la distancia recorrida entre los dos edificios, es decir, el total de las distancias entre estos incluidos los desplazamientos dentro de los almacenes, (35 metros), obteniéndose así los metros recorridos cada día. Esta cifra se multiplica por el número de días anuales laborables y se tienen los metros que recorren los transductores al año de un edificio al otro.

2. Para calcular los costes de estos desplazamientos, se considera como velocidad de transporte 4 km/h. Como el coste de la hora de trabajo es conocido

(15 Euros), con estos datos se puede aproximar el coste total anual de los desplazamientos de los transductores entre ambos edificios.

- **En el caso de los almacenes:**

1. El coste de tener almacenado un palé en una subcontrata que se encarga este servicio, incluidos seguros, es de 10 Euros por palé al mes. Sabiendo el número de palés que existen y la capacidad de las instalaciones para su almacenamiento, se calcula la diferencia y se obtiene el gasto anual.

2. El coste de un operario por año es de 24.000 Euros. En el caso de contar con todos los almacenes agrupados, la necesidad de personal que trabaja en estos se reduce en una persona, por lo que con este dato se conoce el ahorro de esta nueva organización.

- **En el caso de las obras:**

Para tener este dato se contrató a una consultora que hizo unas aproximaciones de los costes de las obras en los distintos edificios según las necesidades de cada uno. Tanto en la solución A como en la B solo será necesario modificar el edificio A, esta modificación se calculo en torno a 160.000 Euros. En cambio, en las soluciones C, D y E, las dos naves requieren modificaciones. Nótese que en el último caso se trata de una ampliación del edificio, lo que encarece mucho.

Con los costes mostrados en la tabla anterior se calculan para cada solución los totales durante los cinco primeros años, esto permitirá conocer cual será más rentable a largo plazo.

Costes anuales					
	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D	Sol E
AÑO 1	256.049,50	223.049,50	275.099,50	360.099,50	450.099,50
AÑO 2	96.049,50	48.049,50	99,50	200.099,50	99,50
AÑO 3	96.049,50	48.049,50	99,50	200.099,50	99,50
AÑO 4	96.049,50	48.049,50	99,50	200.099,50	99,50
AÑO 5	96.049,50	48.049,50	99,50	200.099,50	99,50

Figura 54. Costes anuales.

Para cada solución se estudiarán tres parámetros fundamentales:

- El **Payback**, tiempo que se tarda en recuperar la inversión. El objetivo es que sea lo más pequeño posible. Se mide en años.
- **VAN**, debe ser positivo. Se calculará con una tasa del 5%. Es el indicador que muestra si la inversión está justificada. Se mide en Euros.
- **TIR** Tasa de rentabilidad económica. En este caso esta tasa debe ser mayor del 5%.

La inversión máxima destinada a la nueva cadena de producción quedó impuesta por la Dirección y fue de 75.000 Euros. Este dato será útil para las soluciones B, C y D.

a) Solución A

Los ingresos para esta solución, 10.000 Euros anuales han sido estimados en base a la mejora de las instalaciones (luz, climatización etc) que permitirán la mayor eficiencia de los operarios. Los demás costes son idénticos a los que existen en la situación actual, no presentan cambios. Los variables aumentan, debido a que si se fabrica una mayor proporción de altavoces, existirán unos gastos de materia prima y de almacenaje que se han tenido en cuenta.

Solución A					
AÑO	1	2	3	4	5
INGRESOS	10000	10000	10000	10000	10000
GASTOS					
Fijos	0	0	0	0	0
Variables	6000	6000	6000	6000	6000
AMORTIZACION	32000	32000	32000	32000	32000
BAI	-28000	-28000	-28000	-28000	-28000
IMPUESTOS	0	0	0	0	0
CFOs	4000	4000	4000	4000	4000

AÑO	0	1	2	3	4	5
FIJO	-160000					
INGRESOS		10000	10000	10000	10000	10000
GASTOS						
Fijos		0	0	0	0	0
Variables		6000	6000	6000	6000	6000
IMPUESTOS		0	0	0	0	0
CFOs	-160000	4000	4000	4000	4000	4000

Pay-Back (años)	40
VAN (5%) (Euros)	-142.682,09
TIR	0,00%

Figura 55. Flujos de Caja para la solución A

Con esta solución se necesitan 40 años para recuperar la inversión. El indicador, VAN dan resultados negativos, lo que implica que esta inversión no está justificada, además resulta no rentable, por tanto se desecha.

b) Solución B

Para la solución B, se amortizará la nueva línea de producción (75.000 Euros) en cinco años. Los ingresos se aumentarán un 10% anual y en cuanto a los costes se ahorrarán 48.000 Euros en el almacén de palés fuera de las instalaciones.

Solución B					
AÑO	1	2	3	4	5
INGRESOS	100000	110000	121000	133100	146410
GASTOS					
Fijos	0	0	0	0	0
Variables	20000	22000	24200	26620	29282
AMORTIZACION	50000	50000	50000	50000	50000
BAI	30000	38000	46800	56480	67128
IMPUESTOS	10500	13300	16380	19768	23494,8
CFOs	69500	74700	80420	86712	93633,2

AÑO	0	1	2	3	4	5
FIJO	-250000					
INGRESOS		100000	110000	121000	133100	146410
GASTOS						
Fijos		0	0	0	0	0
Variables		20000	22000	24200	26620	29282
IMPUESTOS		10500	13300	16380	19768	23494,8
CFOs	-250000	69500	74700	80420	86712	93633,2

Pay-Back (años)	3,29
VAN (5%) (Euros)	98.117,64
TIR	17,52%

Figura 56. Flujos de Caja para la solución B

Los resultados son muy positivos. La inversión se recupera en tan sólo 3,29 años. La tasa de rentabilidad es muy alta (un resultado beneficioso comienza a partir del 5% y en este caso se tiene un 17,52%). El parámetro más importante VAN, encargado de justificar la inversión, es también elevado, por lo que esta solución dispondrá bastante peso en la decisión final.

c)Solución C

Este caso es parecido al anterior con la diferencia de que el ahorro respecto a los costes actuales del stock almacenado en una empresa externa, supone una cantidad de 72.000 Euros. Las obras y mejoras de las instalaciones se elevan a 275.000 Euros (se realizan sobre los dos edificios A y B). La inversión en la nueva línea, al igual que antes, es de 75.000 Euros.

Solución C					
AÑO	1	2	3	4	5
INGRESOS	100000	110000	121000	133100	146410
GASTOS					
Fijos	0	0	0	0	0
Variables	-11950	-10750	-9430	-7978	-6380,8
AMORTIZACION	70000	70000	70000	70000	70000
BAI	41950	50750	60430	71078	82790,8
IMPUESTOS	14682,5	17762,5	21150,5	24877,3	28976,78
CFOs	97267,5	102987,5	109279,5	116200,7	123814,02

AÑO	0	1	2	3	4	5
FIJO	-350000					
INGRESOS		100000	110000	121000	133100	146410
GASTOS						
Fijos		0	0	0	0	0
Variables		-11950	-10750	-9430	-7978	-6380,8
IMPUESTOS		14682,5	17762,5	21150,5	24877,3	28976,78
CFOs	-350000	97267,5	102987,5	109279,5	116200,7	123814,02

Pay-Back (años)	3,34
VAN (5%) (Euros)	123.058,28
TIR	16,41%

Figura 57. Flujos de Caja de la solución C

Los resultados son bastante similares a los de la solución B. La recuperación de la inversión se produce casi al mismo tiempo. La tasa de rentabilidad es un poco menor, y es el VAN donde se produce una gran mejora, en casi 50.000 Euros.

d)Solución D

En este caso la inversión en instalaciones etc. es menor ya que sólo se producirán en un principio en el edificio B. Los costes anuales se elevan debido a la subcontratación de todo el stock a una empresa externa. Por otro lado, el disponer del edificio A vacío permitirá la implantación en un futuro de nuevas cadenas en este espacio. Es por ello que se han estimado mayores ingresos y costes que en las soluciones B, y C.

Solución D

AÑO	1	2	3	4	5
INGRESOS	100000	110000	320000	320000	320000
GASTOS					
Fijos	0	0	0	0	0
Variables	188050	189250	190570	192022	193619,2
AMORTIZACION	47000	47000	47000	47000	47000
BAI	-135050	-126250	82430	80978	79380,8
IMPUESTOS	0	0	28850,5	28342,3	27783,28
CFOs	-88050	-79250	100579,5	99635,7	98597,52

AÑO	0	1	2	3	4	5
FIJO	-235000					
INGRESOS		100000	110000	320000	320000	320000
GASTOS						
Fijos		0	0	0	0	0
Variables		188050	189250	190570	192022	193619,2
IMPUESTOS		0	0	28850,5	28342,3	27783,28
CFOs	-235000	-88050	-79250	100579,5	99635,7	98597,52

Pay-Back (años)	>5
VAN (5%) (Euros)	-144.630,60
TIR	0,00%

Figura 58. Flujos de Caja de la solución D

Los indicadores muestran que esta solución no es rentable. Por lo que se desechará. A lo mejor en un estudio a más largo plazo los resultados serían distintos, pero la evaluación requerida en el proyecto se impuso en cinco años.

e) Solución E

Esta solución a simple vista será menos rentable económicamente que la C ya que los ingresos son los mismos y la inversión necesaria es mayor debido a la ampliación. Se ha tenido en cuenta que los métodos de producción cambian.

Solución E					
AÑO	1	2	3	4	5
INGRESOS	100000	110000	121000	133100	146410
GASTOS					
Fijos	0	0	0	0	0
Variables	-11950	-10750	-9430	-7978	-6380,8
AMORTIZACION	90000	90000	90000	90000	90000
BAI	21950	30750	40430	51078	62790,8
IMPUESTOS	7682,5	10762,5	14150,5	17877,3	21976,78
CFOs	104267,5	109987,5	116279,5	123200,7	130814,02

AÑO	0	1	2	3	4	5
FIJO	-450000					
INGRESOS		100000	110000	121000	133100	146410
GASTOS						
Fijos		0	0	0	0	0
Variables		-11950	-10750	-9430	-7978	-6380,8
IMPUESTOS	0	7682,5	10762,5	14150,5	17877,3	21976,78
CFOs	-450000	104267,5	109987,5	116279,5	123200,7	130814,02

Pay-Back (años)	3,96
VAN (5%) (Euros)	53.364,62
TIR	9,03%

Figura 59. Flujos de Caja de la solución E

La solución, como se muestra en la figura 59, resulta rentable (TIR >5%) aunque en menor medida que las B y C.

Si se reflejan los datos de las tres soluciones rentables, es decir, la B, C y E, se tiene:

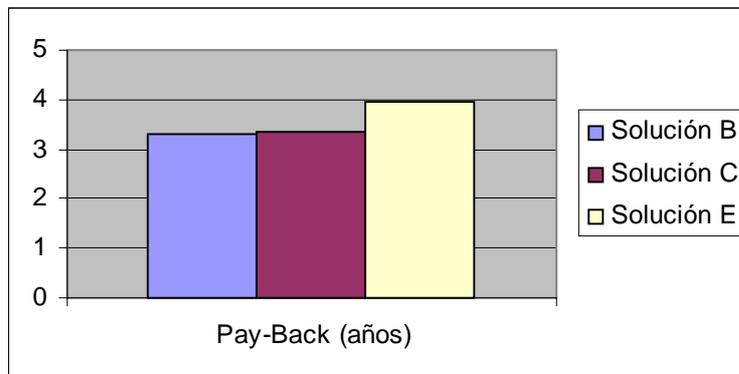


Figura 60. Payback

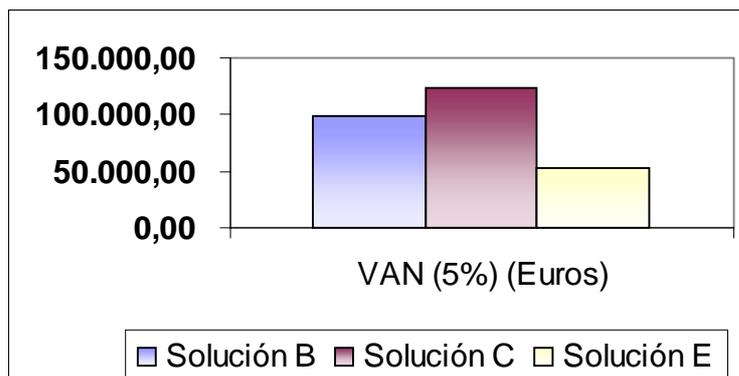


Figura 61. VAN

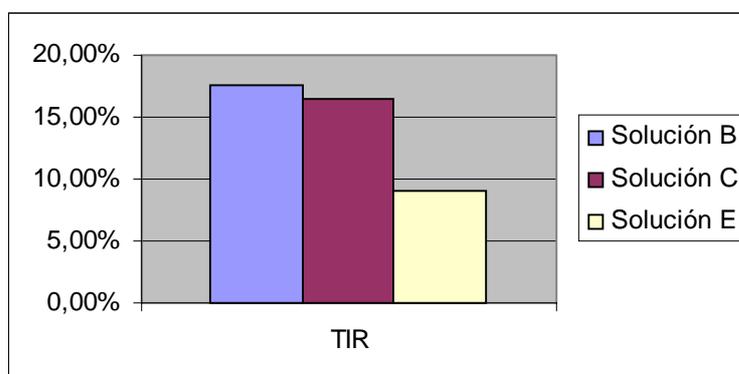


Figura 62. TIR

El problema a tratar es un problema que debe dar una solución a largo plazo, aunque implica una primera inversión más elevada en un principio, con lo que este factor será muy tenido en cuenta. El cambio de los métodos de producción será vinculante en este aspecto, ya que dependiendo de las cadenas que se definan y de sus capacidades respectivas, se necesitará un espacio en el futuro para albergar un número de nuevas líneas que será mayor o menor según el incremento de la demanda y la productividad de estas.

4.1.3. Elección de la solución definitiva para el problema de distribución

Para elegir una solución no sólo se tendrán en cuenta los aspectos económicos. En este sentido la Dirección dio carta blanca siempre y cuando se demostrara que la elección era la acertada, y la inversión fuera justificada y rentabilizada a medio plazo. Por ello se calcularon los indicadores (Payback, TIR y VAN)

Tras una evaluación de ventajas e inconvenientes y resultados económicos, se eligió finalmente la Solución C como definitiva.

Las razones son las siguientes:

- **Económicas:** Era la que tenía un mayor VAN, es decir la que mejor justificaba la inversión. El período de recuperación era rápido muy parecido al de la solución B (3,34 años) y aunque la tasa de rentabilidad resultaba un poco menor, era suficientemente alta (mucho mayor del 5%).
- **Organizacionales:** Los almacenes, con esta solución se encontraban agrupados en una misma zona, lo que implicaba mayor orden, más rapidez para la búsqueda de componentes... A su vez toda la zona de producción se encontraba agrupada, lo que facilitaba su dirección.
- **La falta de superficie:** La superficie ocupada por la zona de producción se reduciría, adaptando las líneas a las nuevas tecnologías. Nuevos métodos se pondrían en práctica, métodos que tendrían como objetivo reducir los tiempos de operación.

4.2. SOLUCIONES AL PROBLEMA DE PRODUCCIÓN.

Todas las innovaciones y mejoras en una organización tienen como consecuencia una serie de cambios, gracias a los cuales se obtendrán unos resultados, más o menos aproximados a los deseados, según sea el nivel de participación y conocimiento de los afectados. No sólo se requiere un cambio en los métodos, muchos otros aspectos, como la motivación, son necesarios.

Para mejorar el problema de producción se recurrirá a una combinación efectiva de los recursos de los que se dispone, humanos, materiales, de maquinaria y por supuesto los métodos.

La manera de actuar será a través de un estudio pormenorizado de cada operación (Francesc Castanyer 1988, Servicio Nacional de productividad industrial 1959, Benjamín W. Niebel 1996). Estas se dividirán en pequeñas suboperaciones, las cuales se clasificarán según aporten valor al producto o no. Las que no aporten valor se intentarán eliminar, siempre que sea posible, o al menos, se disminuirá su tiempo de ejecución. Una vez llevado a cabo esto, lo siguiente será proporcionar a cada operario todos los útiles y componentes necesarios para la realización de cada tarea con la mayor calidad. El proceso estará documentado, a través de vídeos, fotografías y estadísticas de calidad, gracias a los cuales se podrá ejecutar un estudio específico y se centrará la atención en aquello que presente mayores problemas. Una vez tomadas las decisiones de los cambios y mejoras a realizar es importante garantizar la comprensión y ejecución de todas las partes implicadas, lo que concierne tanto a los niveles de autoridad más altos, como a los operarios.

Según Ken Blanchard et al (2002), a veces es peor adoptar una solución equivocada que no adoptar ninguna. A continuación se enumerarán todas las soluciones posibles, y las razones por las que se deben aplicar, así como sus resultados. Se ha seguido el orden que se propuso cuando se describió la situación actual y la ideal, de modo que en cada punto se puede encontrar la solución a su homólogo de los apartados anteriores. Es importante tener en cuenta que pequeños cambios y malos hábitos corregidos pueden aumentar considerablemente la producción.

1. Para resolver los problemas de desequilibrio entre tiempos de los puestos, se hace un estudio aparte para conocer el número de puestos que sería más conveniente dentro de la línea de producción. Como modelo se tomará el Cobalt 826.

Para optimizar la producción lo primero que se estudiará será el orden más conveniente de las operaciones y por tanto se utilizarán las tablas de tiempos de cada operación. Sombreadas en azul se encuentran aquellas operaciones que no añaden valor al producto, estas se intentarán eliminar de manera económica y sencilla. Un ejemplo de operación a mejorar es, el atornillado de cada HP, para su realización, es necesario que el operario coja el tornillo, lo coloque en su lugar, coja el atornillador y finalmente lo atornille, si se utilizara una atornillador con distribución de tornillos automática, el tiempo requerido por la operación se reduciría enormemente.

Para eliminar estas operaciones sin valor añadido al producto se plantean todas las soluciones que se adoptarán y una vez estudiadas cada una, se tendrá al final de este apartado, las mejoras de tiempo obtenidas y la distribución de puestos óptima.

2. En cada puesto existirán unas consignas perfectamente detalladas que el operario tendrá la obligación de cumplir y que evitarán posibles confusiones y pérdidas de tiempo. En este documento se incluirá cada operación del puesto, el orden, el material a utilizar y el tiempo aproximado de ejecución. Será realizado por el Departamento de Métodos y supervisado por el jefe de taller y el personal de calidad. Estos documentos recibirán el nombre de fichas de montaje, que serán de fácil comprensión (para ello se adjuntarán fotos con las operaciones) y manejo.

3. Se realizaran pequeñas reuniones en las que se explicará a cada operario la diferencia entre las distintas gamas de productos, las especificaciones de calidad para cada una de ellas y las responsabilidades de cada puesto.

4. El apartado de ergonomía se puede mejorar considerablemente con una serie de dispositivos como son:

- Un atornillador neumático para realizar el atornillado de HPs y del filtro y bobinas. En un principio se pensó en utilizar un atornillador con distribución de tornillos automática, ya que esto evitaba al operador coger el tornillo y colocarlo. Pero tras consultar con distintos proveedores, esta idea fue desechada debido a que este tipo de aparato, no proporciona excesiva precisión, no es adecuado para trabajos repetitivos, ya que son más pesadas que las normales lo que daña a las muñecas y brazos del operador, y a su alto coste (al estudiarse la rentabilidad de este tipo de atornilladores, se constató que no convenían para el proceso.)

Se elegirá un atornillador con un puño blando que se adapte a la mano y perjudique, en la menor medida posible, al operario, nótese

que éste realiza la operación de atornillado repetidamente a lo largo de la jornada.

- Un dispositivo que permita la manipulación del altavoz, su colocación sobre la línea de producción, así como su embalaje y posterior colocación en el palé, sin que sea necesaria la presencia de dos personas para realizar estas tareas. Para ello se estudiaron dos posibilidades, de las que se ha elegido un sistema de elevado por aspiración al vacío a través de ventosas, estas sujetan al altavoz y gracias a un mango permiten desplazarlo sin esfuerzo a la posición adecuada, evitando así posibles daños en la espalda del trabajador.

Este mecanismo, consiste en, una bomba de aspiración, un tubo regulable en altura, lo que permite el transporte del altavoz y su rotación de hasta 360 grados tanto en solitario como ya embalado y dispuesto dentro del cartón, una cabeza de aspiración que permite regular la altura, un mango para realizar el direccionamiento, y por último las ventosas que son intercambiables (la operación de intercambio se realiza en 120 segundos). Las ventosas se elegirán según los modelos y el ancho de la cara del altavoz sobre el que se trabaje. Para elegir la bomba se tomará como parámetro principal el peso a manipular. Existen varios modelos según necesidades.

Para la operación de la recogida de la ebanistería del palé y su colocación sobre la cadena de producción, se elegirá el siguiente modelo:

1.Bomba de aspiración modelo SA 320/2, con capacidad para elevar hasta 34 Kg, dimensiones 535mm x 335mm x 450mm, depresión de 550 mbars y Potencia de absorción de 2,2 Kw. El nivel máximo sonoro producido es de 75 dB (dentro de los límites permitidos) aunque existe la opción de cubrir la bomba con una capota con lo que el número de decibelios disminuye hasta un máximo que se encuentra entre 62 y 66.

2.Tubo de aspiración modelo R-120, con capacidad de elevar hasta 40 Kg, una longitud de 2500 mm, cuya extensión máxima es de 2710 mm y mínima de 910 mm y una superficie mínima de ventosa de 283 cm².

3.Ventosa, que debe tener una superficie al menos dos veces y media mayor que la superficie del tubo de aspiración.

Para la operación de embalaje y colocación del producto en el palé se elegirá:

1. Bomba de aspiración modelo SA 450/2, con capacidad para elevar hasta 67 Kg, dimensiones 700mm x 420mm x 520mm, depresión de 650 mbars y Potencia de absorción de 5,5 Kw. En cuanto al nivel máximo sonoro producido se tienen prácticamente los mismos resultados con la bomba del modelo anterior, siempre dentro de la normativa existente.

2. Tubo de aspiración modelo R-180, con capacidad de elevar hasta 80 Kg, una longitud de 2500 mm, cuya extensión máxima es de 2750mm y mínima de 950mm y una superficie mínima de ventosa de 635cm².

3. Ventosa que como se ha mencionado, debe también tener una superficie al menos dos veces y media mayor que la superficie del tubo de aspiración.

Se hizo un ensayo, de forma que se constató que el tubo aspirador puede trabajar tanto con el altavoz dentro del cartón, como sobre el altavoz directamente e incluso sobre éste dentro del plástico de embalaje antes de ser colocado dentro del cartón (en ese caso las ventosas se aplican sobre la bolsa de embalaje sin problemas, siempre que esté perfectamente cerrada y ajustada al altavoz). Así mismo se comprobó que las ventosas no dejan marcas sobre las superficies que se aplican, es decir la calidad final del producto no se ve alterada por la utilización de este dispositivo, lo que era un aspecto que antes de hacer la demostración, no estaba claro. Por último, es interesante hacer hincapié en la facilidad de manejo del dispositivo y su seguridad.

- Utilización de formadoras de cajas de cartón. Esta medida en un principio considerada, finalmente no interesa, por el alto coste de este tipo de máquinas que previsiblemente no será rentable, debido a que el número de embalajes que se utiliza a diario no es muy grande.

5. La calidad será tratada con carácter prioritario. El objetivo es que todos los componentes que sean utilizados, no presenten ninguna disconformidad. Para ello aparece un nuevo puesto de trabajo, una persona que se encargará de hacer un control exhaustivo de estos, antes de su abastecimiento a los respectivos puestos, de esta manera estará asegurada la utilización en el ensamblaje de componentes conformes, evitando así que los operarios de la cadena se planteen esta cuestión.

Se dispondrá de unos espacios para evacuar todos aquellos productos que no sean conformes. Estos se encontrarán al lado del operador, para evitar que se tenga que desplazar excesivamente ante la presencia de una anomalía y siempre respetándose el espacio que se necesita para trabajar.

6. Para resolver el problema que surge con el emparejamiento entre altavoces y HPs dentro de los mismos altavoces se propone la existencia de una persona encargada de abastecer, a los puestos oportunos, los HPs y las ebanisterías ordenadas por parejas y listas para ser utilizadas. De este modo el operario, no perderá tiempo en la búsqueda de los dos componentes más parecidos, sino que directamente pasará a ejecutar la tarea. La persona encargada de este abastecimiento puede ser la misma que examine los componentes antes de la llegada a cada puesto, por lo que dispondrá de trabajo para la jornada completa.

7. La detección inmediata de cualquier no-conformidad, facilitará la reparación de esta y por tanto los posibles problemas que puedan aparecer en el momento en que uno de los dos altavoces de la pareja no cumpla los requisitos. Para ello un control de calidad continuo por parte del operador será necesario. En el momento en que se produzca cualquier problema, se informará de éste y se intentará su resolución inmediata.

8. Para facilitar la manipulación del altavoz (giro, deslazamientos etc.) se elegirá entre tres posibles soluciones. De ellas, dos (denominados desde este momento, plateau1 y plateau 2) consisten en un mecanismo sobre el que el altavoz se desplazará a lo largo de toda la línea y en el que están incluidos dispositivos que permitirán el giro del altavoz alrededor de su eje. En la tercera opción (plateau 3) estos dispositivos para realizar los giros se encontrarán fijos en cada puesto, y sólo una bandeja de apoyo, acompañará al altavoz en su recorrido por la línea.

Los mecanismos (plateau 1 y 2) para manipular y transportar el altavoz de un puesto a otro, han sido diseñados especialmente para el producto en estudio. Las características que deben cumplir son: **precisión, facilidad de manipulación**, el que permitan a su vez el poder trabajar con el altavoz por todas sus caras (rotación de éste), **sencillez** y por supuesto debe ser **económico** (este factor será importante debido a que se necesitarán varios plateaus para la línea.) Por último, puntualizar que no se puede olvidar la conservación de la calidad del altavoz.

Se hicieron dos diseños completamente distintos de este dispositivo. El primero, mantiene el altavoz horizontal durante todo el proceso, mientras que el segundo lo conserva en vertical. Se describen seguidamente cada uno de estos dispositivos y sus ventajas e inconvenientes.

- **Dispositivo horizontal, plateau 1:**

Se trata de un dispositivo, como se ve en el diseño, que consta de una plataforma de aluminio (1,5m x 0,5m x 0,8m) de la que salen dos brazos del mismo material (0,39m x 0,48m) Estos brazos pueden ser desplazados tanto transversal como paralelamente a la plataforma a través de unas ranuras y mediante un sistema de fijación de tornillos que permiten que el plateau se adapte a los distintos tipos de altavoces. Los brazos tienen una parte giratoria que mediante un sistema de apriete, hace que el altavoz quede totalmente posicionado y listo para ser montado. El agarre se realiza a través de una manivela de forma sencilla y sin gran esfuerzo para el operario. Por otro lado dispone de un mecanismo de cuatro tornillos, que marcan las posiciones del altavoz requeridas (las cuatro caras de este podrán quedar en la parte superior, lo que facilitará su limpieza, su control acústico y embalado) El mecanismo permite que con un simple movimiento de la mano sobre el altavoz, éste adquiera una de las cuatro posiciones deseadas. Toda la zona de contacto entre el altavoz y los brazos de sujeción, estará recubierta de un material adecuado que evite posibles daños al producto.

Para el posicionamiento del altavoz sobre el plateau 1 se dispondrá de un pie que permitirá el apoyo de este mientras se realiza su fijación. Este pie que debe ser de un material que no dañe al producto, por ejemplo corcho, será posteriormente retirado para trabajar sobre el altavoz.

Se trata de un mecanismo fácil y rápido de utilizar, que no provoca pérdidas de tiempo a la hora de colocar el altavoz en las distintas posiciones para ser trabajado, y que cumple el objetivo de mejorar claramente la ergonomía del trabajador, puesto que no es necesario ningún esfuerzo para realizar las rotaciones. Por otro lado, se consigue una precisión deseada, una gran rapidez en la producción, y todo ello sin descuidar la calidad del producto.

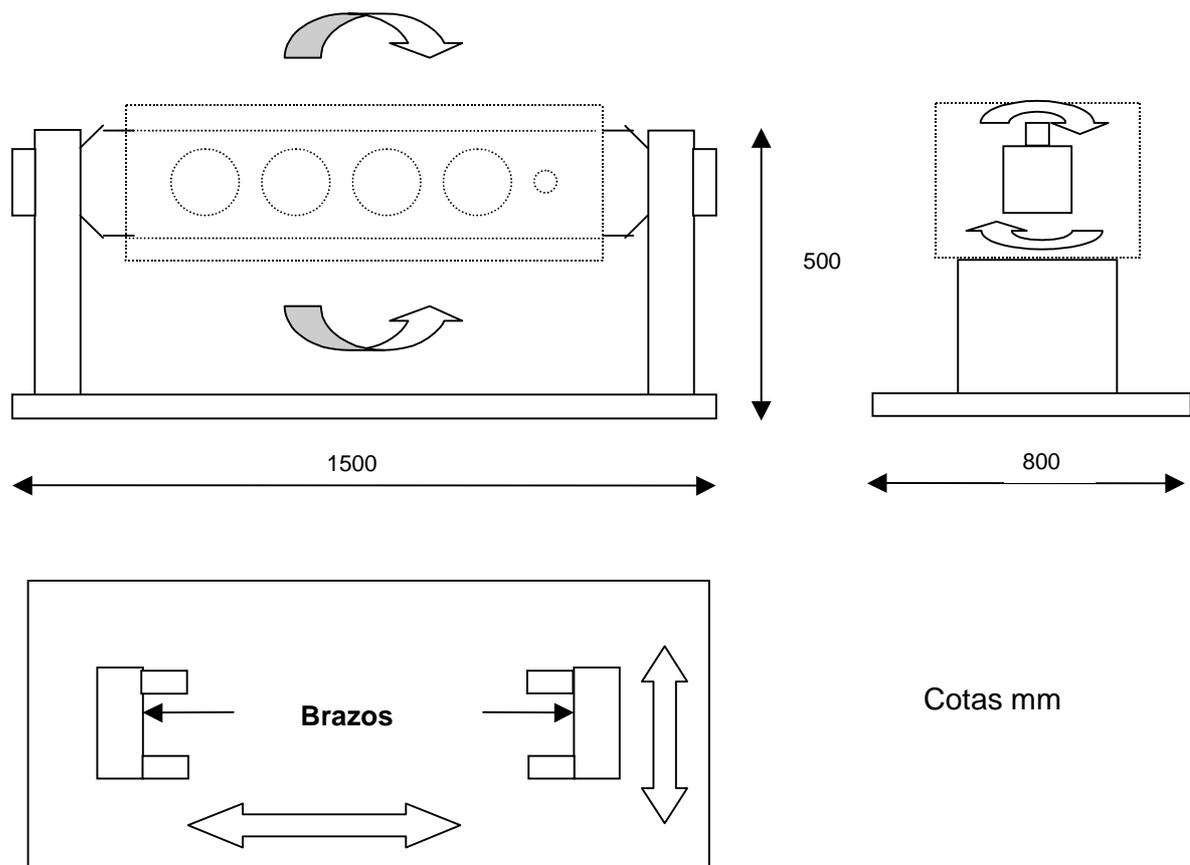


Figura 63. Plateau 1

El inconveniente se encuentra en su tamaño. Al tratarse de altavoces grandes, las dimensiones del plateau 1 son enormes, lo que implica un peso del conjunto dispositivo-altavoz, nada recomendable para su desplazamiento a lo largo de la línea de producción. Este problema se puede resolver instalando una línea motorizada. Así mismo, debido al tamaño, y en el caso de tener una cadena de producción en línea, las dificultades aparecen también en el traslado del dispositivo, desde el último puesto hasta el primero. Para ello se propone una línea con retorno. Interesa colocarla debajo de la línea de trabajo, así se ahorra espacio. La cuestión se plantea al estudiar las dimensiones del dispositivo (altura), que no permiten el regreso de éste por debajo, por lo que habría que hacer una instalación en paralelo que no podría atravesar la cabina de test, con lo que se desperdiciarían m^2 de superficie muy valiosos. Otra posibilidad sería utilizar un método de transporte más rudimentario como son los carros, pero esto conlleva la presencia de un operario y las consecuentes pérdidas de tiempo.

Otra cuestión importante que se plantea es la gran distancia que existe entre ambos brazos de sujeción, esto obliga a una fijación al altavoz en cada uno, fuerte y segura, ya que sobre él se realizarán esfuerzos al atornillar etc. que no deben desplazarlo, no se puede olvidar el aspecto de la precisión.

Nótese que si utilizáramos este dispositivo la fijación de pies del altavoz se tendría que hacer justo antes del embalado, en el último puesto.

Teniéndose en cuenta todos estos aspectos, y con el diseño preliminar se hizo un prototipo de este dispositivo, así como un presupuesto aproximado. Tras la recepción del mecanismo y algunas modificaciones, se procedió a la prueba con los altavoces correspondientes. El resultado no fue del todo satisfactorio, ya que la fijación del altavoz entre los brazos debido a la distancia entre ambos, no era suficientemente segura. Al realizarse los esfuerzos en la operación de atornillado, el altavoz basculaba mínimamente lo que no garantizaba en todos los casos la precisión requerida. Por otro lado el peso excedía lo previamente acordado.

El presupuesto ascendía a 7250 Euros por unidad. Tras un cálculo del número necesario de dispositivos, con ayuda de un diagrama de Gantt, se obtuvo que para el modelo Cobalt 826 la cantidad requerida era de 6. Con el objetivo de asegurar el funcionamiento sin paradas de la cadena de producción y considerando la posibilidad de la existencia de problemas mecánicos se tuvieron en cuenta dos dispositivos más, con lo cual el coste total es de 58.000 Euros.

- **Dispositivo vertical: plateau 2:**

Este dispositivo consta de una plataforma de un material ligero (0,7m x 0,7m) con una cavidad donde se sitúa una pieza circular (diámetro 0,8 m) que contiene a su vez una base para sujetar al altavoz, esta base será intercambiable, según sea el modelo de altavoz (ver diseño donde se encuentran detalladas las dimensiones).

Gracias a este mecanismo trabajaremos siempre con el altavoz en posición vertical. La pieza circular tiene unos sistemas de fijación a la plataforma que permiten el giro completo del altavoz. La base que es cuadrada y que sirve para sujetar el altavoz, tendrá un lado que se podrá abrir (modelo sencillo de bisagras) con el fin de facilitar la entrada y salida del altavoz. Por supuesto toda superficie que se encuentra en contacto con el altavoz será recubierta de un material protector que no dañe a éste.

Este dispositivo es más sencillo que el plateau 1 y por lo tanto más económico. Además permite la colocación del altavoz de manera más rápida y con menos esfuerzo. El problema aparece cuando hay que colocar los HPs y el tweeter, ya que realizar esto con el altavoz vertical es más complejo y lento.

Las dimensiones de este dispositivo, así como su peso son menores que en el caso del Plateau 1, por lo que la mayor facilidad de manipulación esta garantizada. Además se podrá usar una cadena de producción sin motor (en el caso de que sea en línea), de traslado manual, más barata y sencilla.

Hay que considerar que si utilizamos este tipo de dispositivo habría que realizar la operación del atornillado de los pies del altavoz en el mismo palé de las ebanisterías, antes de que sean trasladadas a la línea de producción, con lo que a la hora de colocar el altavoz sobre el plateau hay que tener cuidado de no dañarlos.

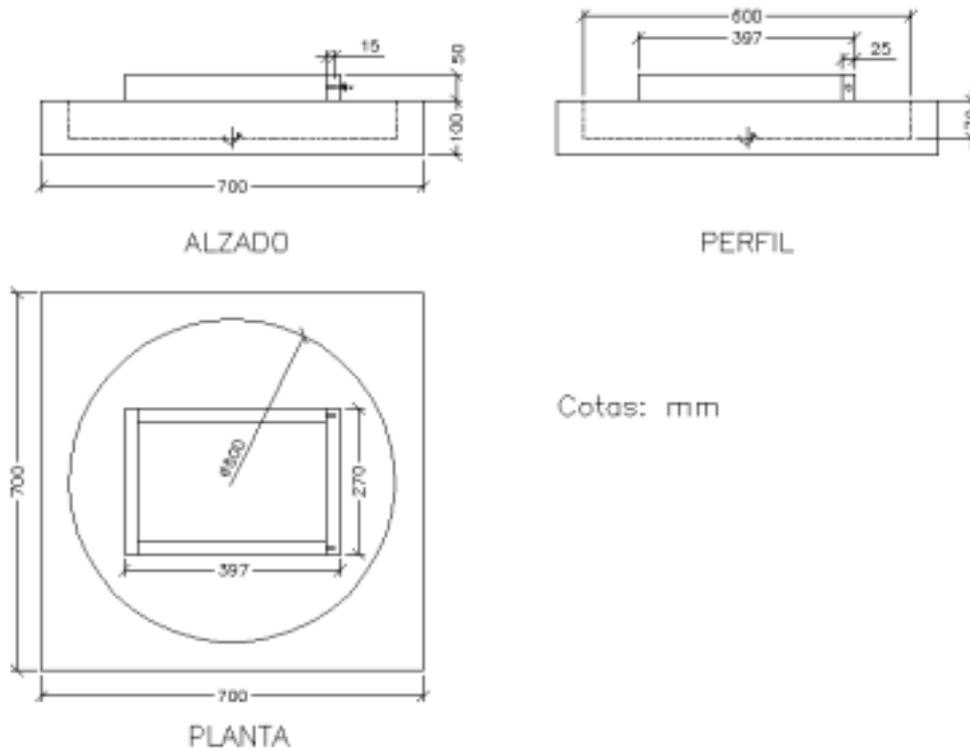


Figura 64. Plateau 2

El retorno del dispositivo al primer puesto de la cadena de producción, no presentaría problemas, ya que la utilización de la línea con retorno debajo de esta es totalmente factible (la altura del plateau es de 0,15 m, existe espacio suficiente para realizar el retorno de esta forma).

Por otra parte, se tiene que para cada modelo sería necesaria una base distinta (pieza circular y cuadrada) cada una con sus dimensiones, y como a su vez para cada uno se requiere un número de dispositivos, esto puede llevarnos a un coste alto y los inconvenientes de ir cambiando el plateau al variar la producción.

El presupuesto del plateau 2 asciende a 600 Euros. Tras el estudio del diagrama de Gantt para el modelo Cobalt 826 que se muestra a continuación, se obtiene un resultado de 6 dispositivos necesarios para este modelo. No se debe olvidar que para cada modelo se tiene una base distinta y por lo tanto se necesitan diferentes números de estas para cada uno. Como se hizo para el

plateau 1 se considerarán dos más de las calculadas para evitar posibles paradas en la producción debidos a fallos en los dispositivos. Con lo cual el presupuesto total asciende a 4.800 Euros para el Cobalt 826. Haciendo lo mismo para el otro modelo (Cobalt 816) que se producirá en la línea a estudiar se tiene que cada dispositivo costaría 200 Euros más por cada uno. En este caso el coste es menor porque sólo se ha tenido en cuenta la base que cambia respecto de unos modelos a otros. Sumando todos los modelos, finalmente el gasto es de 6.400 Euros. El resultado es mucho más económico que en el caso del Plateau 1.

- **Dispositivo fijo: Plateau 3**

Este dispositivo consiste en unos brazos articulados y platos giratorios que existirán en aquellos puestos en los que sea necesaria el giro del altavoz, para trabajar sobre sus distintas caras. Estos brazos tendrán movilidad en sentido horizontal y vertical. El operario una vez ha finalizado todas las operaciones sobre el altavoz, lo coloca sobre una banda que une su puesto con el siguiente. Unos sensores alertarán de la presencia del altavoz y provocarán el movimiento de esta banda, de modo que el altavoz será trasladado automáticamente a la entrada del siguiente puesto. Allí otro sensor, informará de su presencia a los brazos articulados, que lo colocarán en el puesto. El sistema estará programado para que la línea no avance en el caso de acumulación de dos altavoces en la entrada de un puesto, con lo que el sensor del final de la línea tendrá prioridad sobre el del principio. La acumulación de altavoces sería excepcional ya que el desequilibrado de tiempos de ejecución entre puestos es muy pequeño, pero debe ser tenida en cuenta como medida de precaución ante la presencia de cualquier problema.

Este mecanismo tiene la ventaja de que no requiere un dispositivo para cada altavoz, sino que los mecanismos se encuentran en cada puesto. Para la cadena de producción de implantación inminente se rechazó esta sugerencia, por falta de tiempo y definición detallada, pero quedó en estudio para futuras producciones.

8. Se dispondrá de un puesto de trabajo adaptado a las necesidades del operario. Cada trabajador tendrá todo lo necesario para realizar su misión. Habrá unas estanterías donde se colocará el material y el utillaje. Luz apropiada, tapiz antifatiga, las zonas de evacuación de no-conformidad... La composición de puestos se detallará en el apartado de descripción de puestos, donde se incluirán también los presupuestos.

9. Se desea que el control acústico lo entienda cualquier operario. Las dimensiones de la cabina de test, se mantendrán, así como las características de los micrófonos etc. sin embargo el mensaje que mostrará la pantalla del

ordenador será de “conforme” o “ no conforme”, de manera que el operador no se preocupe nada más que de leer. Las instrucciones estarán especificadas en la cabina, se eliminarán todos los elementos que puedan provocar reflexión y por supuesto el control lo realizará una persona con conocimiento. El hecho de que sea sencillo y comprensible por todos, es para facilitar que la producción no se pare ante la ausencia de una persona determinada. Siempre que sea posible lo realice la persona más capacitada.

10. Para conseguir la motivación del operario se le debe hacer ver lo importante que es para la empresa. Una vez conseguido esto, será más fácil que valore la importancia de su trabajo y muestren mas interés. Para ello, se pueden organizar audiciones de los distintos altavoces por grupos, y pedirles que cada uno de su opinión al respecto. Mostrarles las distintas gamas y que ellos mismos escuchen las diferencias entre los distintos modelos y entiendan las causas por las que deben prestar más atención a la producción de los de la gama más alta.

Se barajó la posibilidad de colocar un buzón de sugerencias en la zona de descanso, donde cada uno podría expresar su punto de vista sobre las mejoras, problemas de producción, etc. Cada mes sería elegida la mejor idea y estudiada su viabilidad. Una explicación del estudio sería recogida en el tablón de anuncios, tras previa consulta al autor de la sugerencia. Con esto se demostraría a los trabajadores que su participación es importante y tenida en cuenta.

Por supuesto el objetivo primordial es mejorar las condiciones del operario, siempre mostrándole los cambios como algo positivo, explicándole las razones de estos. Para ayudar en esa tarea, la realización de todas las simulaciones, con los nuevos dispositivos, nuevas posiciones del altavoz etc. fue llevada a cabo por el jefe de taller en presencia de los operarios. De esta forma ellos mismos fueron testigos de que el modificado método de trabajo era factible y de cómo mejoraba sus condiciones. Así mismo, el jefe de taller comprendió cuanto puede exigir y comenzó la búsqueda de las soluciones a las posibles trabas.

4.2.1. Ensayo

Tras la consideración de todos estos aspectos, se decidió realizar una simulación en los talleres, que representaba la producción y embalaje de un altavoz del modelo Cobalt 826, con las medidas propuestas anteriormente aplicadas. Los objetivos de estos ensayos consistían en confirmar los resultados en mejoras de producción, ergonomía, etc. y la comprobación de que era posible el montaje del altavoz en posición vertical (nótese que actualmente se realiza en horizontal) Gracias a estos se obtuvieron datos

reales que se utilizarán posteriormente para elegir la posición en la que se fabricará el altavoz, ya sea horizontal o de pie.

Para la preparación de estos dos ensayos, se requirió la presencia de los responsables del Departamento de Métodos, el jefe de taller, que fue el que realizó el montaje, un encargado de Calidad y una persona que filmara para después poder cronometrar las tareas.

Se preparó una mesa a modo de puesto de trabajo, con todo lo necesario para la fabricación y el embalaje. Unos carros a cada lado del operador, con los componentes, que evitaban las pérdidas de tiempo en desplazamientos innecesarios. Se instaló provisionalmente el sistema de elevado al vacío, a fin de que la prueba fuera lo más real posible. Los dispositivos-bandeja para manipular el altavoz no fueron utilizados porque no se tenía disponibilidad de estos. La velocidad de ejecución fue media, para obtener unos resultados más adaptados a la realidad. Previamente a la grabación se hicieron dos pruebas con dos altavoces, ya que el método de trabajo en posición vertical difería de la forma de montaje actual. Una vez todo preparado, se filmaron cuatro altavoces en vertical y tres en horizontal, siendo los resultados obtenidos los que se muestran a continuación. En cuanto a los tiempos son la media de los ensayos realizados. En el caso del montaje en vertical, hubo pequeños problemas a la hora del atornillado de los filtros, lo que hizo que se midieran tiempos muy distintos para esta operación en cada uno de ellos.

En la figura 65, se muestran los resultados de estos ensayos. Las operaciones sombreadas en azul, son las que no aportan valor al producto y por tanto las que se han intentado eliminar o disminuir el tiempo de su ejecución.

En la columna de mejoras se detallan aquellas medidas que se han aplicado con el fin de reducir estas operaciones sin valor añadido. Básicamente existen tres medidas principales:

1. FIFO (First In First Out): con estas iniciales se describe un método en el que el primer componente que llega al puesto será el primero en ser utilizado por el operario. El abastecimiento y el examen de calidad de estos productos lo realizará un encargado, que es el responsable de la conformidad de los componentes que llegan al puesto.
2. Nuevo atornillador: se trata de un nuevo atornillador neumático más rápido y eficaz.

3. Un supervisor será responsable de que los componentes usados para el montaje y embalaje sean los adecuados.
4. El sistema de elevado al vacío, tanto para la puesta de la ebanistería sobre la línea como para el embalaje del altavoz, permitirá como ya se comentó, a un sólo operario la realización de estas operaciones.

Al final se muestran los resultados de los tiempos y el porcentaje de mejora.

MONTAJE Y ENBALAJE DEL MODELO COBALT 826

MÉTODO ACTUAL		TIEMPOS (S)	OPERACIÓN	MÉTODO ACTUAL		TIEMPOS (S) MEJORAS	TIEMPO GANADO (S)	TIEMPO GANADO (%)
1	Coger la ebanistería	6	*2	1	Coger la ebanistería	6	*2	
2	Ponerla sobre la tabla	2	*2	2	Ponerla sobre la tabla	2	*2	
			Colocación de la ebanistería sobre la línea					
3	Examinarla	26	68	3	Examinarla	26	68	0,00
4	Coger el papel de lija	10		4	Coger el papel de lija	3	FIFO	7
5	Lijar	36		5	Lijar	36		
6	Limpiar los restos con aire	4		6	Limpiar los restos con aire	4		
7	Soltar el papel de lija	4		7	Soltar el papel de lija	2	FIFO	2
8	Coger la tinta china y la brocha	10		8	Coger la tinta china y la brocha	5	FIFO	5
9	Pintar	51		9	Pintar	51		
			Preparación de la ventana					
10	Girar el altavoz	3	118	10	Girar el altavoz	3	104	11,86
11	Coger el filtro	20		11	Coger el filtro	4	FIFO	16
12	Colocar el filtro	20		12	Colocar el filtro	20		
13	Coger el atornillador	5		13	Coger el atornillador	2	FIFO	3
14	Coger el tornillo	4					Nuevo atornillador	4
15	Atornillar	11		15	Atornillar	11		
16	Coger el tornillo	4					Nuevo atornillador	4
17	Atornillar	11		17	Atornillar			
			Colocación y atornillado del filtro					
18	Soltar el atornillador	4	79	18	Soltar el atornillador	3	40	39
			Preparación de los cables del filtro					
19	Colocar los cables	48	48	19	Colocar los cables	48	48	0
20	Coger la bobina	10		20	Coger la bobina	3	FIFO	7
21	Colocarla	28		21	Colocarla	28		
22	Girar el altavoz	3	41	22	Girar el altavoz	3	34	7
			Colocar la bobina					17,07
			Preparación de los cables de la bobina					
23	Preparar los cables	46	46	23	Preparar los cables	46	46	0
24	Coger el tornillo para la bobina	3						
25	Ponerlo sobre el altavoz	2						
26	Coger el tornillo para la bobina	3						
27	Ponerlo	2						
28	Coger el tornillo para la bobina	3						
29	Ponerlo	2						
30	Coger el tornillo para la bobina	3						
31	Ponerlo	2					Nuevo atornillador	20
32	Coger el atornillador	5		32	Coger el atornillador	3	FIFO	2
33	Atornillar	3		33	Atornillar	3		
34	Atornillar	3		34	Atornillar	3		
35	Atornillar	3		35	Atornillar	3		
36	Atornillar	3		36	Atornillar	3		
			Conexión y atornillado de la					
37	Soltar el atornillador	4	41	37	Soltar el atornillador	2	17	2
38	Coger la junta adhesiva	12		38	Coger la junta adhesiva	12		
			Colocación de la junta adhesiva para					
39	Pegarla	10	22	39	Pegarla	10	22	0,00
40	Coger la pistola con la silicona	10		40	Coger la pistola con la silicona	3	FIFO	7
41	Aplicar la silicona	16		41	Aplicar la silicona	16		
42	Soltar la silicona	5	31	42	Soltar la silicona	2	21	32,26

MÉTODO ACTUAL	TIEMPOS (S)	OPERACIÓN	MÉTODO ACTUAL	TIEMPOS (S) MEJORAS	TIEMPO GANADO (S)	TIEMPO GANADO (%)
43 Girar el altavoz	3		43 Girar el altavoz	3		
44 Coger la guata	8		44 Coger la guata	2	FIFO	6
45 Plegarla	6		45 Plegarla	6		
46 Colocarla	28		46 Colocarla	28		
47 Coger la guata	3		47 Coger la guata	2	FIFO	1
48 Plegarla	3		48 Plegarla	3		
49 Colocarla	15		49 Colocarla	15		
50 Coger la guata	4		50 Coger la guata	2	FIFO	1
51 Plegarla	3		51 Plegarla	3		
52 Colocarla	23		52 Colocarla	23		
53 Coger la guata	4		53 Coger la guata	2	FIFO	1
54 Plegarla	3		54 Plegarla	3		
55 Colocarla	10		55 Colocarla	10		
56 Coger la guata	4		56 Coger la guata	2	FIFO	1
57 Plegarla	3		57 Plegarla	3		
58 Colocarla	12		58 Colocarla	12		
59 Coger la guata	4		59 Coger la guata	2	FIFO	1
60 Plegarla	3		60 Plegarla	3		
		Colocación de la guata				
61 Colocarla	10	149	61 Colocarla	10	134	10,07
62 Coger la bolsa con los pies	10		62 Coger la bolsa con los pies	2	FIFO	8
63 Preparar los pies	12				FIFO	12
64 Coger el atornillador	5		64 Coger el atornillador	5		
65 Colocar el pie	4		65 Colocar el pie	4		
66 Atornillar	5		66 Atornillar	5		
67 Colocar el pie	4		67 Colocar el pie	4		
68 Atornillar	5		68 Atornillar	5		
69 Colocar el pie	4		69 Colocar el pie	4		
70 Atornillar	5		70 Atornillar	5		
71 Colocar el pie	4		71 Colocar el pie	4		
72 Atornillar	5		72 Atornillar	5		
		Fijación de los pies del altavoz				
73 Soltar el atornillador	4	67	73 Soltar el atornillador	4	47	29,85
74 Coger el tweeter	6		74 Coger el tweeter	4	FIFO	2
75 Conectar los cables	18		75 Conectar los cables	18		
76 Colocar el tweeter	5		76 Colocar el tweeter	5		
77 Coger el atornillador	5		77 Coger el atornillador	3	FIFO	2
78 Colocar el tornillo	3					
79 Colocar el tornillo	3					
80 Colocar el tornillo	3					
81 Colocar el tornillo	3				Nuevo atornillador	12
82 Atornillar	4		82 Atornillar	4		
83 Atornillar	4		83 Atornillar	4		
84 Atornillar	4		84 Atornillar	4		
85 Atornillar	4		85 Atornillar	4		
		Conexión y atornillado del				
86 Soltar la atornilladora	4	66	86 Soltar la atornilladora	2	48	27,27

MÉTODO ACTUAL	TIEMPOS (S)	OPERACIÓN	MÉTODO ACTUAL	TIEMPOS (S) MEJORAS	TIEMPO GANADO (S)	TIEMPO GANADO (%)	
87	Coger la goma	10	87	Coger la goma	3	FIFO	7
88	Cortar un trozo	2	88	Cortar un trozo	2		
89	Colocar	4	89	Colocar	4		
90	Cortar un trozo	2	90	Cortar un trozo	2		
91	Colocar	4	91	Colocar	4		
92	Cortar un trozo	2	92	Cortar un trozo	2		
93	Colocar	4	93	Colocar	4		
94	Cortar un trozo	2	94	Cortar un trozo	2		
95	Colocar	4	95	Colocar	4	27	20,59
		34					
		Colocación de la goma					
96	Coger el gancho para la rejilla	2	96	Coger el gancho para la rejilla	2		
97	Colocar	4	97	Colocar	4		
98	Coger el gancho para la rejilla	2	98	Coger el gancho para la rejilla	2		
99	Colocar	4	99	Colocar	4		
100	Coger el gancho para la rejilla	2	100	Coger el gancho para la rejilla	2		
101	Colocar	4	101	Colocar	4		
102	Coger el gancho para la rejilla	2	102	Coger el gancho para la rejilla	2		
		Colocación de los ganchos para la					
103	Colocar	4	103	Colocar	4	24	
		24					
104	Coger la rejilla	4				supervisor	
105	Examinarla	12				0	16
		16					100,00
		Examen de la rejilla					
106	Coger las junta	8	106	Coger las junta	3	FIFO	5
107	Colocarla	3	107	Colocarla	3		
108	Colocarla	3	108	Colocarla	3		
109	Colocarla	3	109	Colocarla	3		
110	Coger el Hp	13	110	Coger el Hp	3	FIFO	10
111	Ponerlo sobre el altavoz	3				FIFO	3
112	Conectar los cables	16	112	Conectar los cables	16		
113	Colocar el Hp	6	113	Colocar el Hp	6		
114	Coger el Hp	14	114	Coger el Hp	3	FIFO	11
115	Ponerlo sobre el altavoz	4				FIFO	4
116	Conectar los cables	14	116	Conectar los cables	14		
117	Colocar el Hp	6	117	Colocar el Hp	6		
118	Coger el Hp	14	118	Coger el Hp	3	FIFO	11
119	Ponerlo sobre el altavoz	3				FIFO	3
120	Conectar los cables	14	120	Conectar los cables	14		
121	Colocar el Hp	6	121	Colocar el Hp	6		
122	Coger el tornillo	4					
123	Colocar	3					
124	Coger el tornillo	4					
125	Colocar	3					
126	Coger el tornillo	4					
127	Colocar	3					
128	Coger el tornillo	4					
129	Colocar	3					
130	Coger el tornillo	4					
131	Colocar	3					
132	Coger el tornillo	4					
133	Colocar	3					
134	Coger el tornillo	4					

MÉTODO ACTUAL		TIEMPOS (S)	OPERACIÓN	MÉTODO ACTUAL		TIEMPOS (S) MEJORAS	TIEMPO GANADO (S)	TIEMPO GANADO (%)		
136	Coger el tornillo	4								
137	Colocar	3								
138	Coger el tornillo	4								
139	Colocar	3								
140	Coger el tornillo	4								
141	Colocar	3								
142	Coger el tornillo	4								
143	Colocar	3								
144	Coger el tornillo	4								
145	Colocar	3								
146	Coger el atornillador	4		146	Coger el atornillador	3	atornillador FIFO	84 1		
147	Atornillar	3		147	Atornillar	3				
148	Atornillar	3		148	Atornillar	3				
149	Atornillar	3		149	Atornillar	3				
150	Atornillar	3		150	Atornillar	3				
151	Atornillar	3		151	Atornillar	3				
152	Atornillar	3		152	Atornillar	3				
153	Atornillar	3		153	Atornillar	3				
154	Atornillar	3		154	Atornillar	3				
155	Atornillar	3		155	Atornillar	3				
156	Atornillar	3		156	Atornillar	3				
157	Atornillar	3		157	Atornillar	3				
158	Atornillar	3		158	Atornillar	3				
159	Soltar el atornillador	4	255	Conexión y atornillado de los Hps	159	Soltar el atornillador	2	124	2	51,37
160	Coger el cartón	6		160	Coger el cartón	2	FIFO	4		
161	Examinarlo	5		161			supervisor Formador de cajas de cartón	5 12		
162	Formar la caja	12		162				12		
163	Coger la grapadora	5		163	Coger la grapadora	3	FIFO	2		
164	Grapar	12		164	Grapar	12				
165	Soltar la grapadora	4		165	Soltar la grapadora	2	FIFO	2		
166	Colocar la caja	4		166	Colocar la caja	4				
167	Coger la etiqueta	6		167	Coger la etiqueta	6				
168	Pegarla	16	70	Preparación del cartón	168	Pegarla	16	45		35,71
169	Coger el plateau	5		169	Coger el plateau	4	FIFO	1		
170	Poner de pie el altavoz	3		170	Poner de pie el altavoz	3				
171	Coger la ventana	6		171	Coger la ventana	3	FIFO	3		
172	Examinarla	8		172			supervisor	8		
173	Limpiarla	5		173	Limpiarla	5				
174	Colocarla	27	54	Colocación de la ventana	174	Colocarla	27	42		22,22
175	Desplazar el altavoz	8		175	Desplazar el altavoz	8				
176	Colocar	6		176	Colocar	6				
177	Conectarlo	14		177	Conectarlo	14				
178	Test	10		178	Test	10				
179	Desconectarlo	4		179	Desconectarlo	4				
180	Desplazar el altavoz	6	48	Test acústico	180	Desplazar el altavoz	6	48		0,00

MÉTODO ACTUAL			TIEMPOS (S)	OPERACIÓN	MÉTODO ACTUAL			TIEMPOS (S) MEJORAS
181	Limpiar el altavoz con aire		6		181	Limpiar el altavoz con aire	6	
182	Limpiar la rejilla con aire		6		182	Limpiar la rejilla con aire	6	
183	Coger el paño		4		183	Coger el paño	4	
184	Coger el producto d elimpieza		3		184	Coger el producto d elimpieza	3	
185	limpiar la parte trasera		45		185	limpiar la parte trasera	45	
186	Soltar el producto d elimpieza		3		186	Soltar el producto d elimpieza	3	
						Coger el		
187	Coger el producto para la alimpieza de Hps		5		187	producto	5	
188	limpiar los Hps		90		188	limpiar los Hps	90	
						Soltar el producto para la limpieza		
189	Soltar el producto para la limpieza de Hps		3		189	de Hps	3	
190	Coger la escalera		4					FIFO
191	Limpiar la parte superior del altavoz		30		191	Limpiar la parte superior del altavoz	30	
192	Retirar la escalera		4	203 Limpieza	192	Retirar la escalera	4	199
193	Coger la rejilla		9		193	Coger la rejilla	3	FIFO
195	Colocarla		7	16 Colocación de la rejilla	195	Colocarla	7	10
196	Pegar la etiqueta en el altavoz		17		196	Pegar la etiqueta en el altavoz	17	
197	Coger la bolsa de embalaje		6		197	Coger la bolsa de embalaje	3	FIFO
198	Abrirla		6		198	Abrirla	6	
199	Colocarla		10		199	Colocarla	10	
200	Poner el altavoz en horizontal		5	*2	200	Poner el altavoz en horizontal	5	
201	Coger el papel celo		5	*2	201	Coger el papel celo	3	FIFO
202	Pegar la bolsa		6	*2	202	Pegar la bolsa	6	
203	Soltar el papel celo		4	*2	203	Soltar el papel celo	2	FIFO
204	Coger el corcho		8	*2	204	Coger el corcho	4	FIFO
205	Colocralo a un lado		3	*2	205	Colocralo a un lado	3	
206	Colocarlo al otro lado		3	*2	206	Colocarlo al otro lado	3	
								El sistema
207	Coger el altavoz		10	*2	207	Coger el altavoz	25	elevador al
208	Colocar dentro del cartón		2	*2	208	Colocar dentro del cartón	3	vacio
209	Introducir la garantía		4	*2	209	Introducir la garantía	5	FIFO
210	Introducir la bolsa en la caja		3	*2	210	Introducir la bolsa en la caja	3	
211	Coger la grapadora		5	*2	211	Coger la grapadora	4	FIFO
212	Grapar		8	*2	212	Grapar	14	
213	Soltar la grapadora		4	*2	213	Soltar la grapadora	3	
214	Colocar el cartón en el palé		10	199 Embalaje+etiqueta	214	Colocar el cartón en el palé	10	129
Tiempo Total			1695		Tiempo Total			1277

Tabla de resultados

Tiempo método actual	Tiempo con el método nuevo (mejoras)	Tiempo ganado (s)	Tiempo ganado (%)
1698	1290	408	24,03

Figura 65. Tiempos de las operaciones Cobalt 826 anteriores y posteriores a la aplicación de las mejoras

Si se comparan los tiempos de mejora con los que se calcularon en un principio, los resultados son francamente satisfactorios. Nótese que los cálculos previos sólo son rebasados en cuatro segundos (despreciable frente a los 1290 segundos del total de las operaciones), por tanto, con este método y tal y como se aprecia en la tabla se tienen una mejora en la producción de un 24 %.

Se muestra una tabla (figura 66) en la que se comparan los tiempos de los ensayos con el altavoz en posición horizontal y en vertical.

COMPARACIÓN DEL ENSAMBLAJE EN POSICIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL (ANTES DE LAS MEJORAS) MODELO COBALT826

OPERACIONES	ALTAVOZ ENSAMBLADO HORIZONTAL	ALTAVOZ ENSAMBLADO VERTICAL	DIFERENCIAS ENTRE AMBOS MÉTODOS
Fijación de pies	21	49	El operador se desplaza hacia el palé para realizar esta operación.
Colocación de la ebanistería y test	44	46	
Preparación de la ventana	60	76	
Colocación y atornillado del filtro	80	130	Surgen muchos problemas en el atornillado del filtro
Colocación de los ganchos para la rejilla	36	19	
Colocación de la bobina	40	30	
Preparación de los cables del filtro	50	60	
Preparación de los cables de la bobina	28	36	
Colocación de la guata	92	120	
Colocación de goma	12	25	
Conexión y atornillado de la bobina	46	68	
Colocación de la ventana	90	41	
Conexión y atornillado del tweeter	48	54	
Conexión y atornillado de los Hps.	130	220	El atornillado de los Hps en vertical es más difícil.
Colocación del tubo de viento	5	5	
Test	48	48	
Limpieza de los Hps	120	120	
Colocación de la rejilla	20	20	
Limpieza y pegado de la etiqueta	80	103	Esta operación depende del operador más que de la posición del altavoz.
Preparación del cartón	40	45	
Embalaje	167	100	
TIEMPO TOTAL	1257	1415	

Figura 66. Comparación de tiempos del ensamblaje en vertical y en horizontal Cobalt 826.

La realización del altavoz en vertical no fue sencilla, surgieron problemas, primero por la falta de práctica en esta posición y segundo, por las dificultades

que presentaba en sí misma. A continuación, se hace una comparación entre esta forma de trabajar y la tradicional y se marcan las diferencias.

La ebanistería es recibida en un palé y lo primero que se realiza es la fijación de los pies del altavoz. Aparece aquí la primera diferencia, la operación en sí, es la misma pero se ejecutará antes de llegar a la línea de producción, debido a que una vez que se transporta y se coloca sobre esta, el altavoz se apoyará en ellos, manteniéndose en vertical durante todo el proceso. El examen visual de la ebanistería se hace con rotaciones a lo largo del eje vertical. La primera dificultad importante, se encuentra en el atornillado del filtro. Esta operación requiere de gran precisión y destreza. El hacerla en vertical, la dificulta, existiendo además el problema de luminosidad dentro del altavoz que no permite distinguir bien los orificios donde deben ser emplazados los tornillos. La colocación de los cables dentro del altavoz resulta más complicada en vertical, pero no por ello insalvable. Los giros del altavoz necesarios para trabajar por ambas caras, requieren de menos esfuerzo que con el método tradicional y se realizan en un tiempo menor. El segundo gran problema aparece al atornillar los HPs. El operario tiene que sujetar el HP y el atornillador mientras realiza esta tarea, además si se presenta la situación en la que el HP requiere de un poco de destreza para ser colocado en su orificio, debido a juegos demasiado pequeños, entonces es cuando las pérdidas de tiempo son mayores. La calidad en cambio se ve beneficiada, debido a que el operario trabaja en todo momento con una perspectiva visual igual a la que tendrá el cliente cuando use el producto. Esto hace que los defectos sean mas fácilmente perceptible y por tanto la visión de conjunto sea mejor.

4.2.1.1. Consecuencias del ensayo

Si se comparaban los resultados de las medidas de tiempo tomadas con el altavoz en vertical con la solución tradicional (horizontal) después de habersele aplicado las mejoras, se comprueba que por cada altavoz en el primer caso el tiempo de ejecución es mayor en 158 segundos (ver figura anterior).

Los resultados más importantes tras el ensayo fueron los siguientes:

- Se demostró la posibilidad de realizar el ensamblaje en vertical, y se detectaron los problemas que esta posición conllevaba.
- Se demostró que la disminución de tiempos, en el caso de trabajar en posición horizontal, tras las mejoras, era la esperada.

Tras la discusión de estos resultados y el descubrimiento de la mejora de la calidad final del producto que se obtenía al trabajar en vertical, así como una menor superficie ocupada en el caso de adoptar este método, se decidió intentar resolver la única traba que aparecía, la colocación del filtro. Se llevó a cabo en colaboración con los miembros de investigación del laboratorio, un estudio en el que se consideró la posibilidad de disponer de un filtro que se encajara en la ebanistería sin necesidad de ser atornillado, con esta medida se resolverían los problemas de trabajar en vertical. Con esta solución los tiempos de trabajar en horizontal también disminuirían, pero no lo harían en tan alta proporción.

Se realizó un nuevo ensayo a partir del cual se concluyó que el cambio de la colocación del filtro era posible con lo que se aportó una solución eficaz económica y sencilla, gracias a la cual se disminuyeron los tiempos de montaje, tal y como se muestra en las tablas. Nótese que estos nuevos datos fueron recogidos tras una nueva simulación en la que se filmaron tres altavoces y cuyo foco de interés fue la nueva colocación del filtro.

Otras mejoras, menos importantes, como el acercamiento del atornillador de pies al palé o el método de atornillado fueron también experimentadas, siendo los resultados los que aparecen en la siguiente tabla.

COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE MONTAJE Y ENSAMBLAJE EN VERTICAL ANTES Y TRAS LAS MEJORAS MODELO COBALT 826

OPERACIONES	TIEMPO(S) ALTAVOZ ENSAMBLADO EN POSICIÓN VERTICAL (SIMULACIÓN)	TIEMPO (S) ALTAVOZ ENSAMBLADO EN POSICIÓN VERTICAL TRAS LAS MEJORAS	TIEMPO GANADO (S)	MEJORAS ADOPTADAS
Fijación de pies	49	30	19	Aproximar la atornilladora al palé
Colocación de la ebanistería y test	46	46	0	
Preparación de la ventana	76	76	0	
Colocación y atornillado del filtro	130	40	90	Cambiar la fijación del filtro, sustituir el atornillado.
Colocación de los ganchos para la rejilla	19	19	0	
Colocación de la bobina	30	30	0	
Preparación de los cables del filtro	60	60	0	
Preparación de los cables de la bobina	36	36	0	
Colocación de la guata	120	120	0	
Colocación de goma	25	25	0	
Conexión y atornillado de la bobina	68	68	0	
Colocación de la ventana	41	41	0	
Conexión y atornillado del tweeter	54	48	6	Coger todos los tornillos al mismo tiempo
Conexión y atornillado de los Hps.	220	170	50	Coger todos los tornillos al mismo tiempo
Colocación del tubo de viento	5	5	0	
Test	48	48	0	
Limpieza de los Hps	120	100	20	Limpieza más rápida
Colocación de la rejilla	20	20	0	
Limpieza y pegado de la etiqueta	103	103	0	
Preparación del cartón	45	45	0	
Embalaje	100	100	0	
TOTAL TEMPS	1415	1230	185	

Figura 67. Comparación de tiempos para el modelo Cobalt 826 ensamblado en vertical antes y tras las mejoras.

Por tanto los tiempos de ejecución tras la aplicación de las mejoras consideradas en ambas posiciones son casi idénticos.

**COMPARACIÓN DEL ENSAMBLAJE EN POSICIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL
(TRAS LAS MEJORAS) MODELO COBALT826**

OPERACIONES	TIEMPOS (s) ALTAVOZ ENSAMBLADO VERTICAL	TIEMPOS (s) ALTAVOZ ENSAMBLADO HORIZONTAL
Fijación de pies	30	21
Colocación de la ebanistería y test	46	44
Preparación de la ventana	76	60
Colocación y atornillado del filtro	40	80
Colocación de los ganchos para la rejilla	19	36
Colocación de la bobina	30	40
Preparación de los cables del filtro	60	50
Preparación de los cables de la bobina	36	28
Colocación de la guata	120	92
Colocación de goma	25	12
Conexión y atornillado de la bobina	68	46
Colocación de la ventana	41	90
Conexión y atornillado del tweeter	48	48
Conexión y atornillado de los Hps.	170	130
Colocación del tubo de viento	5	5
Test	48	48
Limpieza de los Hps	100	120
Colocación de la rejilla	20	20
Limpieza y pegado de la etiqueta	103	80
Preparación del cartón	45	40
Embalaje	100	150
TOTAL TEMPS	1230	1240

Figura 68. Comparación de tiempos en el ensamblaje en vertical y horizontal tras las mejoras

Para tomar una decisión más acertada, se estudiaron ambos casos, con el fin de obtener las ventajas y los inconvenientes de cada uno, y su forma óptima. El motivo de este estudio se debió a que la eficacia de la línea dependía del equilibrado que se realizara de puestos, el equilibrado nunca podría ser perfecto, habría unos puestos con mayores tiempos de ejecución que otros y serán estos los que ralentizarían la producción, como consecuencia aparecerían los temidos tiempos muertos. Para estos casos con múltiples puestos se estudiaron ambas propuestas, cada una con sus subcasos.

4.2.2. Estudio de la nueva cadena de Producción

Basándose en esta información, y con los tiempos de las operaciones para ambos casos, se calcula una distribución de puestos tomándose como modelo el Cobalt 826. La concepción adoptada para el diseño de la línea será con una producción en serie. Actualmente las operaciones se realizan sobre varios altavoces simultáneamente, es decir, en el puesto del montador se encuentra un número de altavoces, que ronda entre 10 y 20 según sea el modelo. El trabajador va haciendo cada operación sobre todos ellos, por ejemplo, la colocación de los tweeters, una vez finalizada esta para todos, comienza con la siguiente operación, y así sucesivamente. El inconveniente principal de este método es, además del espacio ocupado, ya que se requiere de superficie para colocar todos los altavoces en línea (problema que en las instalaciones tiene gran importancia), el número de desplazamientos que realiza el operario y sus consecuentes pérdidas de tiempo, puesto que va de un altavoz a otro continuamente. Con la producción en serie el operario no se mueve de su puesto y el espacio que necesita la línea es menor, así ambos problemas quedan resueltos. Otra ventaja es que una vez que el altavoz comienza a ser montado se conoce en el momento en que será terminado y dispuesto en el palé. Aparece además un factor psicológico positivo, ya que el operario a medida que trabaja va obteniendo los resultados de aquello que realiza. La disposición de puestos debe ser tal que no exista mucha distancia entre estos, sólo la estrictamente necesaria para la implantación de unas zonas de evacuación destinadas a evitar paradas en la producción, siempre respetando la superficie de trabajo del operario.

La combinación de recursos, humanos, materiales, herramientas y Métodos debe ser tal que el proceso de producción se aproxime al óptimo.

Al realizar la distribución de puestos, se han tenido en cuenta los siguientes factores:

1. El orden de las operaciones debe ser tal que el acabado del producto final cumpla las especificaciones. Por ejemplo, en la operación de colocado de la ventana del filtro, se realizan varios pasos. Se pinta el marco donde va ser colocada y se agrega una especie de pegamento que debe dejarse secar durante unos minutos, por tanto para la consecución con éxito deben transcurrir un tiempo necesario entre ambas operaciones, durante el cual se continuará con el montaje del altavoz. No se puede alterar ni el orden de las operaciones ni el tiempo necesario para el secado.

2. Dentro de este orden se agruparán aquellas operaciones que supongan una misma posición del altavoz, siempre que sea posible, con esto se evitarán

rotaciones innecesarias, consecuentes pérdidas de tiempo y una excesiva manipulación del producto.

3. Aquellas operaciones que puedan ser realizadas en varios puestos se repartirán para facilitar así el mayor equilibrado entre estos, véase por ejemplo la operación de limpieza del altavoz en el modelo Cobalt 826. Esta tarea consiste en la limpieza de las cuatro caras del altavoz, y los transductores, así como de su zona superior. Señalar que para limpiar los HPs se utiliza un producto especial distinto al que se usa cuando se trabaja sobre la ebanistería. La limpieza no se ve afectaba por ser realizada en distintos puestos, y su reparto entre estos permite que el desequilibrio de tiempos sea menor.

4. Se hará un estudio de una cadena de producción con uno, dos, tres y cuatro puestos respectivamente, porque como se vió en la carga de la línea en estudio, se requiere un total de hasta cuatro operarios para satisfacer la demanda de la producción del año 2003.

4.2.2.2. Distribución de puestos en la cadena

A continuación se muestran las tablas de usar un, dos, tres y cuatro puestos para el modelo Cobalt 826 (vertical y horizontal) tras la aplicación de las mejoras propuestas. Para el modelo Cobalt 816 los resultados son idénticos.

OPERACIONES	ALTAVOZ TRABAJADO EN HORIZONTAL (Simulación)	ALTAVOZ TRABAJADO EN VERTICAL (Tras las mejoras)
Fijación de pies	21	30
Colocación de la ebanistería y test	44	46
Preparación de la ventana	60	76
Colocación del filtro	80	40
Colocación de los ganchos para la rejilla	36	19
Colocación de la bobina	40	30
Preparación de los cables del filtro	50	60
Preparación de los cables de la bobina	28	36
Colocación de la guata	92	120
Colocación de goma	12	25
Conexión y atornillado de la bobina	46	68
Colocación de la ventana	90	41
Conexión y atornillado del tweeter	48	48
Conexión y atornillado de los Hps.	130	170
Colocación del tubo de viento	5	5
Test	48	48
Limpieza de los Hps	120	100
Colocación de la rejilla	20	20
Limpieza y pegado de la etiqueta	80	103
Preparación del cartón	40	45
Embalaje	150	100
TIEMPO TOTAL	1240	1230

Figura 69 Distribución de operaciones en la cadena de dos puestos.

Cada color implica las operaciones realizadas en un puesto. Por ejemplo para el caso de dos puestos, se tiene que el puesto 1 contendrá todas las operaciones en verde y en el puesto 2 aquellas que aparecen en rosa.

OPERACIONES	ALTAVOZ TRABAJADO EN HORIZONTAL (Simulación)		ALTAVOZ TRABAJADO EN VERTICAL (Tras las mejoras)	
Fijación de pies	21	451	30	457
Colocación de la ebanistería y test	44		46	
Preparación de la ventana	60		76	
Colocación y atornillado del filtro	80		40	
Colocación de los ganchos para la rejilla	36		19	
Colocación de la bobina	40		30	
Preparación de los cables del filtro	50		60	
Preparación de los cables de la bobina	28		36	
Colocación de la quata	92		120	
Colocación de goma	12		25	
Conexión y atornillado de la bobina	46	379	68	405
Colocación de la ventana	90		41	
Conexión y atornillado del tweeter	48		48	
Conexión y atornillado de los Hps.	130		170	
Colocación del tubo de viento	5		5	
Test	48		48	
Limpieza de los Hps	120		100	
Colocación de la rejilla	20	410	20	368
Limpieza y pegado de la etiqueta	80		103	
Preparación del cartón	40		45	
Embalaje	150		100	
TIEMPO TOTAL	1240		1230	

Figura 70. Distribución de operaciones en la cadena de producción de tres puestos

Las operaciones sombreadas con el color verde se realizarán en el primer puesto, las de color azul en el segundo y las de color rosa, serán las equivalentes al tercero. En este caso tanto para el altavoz ensamblado en vertical como en horizontal se tiene la misma distribución. Esto no ocurría en el caso de dos puestos (véase la figura 70).

OPERACIONES	ALTAVOZ TRABAJADO EN HORIZONTAL (Simulación)		ALTAVOZ TRABAJADO EN VERTICAL (Tras las mejoras)	
Fijación de pies	21	331	30	301
Colocación de la ebanistería y test	44		46	
Preparación de la ventana	60		76	
Colocación del filtro	80		40	
Colocación de los ganchos para la rejilla	36		19	
Colocación de la bobina	40		30	
Preparación de los cables del filtro	50		60	
Preparación de los cables de la bobina	28	316	36	290
Colocación de la guata	92		120	
Colocación de goma	12		25	
Conexión y atornillado de la bobina	46		68	
Colocación de la ventana	90		41	
Conexión y atornillado del tweeter	48		48	
Conexión y atornillado de los Hps.	130		170	
Colocación del tubo de viento	5	303	5	311
Test	48		48	
Limpieza de la parte delantera	120		40	
Limpieza de los Hps			60	
Colocación de la rejilla	20	290	20	328
Limpieza y pegado de la etiqueta	80		103	
Preparación del cartón	40		45	
Embalaje	150		100	
TIEMPO TOTAL	1240		1230	

Figura 71. Distribución de operaciones en la cadena de cuatro puestos

4.2.2.3. Capacidad de las líneas según el número de puestos

Teniendo en cuenta estas posibilidades en la distribución de puestos se calcula la capacidad de cada opción.

Por ejemplo, si se considera el caso para el modelo Cobalt 826 en el que se estudia la efectividad de la implantación de tres puestos en la cadena de producción trabajando sobre el altavoz horizontal (figura 78). En la primera columna se tiene el tiempo que invierte el operador en cada puesto, en la segunda el tiempo de la máquina en cuestión (como los datos son aproximados se ha considerado que las máquinas no realizan tiempo ya que esto no afecta a la suma total de tiempos entre el operario y máquinas) La tercera refleja el tiempo total entre la máquina y el operario en cada puesto, en la cuarta columna aparece el número de estaciones dentro de cada puesto, que en todos los casos será 1. En la quinta, se tiene el número de operarios por puesto, también uno, en principio. La sexta columna refleja el tiempo invertido en todas las operaciones realizadas en cada puesto (en

segundos) y por último la capacidad, es decir el número de unidades que se puede realizar por cada línea en una hora.

El parámetro más importante a tener en cuenta es el mayor de los tiempos de operación de todos los puestos, que impone el límite de capacidad de la línea por hora. Todos los puestos estarán condicionados por él, debido a éste, aparecerán tiempos muertos en los puestos en los que el total de las tareas se ejecuten más rápidamente, ya que deberá esperar la llegada del altavoz del puesto anterior, si se encuentran detrás del más lento, lo que generará una acumulación de esperas para los puestos siguientes. La posición de esta restricción dentro de la cadena será también un factor importante a estudiar, si se coloca en primer lugar el ritmo de la cadena vendrá determinado por ella y se evitarán posibles acumulaciones de altavoces en las colas de los puestos siguientes.

Al calcular la efectividad, se han considerado unos porcentajes de efectividad de la cadena, muy optimistas, de 96% por operario y 94% por máquina y aquellos que se presentan en la realidad, con un total de un 70% del operario y un 94% por máquina. Así mismo se han tomado 250 días de producción al año y 7 horas trabajadas por día y por operador (en Francia existe la jornada de 35 horas de trabajo semanales).

Los resultados más importantes son los del último cuadro (llamado capacidad de la línea), en el que son utilizados todos los parámetros descritos anteriormente y permiten sacar las conclusiones oportunas sobre cada caso.

Las tablas explican para el modelo Cobalt 826, los dos posibles casos (trabajar en vertical u horizontal) y para cada uno cuatro subcasos posibles (la línea con un, dos, tres o cuatro puestos.)

1. Modelo Cobalt 826 ensamblado en posición vertical:

a) Un puesto:

Análisis de la capacidad de la línea DOPE 2 de 1 puesto Modelo Cobalt 826 (altavoz ensamblado en vertical tras la aplicación de las mejoras)

Nom estación	826						
	Tiempo operador seg	Tiempo máquina seg	Tiempo Total seg	Número de estación	Número operarios	takt time seg	Capacidad unidad/hora
Puesto 1	1230,0		1230	1	1	1230,0	2,93
Total	1230,0	0	1230	1	1	1230,0	2,93

Información de la línea

takttime de la línea (seg)	1230,0
Operarios	1
Número horas/ puesto	7
Jornadas al año	250

Capacidad de la línea

Eficacia operario (%)	96%	Unidad/hora	2,64
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	2,64
		Unidad/poste/día	18,49

Eficacia operario (%)	70%	Unidad/hora	1,93
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	1,93
		Unidad/poste/día	13,48

Figura 72. Capacidad de una cadena de un puesto ensamblaje vertical

b) Dos puestos:

Análisis de la capacidad de la línea DOPE 2 de dos puestos Modelo Cobalt 826 (altavoz ensamblado en vertical tras la aplicación de las mejoras)

Nom estación	826						
	Tiempo operador seg	Tiempo máquina seg	Tiempo Total seg	Número de estación	Número operarios	takt time seg	Capacidad unidad/hora
Puesto 1	639,0		639	1	1	639,0	5,63
Puesto 2	591,0		591	1	1	591,0	6,09
Total	1230,0	0	1230	2	2	639,0	5,63

Información de la línea

takttime de la línea (seg)	639,0
Operarios	2
Número horas/ puesto	7
Jornadas al año	250

Capacidad de la línea

Eficacia operario (%)	96%	Unidad/hora	5,08
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	2,54
		Unidad/poste/día	35,59

Eficacia operario (%)	70%	Unidad/hora	3,71
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	1,85
		Unidad/poste/día	25,95

Figura 73. Capacidad de una cadena de dos puestos ensamblaje en vertical

c) Tres puestos

Análisis de la capacidad de la línea DOPE 2 de tres puestos Modelo Cobalt 826 (altavoz ensamblado en vertical tras la aplicación de las mejoras)

826							
Nom estación	Tiempo operador seg	Tiempo máquina seg	Tiempo Total seg	Número de estación	Número operarios	takt time seg	Capacidad unidad/hora
Puesto 1	457,0		457	1	1	457,0	7,88
Puesto 2	405,0		405	1	1	405,0	8,89
Puesto 3	368,0		368	1	1	368,0	9,78
Total	1230,0	0	1230	3	3	457,0	7,88

Información de la línea

takttime de la línea (seg)	457,0
Operarios	3
Número horas/ puesto	7
Jornadas al año	250

Capacidad de la línea

Eficacia operario (%)	96%	Unidad/hora	7,11
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	2,37
		Unidad/poste/día	49,76

Eficacia operario (%)	70%	Unidad/hora	5,18
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	1,73
		Unidad/poste/día	36,28

Figura 74. Capacidad de una cadena de tres puestos ensamblaje en vertical

d)Cuatro puestos

Análisis de la capacidad de la línea DOPE 2 de cuatro puestos Modelo Cobalt 826 (altavoz ensamblado en vertical tras la aplicación de las mejoras)

826							
Nom estación	Tiempo operador seg	Tiempo máquina seg	Tiempo Total seg	Número de estación	Número operarios	takt time seg	Capacidad unidad/hora
Puesto 1	301,0		301	1	1	301,0	11,96
Puesto 2	290,0		290	1	1	290,0	12,41
Puesto 3	311,0		311	1	1	311,0	11,58
Puesto 4	328,0		328	1	1	328,0	10,98
Total	1230,0	0	1230	4	4	328,0	10,98

Información de la línea

takttime ligne (seg)	328,0
opérateur/équipe	4
nbre heures / poste	7
jour par an	250

Capacidad de la línea

Eficacia operario (%)	96%	Unidad/hora	9,90
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	2,48
		Unidad/poste/día	69,33

Eficacia operario (%)	70%	Unidad/hora	7,22
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	1,81
		Unidad/poste/día	50,55

Figura75. Capacidad de la cadena de cuatro puestos ensamblaje vertical

2. Modelo Cobalt 826 ensamblado en posición horizontal:

a) Un puesto

Análisis de la capacidad de la línea DOPE 2 de 1 puesto Modelo Cobalt 826 (altavoz ensamblado en horizontal tras la aplicación de las mejoras)

826							
Nom estación	Tiempo operador seg	Tiempo máquina seg	Tiempo Total seg	Número de estación	Número operarios	takt time seg	Capacidad unidad/hora
Puesto 1	1240,0		1240	1	1	1240,0	2,90
Total	1257	0	1240	1	1	1240,0	2,90

Información de la línea

takttime de la línea (seg)	1240,0
Operarios	1
Número horas/ puesto	7
Jornadas al año	250

Capacidad de la línea

Eficacia operario (%)	96%	Unidad/hora	2,62
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	2,62
		Unidad/poste/día	18,34

Eficacia operario (%)	70%	Unidad/hora	1,91
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	1,91
		Unidad/poste/día	13,37

Figura 76. Capacidad de una cadena de un puesto ensamblaje horizontal

b) Dos puestos

Análisis de la capacidad de la línea DOPE 2 de dos puestos Modelo Cobalt 826 (altavoz ensamblado en horizontal tras la aplicación de las mejoras)

826							
Nom estación	Tiempo operador seg	Tiempo máquina seg	Tiempo Total seg	Número de estación	Número operarios	takt time seg	Capacidad unidad/hora
Puesto 1	599,0		599	1	1	599,0	6,01
Puesto 2	641,0		641	1	1	641,0	5,62
Total	1240,0	0	1240	2	2	641,0	5,62

Información de la línea

takttime de la línea (seg)	641,0
Operarios	2
Número horas/ puesto	7
Jornadas al año	250

Capacidad de la línea

Eficacia operario (%)	96%	Unidad/hora	5,07
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	2,53
		Unidad/poste/día	35,48

Eficacia operario (%)	70%	Unidad/hora	3,70
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	1,85
		Unidad/poste/día	25,87

Figura 77. Capacidad de una cadena de dos puestos ensamblaje horizontal

c) Tres puestos

Análisis de la capacidad de la línea DOPE 2 de tres puestos Modelo Cobalt 826 (altavoz ensamblado en horizontal tras la aplicación de las mejoras)

826							
Nom estación	Tiempo operador seg	Tiempo máquina seg	Tiempo Total seg	Número de estación	Número operarios	takt time seg	Capacidad unidad/hora
Puesto 1	451,0		451	1	1	451,0	7,98
Puesto 2	379,0		379	1	1	379,0	9,50
Puesto 3	410,0		410	1	1	410,0	8,78
Total	1240,0	0	1240	3	3	451,0	7,98

Información de la línea

takttime de la línea (seg)	451,0
Operarios	3
Número horas/ puesto	7
Jornadas al año	250

Capacidad de la línea

Eficacia operario (%)	96%	Unidad/hora	7,20
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	2,40
		Unidad/poste/día	50,42

Eficacia operario (%)	70%	Unidad/hora	5,25
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	1,75
		Unidad/poste/día	36,77

Figura 78. Capacidad de una cadena de tres puestos ensamblaje horizontal

d) Cuatro puestos

Análisis de la capacidad de la línea DOPE 2 de cuatro puestos Modelo Cobalt 826 (altavoz ensamblado en horizontal tras la aplicación de las mejoras)

826							
Nom estación	Tiempo operador seg	Tiempo máquina seg	Tiempo Total seg	Número de estación	Número operarios	takt time seg	Capacidad unidad/hora
Puesto 1	331,0		331	1	1	331,0	10,88
Puesto 2	316,0		316	1	1	316,0	11,39
Puesto 3	303,0		303	1	1	303,0	11,88
Puesto 4	290,0		290	1	1	290,0	12,41
Total	1240,0	0	1240	4	4	331,0	10,88

Información de la línea

takttime de la línea (seg)	331,0
Operarios	4
Número horas/ puesto	7
Jornadas al año	250

Capacidad de la línea

Eficacia operario (%)	96%	Unidad/hora	9,81
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	2,45
		Unidad/poste/día	68,70

Eficacia operario (%)	70%	Unidad/hora	7,16
Eficacia máquina (%)	94%	Unidad/hora/operario	1,79
		Unidad/poste/día	50,10

Figura 79. Capacidad de una cadena de cuatro puestos ensamblaje horizontal

A partir de estas tablas, y considerando el porcentaje de efectividad operario-máquina más optimista 90%, se tiene que para el modelo Cobalt 826 trabajado en horizontal la distribución más efectiva (aquella con una mayor capacidad de producción por hombre y hora) es la de un puesto (2,62 altavoces), seguida de la de dos puestos (2,53) y la de cuatro puestos (2,45). Para el modelo Cobalt 826 trabajado en vertical los resultados son parecidos, la mejor solución es la de un puesto (2,64) seguida de la de dos (2,54) y la de cuatro (2,48). Obsérvese que a medida que aumenta el número de puestos va disminuyendo la capacidad de la línea, salvo en el caso del paso de la distribución de cuatro puestos a la de tres. Para cualesquiera distribución de puestos las efectividades y por tanto el número de altavoces fabricados por puesto, son mayores si se trabaja con el altavoz en vertical. Por ejemplo en el caso de una distribución de cuatro puestos, si trabajamos en vertical tenemos una producción de 69 unidades por puesto y jornada (para unos rendimientos de maquina y operario del 90 %), mientras que con el altavoz en horizontal, el resultado es de 68 unidades por puesto y jornada.

4.2.2.4. Viabilidad de las cadenas de producción

Según estos resultados y teniendo en cuenta que los tiempos de trabajar tanto en horizontal como en vertical son casi idénticos y el hacerlo de pie, proporciona mayores ventajas en cuanto a calidad, manipulación, etc. se estudiarán los diferentes casos de cadena de producción en esta posición.

Comenzando por aquellos con mayor productividad, es decir, altavoz vertical y un sólo puesto. Para cada posibilidad se contemplarán dos diseños distintos. El objetivo será encontrar una solución viable y satisfactoria en función de parámetros, tales como, el espacio, los costes, la rentabilidad, los flujos, la implantación, etc.

Las posibles combinaciones para obtener un total de cuatro operarios (ese es el número necesario, véase la carga de trabajo de las líneas para el año 2003) son las siguientes:

- Cuatro cadenas de un operario.

- Dos cadenas de dos operarios.

- Una cadena con tres operarios y una con uno.

- Una cadena de cuatro operarios.

La tercera opción fue descartada desde un principio, debido a que por exigencias del departamento de Producción, el método para realizar los altavoces de ambos modelos debía ser el mismo, objetivo que en este caso no se cumplía.

El estudio estará basado en los resultados obtenidos para el modelo Cobalt 826, siendo importante aclarar que las cadenas definidas son útiles tanto para este como para el modelo Cobalt 816. El montaje y embalaje de ambos son idénticos, sólo se diferencian en el tamaño y en el tipo de HP que componen a cada uno.

Para cada solución posible se seguirá el siguiente orden, se detallará:

- 1.El número necesario de operarios para satisfacer la demanda, a partir de éste se obtiene el número de cadenas requeridas.
- 2.La composición de los puestos, se detallará los catálogos y precios de cada componente.
- 3.Los distintos diseños para cada solución (1, dos y cuatro puestos).
- 4.Sus implantaciones dentro de los edificios, estudio de su viabilidad.

En el caso de que sean viables se explicarán las ventajas e inconvenientes en cuanto flujos, espacio, costes...de unas soluciones respecto a otras.

El orden que se seguirá para estudiar las distintas cadenas será el siguiente:

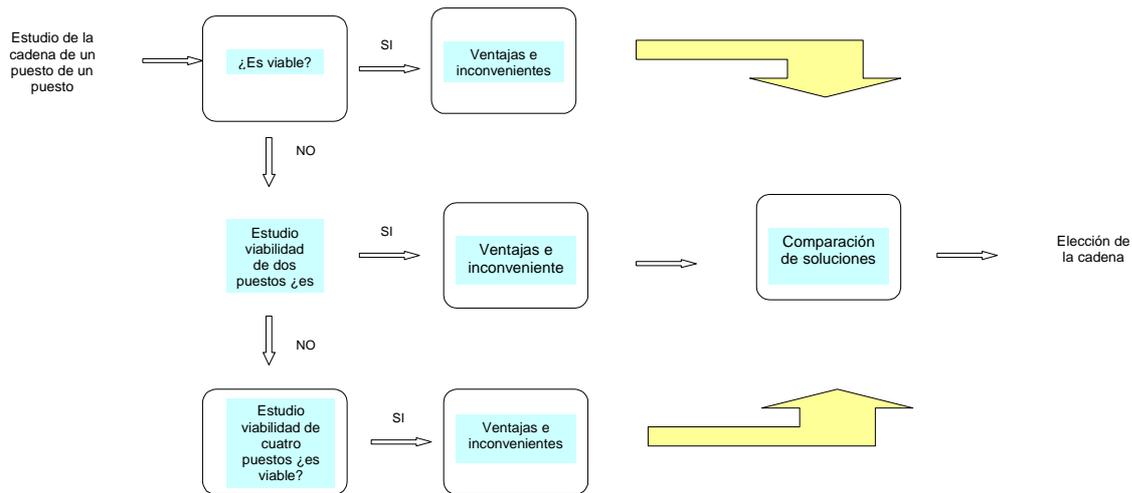


Figura80. Esquema a seguir para el estudio de las cadenas

4.2.2.4.1. Altavoz ensamblado en vertical: Un puesto

- El número de operarios para satisfacer la demanda es de cuatro, como las cadenas son de un sólo puesto, serán necesarias también cuatro.

En primer lugar, se definirá todo lo que es necesario para una línea de producción con un solo puesto, con esto se calculará el espacio requerido y se analizará la viabilidad de esta solución en cuanto a superficie se refiere. Salvado este parámetro, se tendrán en cuenta, los costes, los flujos, etc.

1 PUESTO

OPERACION	MATERIAL	DESIGNACIÓN	PROV	DIM	CANT	CATALOG	PAG	PRECIO	PRECIO TOTAL	
									Solución A	Solución B
General	Convoyeur	Transportador con rodillos	ACF		1		122	2000,00	1.000,00	2500,00
General	Puesto	Poste OSSA 1300	ACF		1	SOFAME	P13	330	1.503,00	1.503,00
	Par de brazos soporte	MS 550	ACF		1	SOFAME	P13	63		
	Rail soporte de 2 trolleys	MS 595	ACF		1	SOFAME	P13	43		
	Plafón iluminación compensado de 500 lux	PLAF 500	ACF		1	SOFAME		122		
	Panel perforado	MS 584	ACF		1	SOFAME	P19	55		
	Tabla frontal inclinable	MS706	ACF		1	SOFAME	P17	161		
	Tabla frontal	Ms 791	ACF		1	SOFAME	P16	56		
	Soporte pantalla	SEM	ACF		1	SOFAME	P17	117		
	Soporte caja frontal	MS582	ACF		1	SOFAME	P16	104		
	Soporte teclado deslizante	SCM	ACF		1	SOFAME	P17	96		
	Soporte 10 carpetas tamaño A4	MS 740	ACF		1	SOFAME	P19	58		
	Caja	BAV1	ACF	L=160	5	SOFAME	M16	4		
	Caja	BAV 2	ACF	L=330	4	SOFAME	M16	14		
	Alfombrilla antifatiga	TPS-S	ACF		1	SOFAME	P24	122		
	Silla de taller	B 720 MH	KANGO		1		283	100,01		
General	Carritos	SR1 CNT302	SOFAME		2	SOFAME	M10	100		
	Estanteria	SPR 1	SOFAME		1	SOFAME	M7	100		
Embalaje	Sistema de levado por aire	R-Lift (R-180)	Yale Systems		1	Yale systems	1	4526	4.890,00	4.890,00
		Bomba SA 450/2	Yale Systems		1	Yale systems	1	364		
	Ventusa especial para el cartón			2,6	1		1			
	Tubo				1					
Fijación de pies	Atornillador	Actual			1			0	0,00	0,00
Atornillado de Hp y tweeter	Atornillador neumático		Atlas copco		1	Atlas copco	38	700	1.500,00	1.500,00
Conexión de la bobina	Atornillador neumático		Atlas copco		1	Atlas copco	38	700		
	Equilibradores		Atlas copco		2	Atlas copco	210/211	100		
Cartón de embalaje	Grapadora neumática para cartón	BOSCTICH D60ADS	Suchail		1			795	795,00	795,00
Limpieza	Fuelle neumático	GUN F 06 A	Suchail		1			31	68,38	68,38
	Espiral flexible	SPI06 -3	Suchail		1			37,38		
Colocacion de la ebanisteria sobre la tabla	Sistema de elevado por aire	R-Lift (R-120)	Yale Systems		1	Yale systems	1	3523	3.881,00	3.881,00
	Bomba	Pompes SA 320/2	Yale Systems		1	Yale systems	1			
	Tubo		Yale Systems	2,6	1	Yale systems	1			
	Ventusa		Yale Systems		1	Yale systems	1	358		
Rejilla	Puesto	MS 142	SOFAME		1	SOFAME	P11	100	200,00	200,00
	Rejilla	Carrito	SOFAME		1	SOFAME	P10	100		
Cabina de test	Cabina sin equipamiento interno		ACF	2x2	1			2200	2.200,00	2.200,00
TOTAL									16.237,38	17.737,38

Figura 81. Composición de puestos. Precios.

Se estudian dos diseños posibles.

- **DISEÑO 1:**

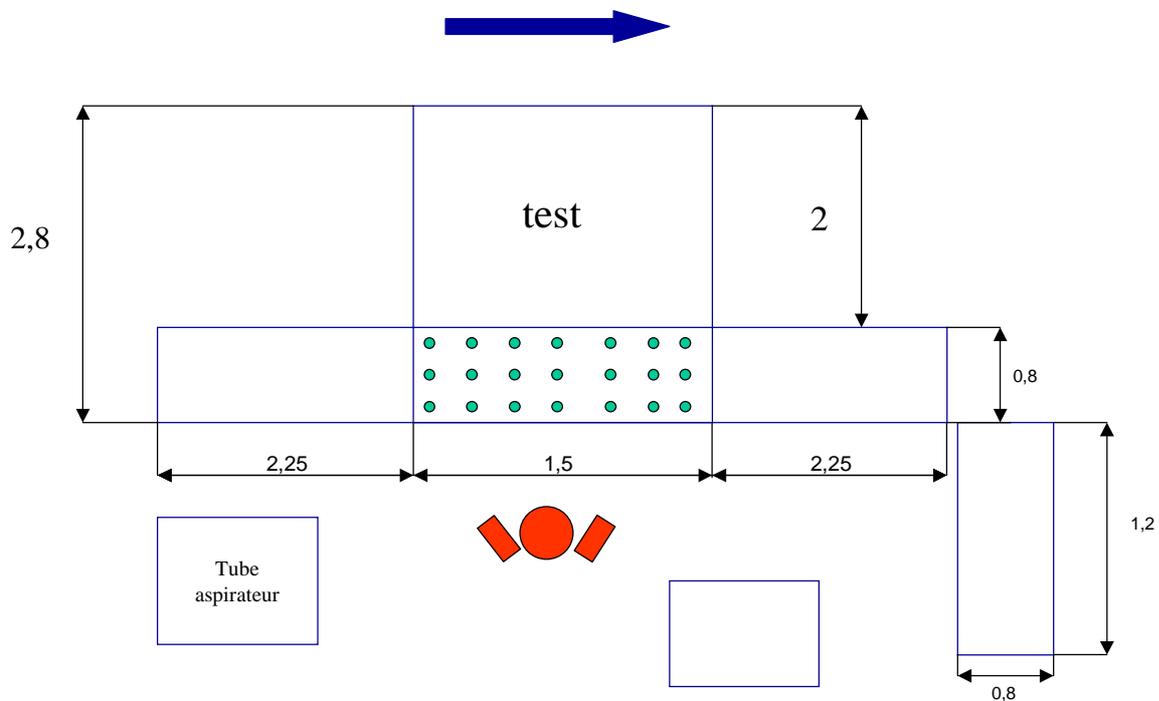


Figura 82. Diseño 1 de cadena de un puesto

Implantación

Las dimensiones del edificio B dedicadas a la producción son 38 x 16 m².

El espacio ocupado por la línea diseñada es de 6,8 x 4,5m², sin tenerse en cuenta, la superficie para carga y descarga de componentes, pasillos, etc.

Estas dimensiones de la línea se han estudiado según las dimensiones del altavoz. 826 (más largo que el Cobalt 816, que también se fabricará en esta cadena, véase la carga de líneas). El puesto se ha diseñado para permitir que el operario pueda trabajar a cada lado de la zona donde se realiza el test, con comodidad. Este dispondrá de 2,25m para el montaje, 1,5 m para el test y 2,25m para la limpieza y embalado, es decir un total de 6,8m de largo. Se ha dotado a la cadena de una pequeña zona donde colocar la caja de cartón lista para ser utilizada. Teniendo en cuenta esta zona y la dedicada a los tubos de elevado por aspiración, el ancho total es de 4,5m. El número necesario para satisfacer la demanda del año 2003 es de cuatro líneas.

Ubicado en la zona de producción del edificio B no se debe olvidar que se encontrará también el D.O.P.E.1 (2 cadenas de 6m x 9m separadas entre sí por un pasillo de 3 m). Los pasillos laterales, a lo largo de este recinto de producción del edificio B, que se considerarán para todos los casos serán de una anchura de 3,5m, para facilitar el tránsito de las máquinas por ellos. Con esto la superficie útil que nos queda es de 9 x 31m² de los que habrá que descontar pasillos intermedios, superficies entre las distintas cadenas, para el flujo de materia prima y productos finales...

A simple vista, se constata que no existe espacio suficiente para esta solución, por lo que los demás factores no merece la pena estudiarlos.

DISEÑO 2

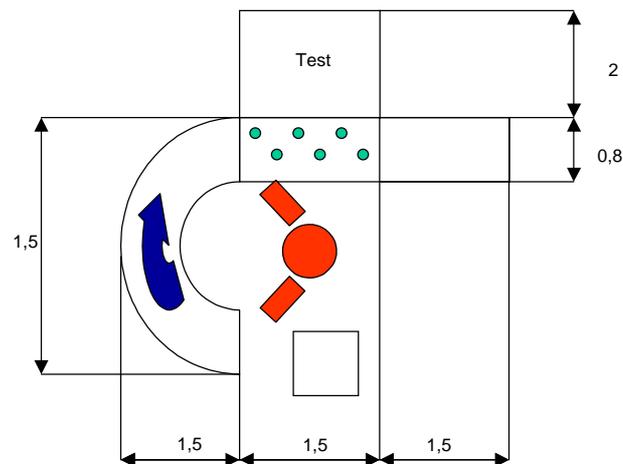


Figura 83. Diseño 2 de cadena de un puesto

Implantación

Esta solución aunque ocupa menos espacio que la anterior, tampoco es viable porque el espacio requerido es mayor que el disponible, por lo tanto no se puede implantar.

Debido a la imposibilidad de la realización de la solución con un sólo puesto, se estudiará la siguiente opción más productiva, es decir el ensamblaje horizontal con 1 puesto, en este caso se nos plantea un problema de espacio mayor que al considerar el altavoz en vertical, ya que debido a la posición del altavoz, las cadenas serán más largas.

4.2.2.4.2. Altavoz ensamblado en vertical: Dos puestos

La siguiente posibilidad en cuanto a productividad es el ensamblaje en vertical en una cadena de dos puestos. Como en el caso anterior, se detallará la composición de puestos:

POSTE 1

OPERACIÓN	MATERIAL	DESIGNACIÓN	PROVEEDOR	CANT	CATÁL	PÁG	PRECIO	PRECIO TOTAL	
								Solución A	Solución B
General	Convoyeur	Convoyeurs con rodillo:	ACF	1	Achats directs	122	1500/3000	1500	3000
General	Puesto	Poste OSSA 1300	ACF	1	SOFAME	P13	330	1190	1190
	Par de brazos soportes	MS 550	ACF	1	SOFAME	P13	63		
	Rail soporte de trolleys	MS 595	ACF	1	SOFAME	P13	43		
	Plafón iluminación compensado de 500 lux	PLAF 500	ACF	1	SOFAME		122		
	Panel perforado	MS 584	ACF	1	SOFAME	P19	55		
	Tabla frontal inclinable	MS706	ACF	1	SOFAME	P17	161		
	Tabla frontal	Ms 791	ACF	1	SOFAME	P16	56		
	Soporte caja frontal	MS582	ACF	1	SOFAME	P16	104		
	Soporte 10 carpetas tamaño A4	MS 740	ACF	1	SOFAME	P19	58		
	Caja	BAV1	ACF	5	SOFAME	M16	4		
	Caja	BAV 2	ACF	4	SOFAME	M16	14		
	Alfombrilla antifatiga	TPS-S	ACF	1	SOFAME	P24	122		
	Silla de taller	B 720 MH	KANGO	1	Achats directs	283	100,01		
General	Fuelle neumático	GUN F 06 A	Suchail	1			31	68,38	68,38
	Espiral flexible	SPI06 -3	Suchail	1			37,38		
General	Carritos	SR1 CNT302	SOFAME	1	SOFAME	M10		200	200
General	Estantería	SPR 1	SOFAME	1	SOFAME	M7			
Fijación d epies	Atornillador	Actuelle		1				0	0
Atornillado de transd	Atornillador neumático		Atlas copco	1	Atlas copco	38	700	1550	1550
Conexión de la bobina	Atornillador neumático		Atlas copco	1	Atlas copco	38	700		
	Equilibrador		Atlas copco	2	Atlas copco	210/211	50		
Colocación de la ebanistería	Sistema de elevado por aire	R-Lift (R-120)	Yale Systems	1	Yale systems	1	3523	3881	3881
	Bomba	Pompes SA 320/2	Yale Systems	1	Yale systems	1			
	Tubo		Yale Systems	1	Yale systems	1			
	Ventosa		Yale Systems	1	Yale systems	1	358		
Rejilla	Puesto	MS 142	SOFAME	1	SOFAME	P11		200	200
		Carritos	SOFAME	1	SOFAME	P10			
TOTAL PUESTO1								8589,38	10089,38

Figura 84. Composición de puestos. Precios.

POSTE 2								
OPERACIÓN	MATERIAL	DESIGNACIÓN	PROVEEDOR	CANT	CATÁL	PÁG	PRECIO	PRECIO TOTAL
General	Puesto	Poste OSSA 1300	ACF	1	SOFAME	P13	330	1503,01
	Par de brazos soporte	MS 550	ACF	1	SOFAME	P13	63	
	Rail soporte de 2 trolleys	MS 595	ACF	1	SOFAME	P13	43	
	Plafón iluminación compensado de 500 lux	PLAF 500	ACF	1	SOFAME		122	
	Panel perforado	MS 584	ACF	1	SOFAME	P19	55	
	Tabla frontal inclinable	MS706	ACF	1	SOFAME	P17	161	
	Tabla frontal	Ms 791	ACF	1	SOFAME	P16	56	
	Soporte de pantalla	SEM	ACF	1	SOFAME	P17	117	
	Soporte caja frontal	MS582	ACF	1	SOFAME	P16	104	
	Soporte de teclado	SCM	ACF	1	SOFAME	P17	96	
	Soporte 10 carpetas tamaño A4	MS 740	ACF	1	SOFAME	P19	58	
	Caja	BAV1	ACF	5	SOFAME	M16	4	
	Caja	BAV 2	ACF	4	SOFAME	M16	14	
	Alfombrilla antifatiga	TPS-S	ACF	1	SOFAME	P24	122	
	Silla de taller	B 720 MH	KANGO	1	Achats directs	283	100,01	
L'emballage	Sistema de elevado por aire	R-Lift (R-180)	Yale Systems	1	Yale systems	1	4526	4890
	Bomba	Pompes SA 450/2	Yale Systems	1	Yale systems	1		
	Ventosa especial para cartón			1		1	364	
	Tubo			1		1		
Vissage du HP y tweeter	Atornillador neumático		Atlas copco	1	Atlas copco	38	700	
Cabine de test	Cabina sin equipamiento interno		ACF	1			2200	2200
Nettoyage	Fuelle neumático	GUN F 06 A	Suchail	1			31	68,38
	Espiral flexible	SPI06 -3	Suchail	1			37,38	
Cartons	Grapadora para cartón	BOSCTICH D60ADS	Suchail	1			795	795
TOTAL PUESTO2								10156,39
TOTAL CADENA							SOLUTION A	18745,78
							SOLUTION B	20245,78

Figura 85. Composición de puestos. Precios.

La definición de cada uno de los puestos, componentes, materiales necesarios y precios están detallados en estas tablas, son aproximados.

Se presentan dos diseños, la cadena en línea y en forma de U:

DISEÑO 1

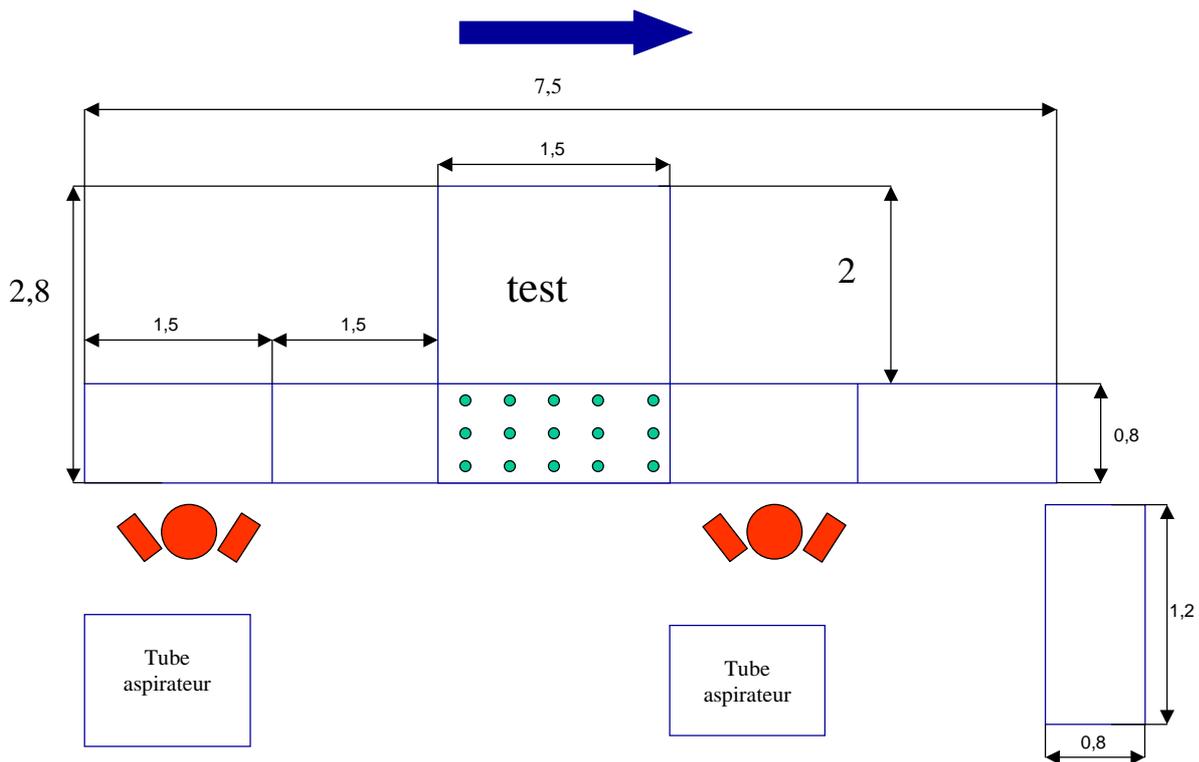


Figura 86. Diseño 1 de cadena de dos puestos

El número de cadenas de producción de dos puestos, requerido para satisfacer la producción del año 2003, es de dos.

Las dimensiones de estas líneas se han concebido de forma que los dos operarios dispongan del espacio suficiente para trabajar cómodamente. Por otro lado, la distancia entre ambos puestos se ha tomado de 1,5 m, ya que en como los tiempos de ejecución entre puestos se encuentran desfasado, en el primero en teoría se tarden 48 segundos más que en el segundo (639 segundos en el puesto 1 y 591 segundos en el puesto 2), se ha tomado esta precaución, para evitar posibles atascos en la cadena. Entre ambos puestos

pueden llegar a caber hasta dos altavoces, situación que no se debería de producir normalmente, pero que en el caso de que existiese no presentaría problemas a la línea. El primer puesto será el que limite la cadencia de la línea, con lo que la acumulación de altavoces en la entrada al segundo no debería producirse.

Las dimensiones resultantes son $7,5 \times 4,5\text{m}^2$ para cada línea.

Como siempre se tomarán unos pasillos a lo largo de la zona de producción del edificio B de $3,5 \text{ m}$ en todo su perímetro para la circulación de maquinaria, productos etc. y teniéndose en cuenta las 2 cadenas D.O.P.E.1 incluidas en el taller, nos resta una superficie de $17 \times 9 \text{ m}^2$ insuficiente para la implantación de las dos líneas de dos puestos necesarias. Tanto la disposición de las líneas transversal como perpendicularmente, es inviable, por lo que esta solución queda descartada.

DISEÑO 2

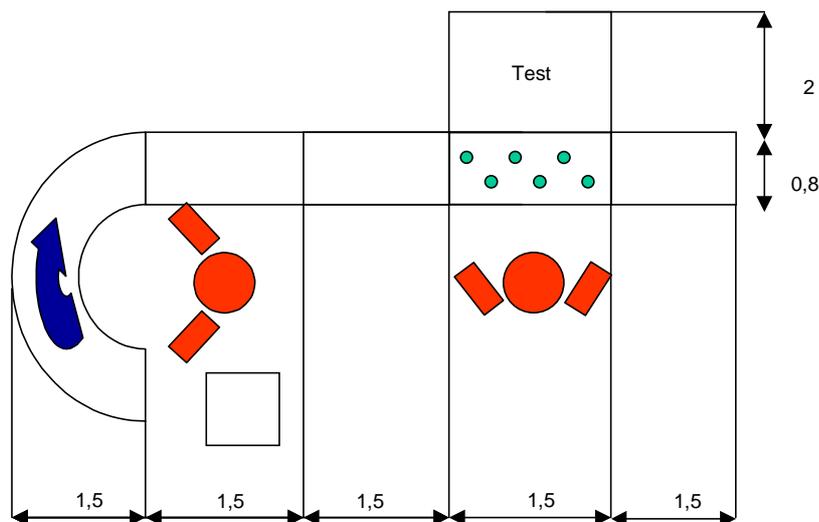


Figura 87. Diseño 2 de cadena de dos puestos

Como en los casos anteriores a la hora de proponer el diseño, se han tenido en cuenta las características básicas de optimizar el espacio a ocupar siempre cumpliendo unos límites de seguridad adecuados. Los resultados son, unas dimensiones de $7,5 \times 4,5 \text{ m}^2$ idénticas a las del caso anterior y por tanto inconcebibles. No se debe olvidar el hecho de que entre ambas líneas deben existir espacios que permiten el flujo tanto de productos como de operarios.

4.2.2.4.3. Altavoz ensamblado en vertical: Cuatro puestos

Se pasa directamente al caso de tener cuatro puestos en las cadenas y trabajar en vertical, como en el caso anterior es absurdo estudiar el caso horizontal para dos puestos, ya que esta posibilidad ocupa mayor espacio.

Será necesaria una sola cadena para satisfacer la demanda.

		PUESTO 1					PRECIO TOTAL										
OPERACIÓN	MATERIAL	DESIGNACIÓN	PROV	CANT	CATÁL	PÁG	PRECIO	Solución A presup 1	Solución B presup 1	Solución A presup 2	Solución B presup 2						
General	Convoyeur Solución B presupuesto 1	Convoyeurs con rodillo	ACF	1	ACF		22000										
	Convoyeur SOLUTION A presupuesto	Convoyeurs con rodillo	ACF	1	ACF		8000										
		Convoyeurs con retorno		1			8000										
General	Convoyeur Solución A Presupuesto 2	368M255	MANUTAN	1			185	16000	22000	26423,5	18999,5						
		368M247	MANUTAN	5			185										
		368M243	MANUTAN	5			185										
		368M178	MANUTAN	15			178										
		368M175	MANUTAN	1			178										
		Pies	368M574	MANUTAN	11		178										
		Guías	368M836	MANUTAN	5		181										
			368M837	MANUTAN	5		181										
			368M838	MANUTAN	1		181										
		Butée de arrêt fixe convoyeur con retorno	368M835	MANUTAN	2		181										
												8000					
		General	Convoyeur Solución B Presupuesto 2	368M251	MANUTAN	2							185				
				368M247	MANUTAN	5							185				
368M178	MANUTAN			1			178										
368M243	MANUTAN			3			185										
368M175	MANUTAN			1			178										
368M304	MANUTAN			8			185										
Motor				MANUTAN	1			187									
	Pies			368M574	MANUTAN	14		178									
Guías	368M836			MANUTAN	3		181										
	368M837			MANUTAN	5		181										
Transportador motorizado de banda	368M838			MANUTAN	2		181										
	368M914				1		191										
	368M917				1		191										
General	Puesto	Poste OSSA 1300	ACF	1	SOFAME	P13	330	1268,01	1268,01	1268,01	1268,01						
		Par de brazos soportes	MS 550	ACF	1	SOFAME	P13					63					
		Rail soporte de 2 trolleys	MS 595	ACF	1	SOFAME	P13					43					
		Plafón iluminación compensado de 500 lux	PLAF 500	ACF	1	SOFAME						122					
		Panel perforado	MS 584	ACF	1	SOFAME	P19					55					
		Tabla frontal inclinable	MS706	ACF	1	SOFAME	P17					161					
		Tabla frontal	Ms 791	ACF	1	SOFAME	P16					56					
		Soporte 10 carpetas tamaño A4	MS 740	ACF	1	SOFAME	P19					58					
		Caja	BAV1	ACF	3	SOFAME	M16					4					
		Soporte caja frontal	MS582	ACF	1	SOFAME	P16					104					
		Caja	BAV 2	ACF	3	SOFAME	M16					14					
		Alfombra antifatiga	TPS-S	ACF	1	SOFAME	P24					122					
		Silla de taller	B 720 MH	KANGO	1	Achats directs	283					100,01					
Fijación de pies	Atornillador	Actuelle		1			0	0	0	0							
Colocación de la ebanistería	Sistema de levado por aire	R-Lift (R-120)	Yale Systems	1	Yale systems	1	3523	3881	3881	3881	3881						
	Bomba	Pompes SA 320/2	Yale Systems	1	Yale systems	1											
	Tubo		Yale Systems	1	Yale systems	1	358										
	Ventosa		Yale Systems	1	Yale systems	1	358										
Evacuación	Tabla elevadora		MANUTAN	1	MANUTAN	113	622	622	622	622	622						
							TOTAL	21771	27771	32194,5	24770,5						

Figura 88. Composición de puestos. Precios.

PUESTO 2

OPERACIÓN	MATERIAL	DESIGNACIÓN	PROVEEDOR	CANT	CATÁLOGO	PÁG	PRECIO	PRECIO TOTAL
General	Puesto	Poste OSSA 1300	ACF	1	SOFAME	P13	330	1268,01
	Par de brazos soportes	MS 550	ACF	1	SOFAME	P13	63	
	Rail soporte de 2 trolleys	MS 595	ACF	1	SOFAME	P13	43	
	Plafón iluminación compensado de 500 lux	PLAF 500	ACF	1	SOFAME		122	
	Panel perforado	MS 584	ACF	1	SOFAME	P19	55	
	Tabla frontal inclinable	MS706	ACF	1	SOFAME	P17	161	
	Tabla frontal	Ms 791	ACF	1	SOFAME	P16	56	
	Soporte caja frontal	MS582	ACF	1	SOFAME	P16	104	
	Soporte 10 carpetas tamaño A4	MS 740	ACF	1	SOFAME	P19	58	
	Caja	BAV1	ACF	3	SOFAME	M16	4	
	Caja	BAV 2	ACF	3	SOFAME	M16	14	
	Alfombra antifatiga	TPS-S	ACF	1	SOFAME	P24	122	
	Silla de taller	B 720 MH	KANGO	1	Achats directs	283	100,01	
La guata	Carritos	2028M27	MANUTAN	1	MANUTAN	37	175	175
Bobina	Atornillador neumático + equilibrador		Atlas Copco	1	Atlas Copco		700	750
TOTAL								2193,01

Figura 89. Composición de puestos. Precios.

PUESTO 3

OPERACIÓN	MATERIAL	DESIGNACIÓN	PROV	CANT	CATÁLOGO	PÁG	PRECIO	PRECIO TOTAL
General	Puesto	Poste OSSA 1300	ACF	1	SOFAME	P13	330	1467,01
	Par de brazos soportes	MS 550	ACF	1	SOFAME	P13	63	
	Rail soporte de 2 trolleys	MS 595	ACF	1	SOFAME	P13	43	
	Plafón iluminación compensado de 500 lux	PLAF 500	ACF	1	SOFAME		122	
	Panel perforado	MS 584	ACF	1	SOFAME	P19	55	
	Tabla frontal inclinable	MS706	ACF	1	SOFAME	P17	161	
	Tabla frontal	Ms 791	ACF	1	SOFAME	P16	56	
	Soporte 10 carpetas tamaño A4	MS 740	ACF	1	SOFAME	P19	58	
	Soporte caja frontal	MS582	ACF	1	SOFAME	P16	104	
	Soporte pantalla	SEM	ACF	1	SOFAME	P17	117	
	Soporte teclado deslizante	SCM	ACF	1	SOFAME	P17	96	
	Caja	BAV1	ACF	3	SOFAME	M16	4	
	Caja	BAV 2	ACF	2	SOFAME	M16	14	
Alfombra antifatiga	TPS-S	ACF	1	SOFAME	P24	122		
Silla de taller	B 720 MH	KANGO	1	Achats directs	283	100,01		
HPs	Carritos	154M2950	MANUTAN	1	MANUTAN	56	271	271
Tweeter	Carritos	2028M26	MANUTAN	1	MANUTAN	37	139	139
Conexión y atornillado de Hps y tweeter	Atornillador neumático + equilibrador		Atlas Copco	1	Atlas Copco		750	750
Test	Cabina de test sin equipamiento inte	ACF					2200	2200
Evacuación	Tabla elevadora		MANUTAN	1	MANUTAN	113	622	622
TOTAL								5449,01

Figura 90. Composición de puestos. Precios.

PUESTO 4

OPERACIÓN	MATERIAL	DESIGNACIÓN	PROV	CANT	CATÁL	PÁG	PRECIO	PRECIO TOTAL
General	Puesto	Poste OSSA 1300	ACF	1	SOFAME	P13	330	1268
	Par de brazos soportes	MS 550	ACF	1	SOFAME	P13	63	
	Rail soporte de 2 trolleys	MS 595	ACF	1	SOFAME	P13	43	
	Plafond illumination compensated de sou liv	PLAF 500	ACF	1	SOFAME		122	
	Panel perforado	MS 584	ACF	1	SOFAME	P19	55	
	Tabla frontal inclinable	MS706	ACF	1	SOFAME	P17	161	
	Tabla frontal	Ms 791	ACF	1	SOFAME	P16	56	
	Soporte 10 carpetas tamaño A4	MS 740	ACF	1	SOFAME	P19	58	
	Caja	BAV1	ACF	3	SOFAME	M16	4	
	Soporte caja frontal	MS582	ACF	1	SOFAME	P16	104	
	Caja	BAV 2	ACF	3	SOFAME	M16	14	
	Alfombrilla antifatiga	TPS-S	ACF	1	SOFAME	P24	122	
	Silla de taller	B 720 MH	KANGO	1	Achats direct	283	100,01	
Limpieza	Fuelle neumático	GUN F 06 A	Suchail	1			31	68,38
	Espiral flexible	SPI06 -3	Suchail	1			37,38	
Embalaje	Sistema de levado por aire	R-Lift (R-180)	Yale Systems	1	Yale systems	1	4526	4890
	Bomba	Pompes SA 450/2	Yale Systems	1	Yale systems	1		
	Ventosa para cartón			1		1	364	
	Tubo			1		1		
Rejilla	Puesto	803M244	MANUTAN	1	MANUTAN	655	307	307

TOTAL PUESTO 4	6533,38
-----------------------	----------------

TOTAL	Sol A presupuesto1	35946,41
	Sol B presupuesto 2	41946,41
	Sol A presupuesto 1	46369,51
	Sol B Presupuesto 2	38945,01

Figura 91. Composición de puestos. Precios.

Se tienen dos diseños, uno en línea y otro en U que se describen seguidamente.

DISEÑO 1

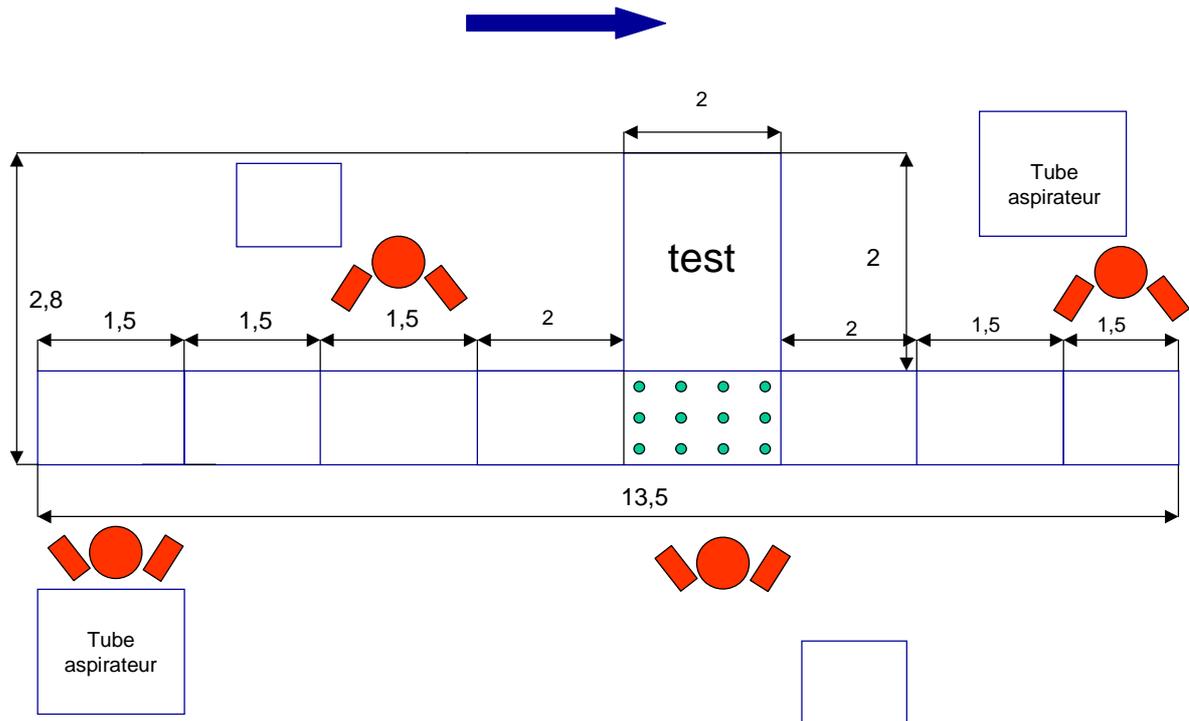


Figura 92. Diseño 1 de cadena de cuatro puestos

En este caso también se ha diseñado la línea con una separación entre puestos de 1,5 m para evitar posibles paradas en la cadena. El puesto 4 es aquel con mayor tiempo de operación, un total de 328 segundos, y será el que marcará el ritmo de la producción. Dos altavoces pueden quedar a la espera de ser ejecutados por el siguiente puesto sin obstaculizar el flujo de la línea.

Las dimensiones se han tomado siguiendo las mismas pautas ya mencionadas para las propuestas anteriores, la novedad aparece al situar los puestos de los trabajadores uno a cada lado de la línea, con esta medida cada operario dispone de mayor superficie en su puesto. El resultado es una cadena de $13,5 \times 4,8 \text{ m}^2$.

Haciendo los cálculos necesarios y descontando todo el espacio ocupado por las cadenas D.O.P.E.1 incluidos los pasillos del perímetro del recinto, se dispone de una superficie de $17 \times 9 \text{ m}^2$. En el ancho no existe ningún problema y a lo largo se tienen 2 m para un espacio entre el D.O.P.E.2 y el D.O.P.E.1.

Por tanto esta solución parece ser viable a nivel de espacio.

En cuanto a los costes, como se necesita sólo una cadena, estos son menores que en las soluciones propuestas anteriormente.

La implantación propuesta para esta cadena estuvo determinada por la posición de puertas de almacén, salida de productos finales y flujo de materias primas etc. Se dispuso de modo que los componentes recorrieran la menor superficie posible, y se tuvieron en cuenta sentidos en los pasillos, para evitar interrupciones de estos.

El resultado se muestra en el esquema siguiente:

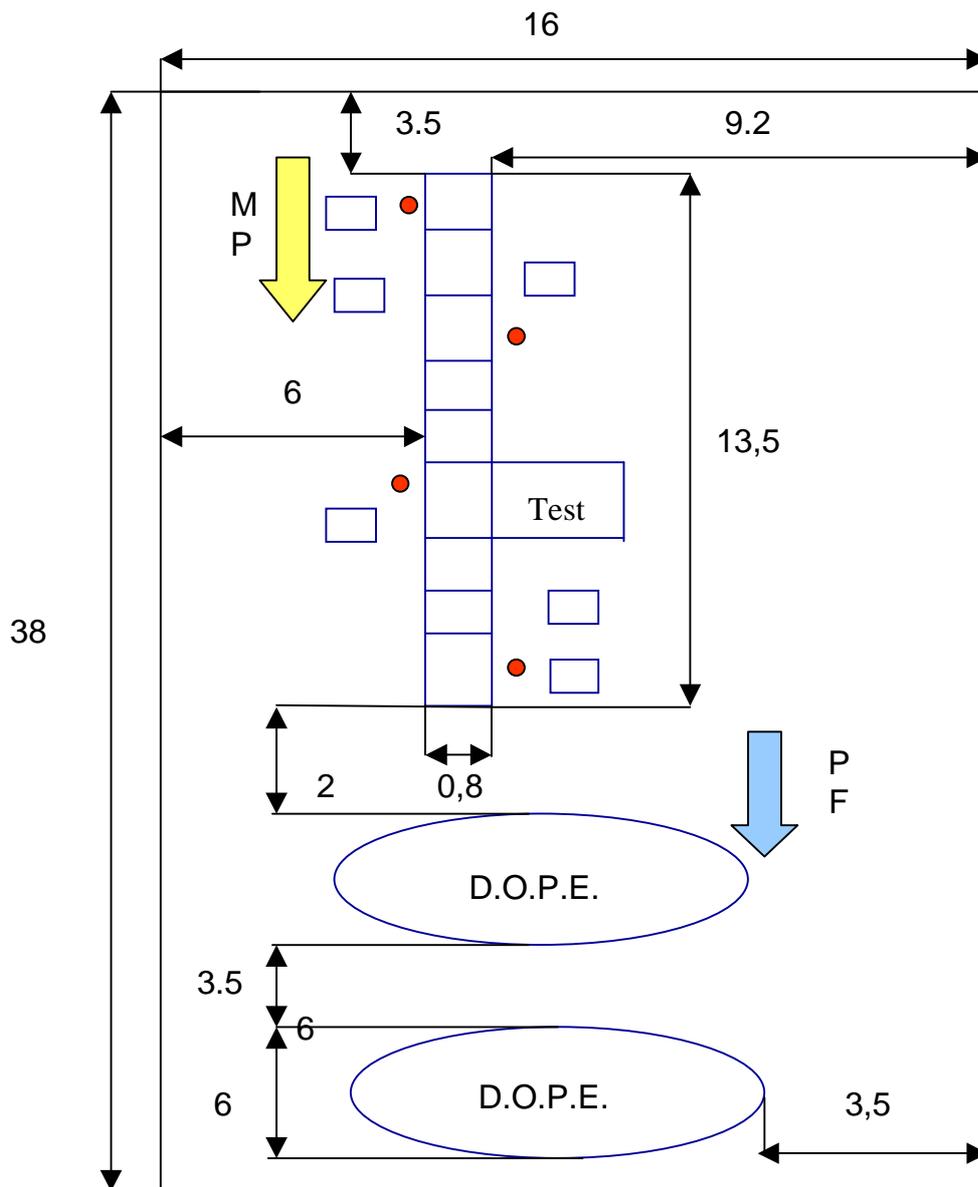


Figura 93. Implantación de Diseño 1 de cadena de cuatro puestos.

DISEÑO 2

Se estudiará también esta solución, para saber si es viable y en ese caso, compararla con la anterior con el objetivo de escoger la mejor en cuanto a distribución, flujos, costes... ya que en productividad ambas son idénticas.

En cuanto a dimensiones se tiene $11,8 \times 7\text{m}^2$, el largo es 1,7 metros menor que en el diseño 1, que facilitaría el transporte de productos.

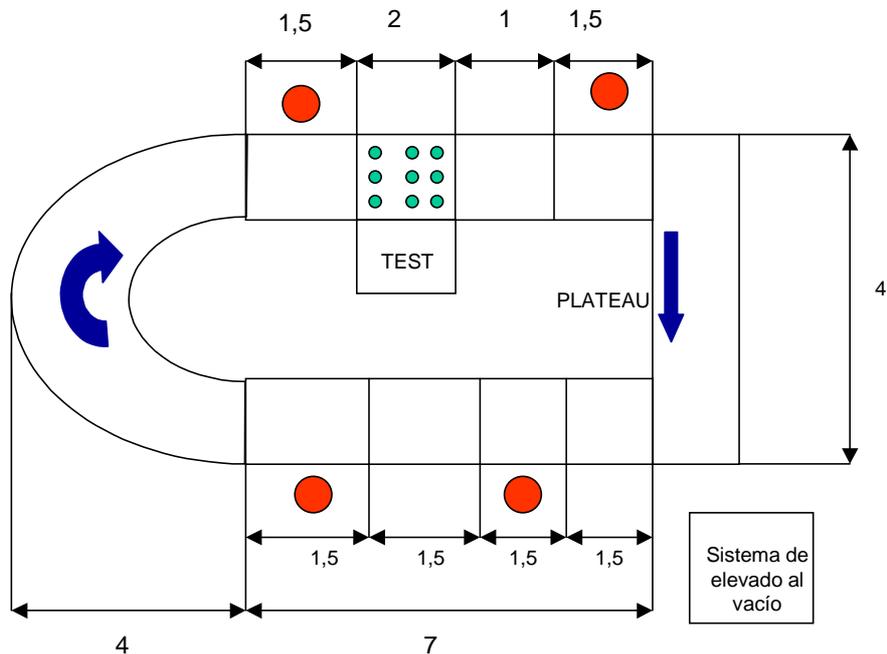


Figura 94. Diseño 2 de cadena de cuatro puestos

Otra ventaja de esta línea se encuentra en el retorno de las bandejas del puesto 4 al puesto 1. Se haría a través de una cinta transportadora que resultaría mucho más económica y sencilla que la banda con retorno, necesario para el caso de la cadena en línea.

Por el contrario, la zona curva requerirá de un motor con parada y arranque manual que incrementará el coste de la línea considerablemente.

Otro inconveniente, aparece cuando el altavoz recorre la zona curva, el desplazamiento a lo largo de esta ha de ser más lento ya que pueden surgir problemas de estabilidad, por tanto no es conveniente que la curva sea demasiado pronunciada.

El esquema de la implantación será el siguiente:

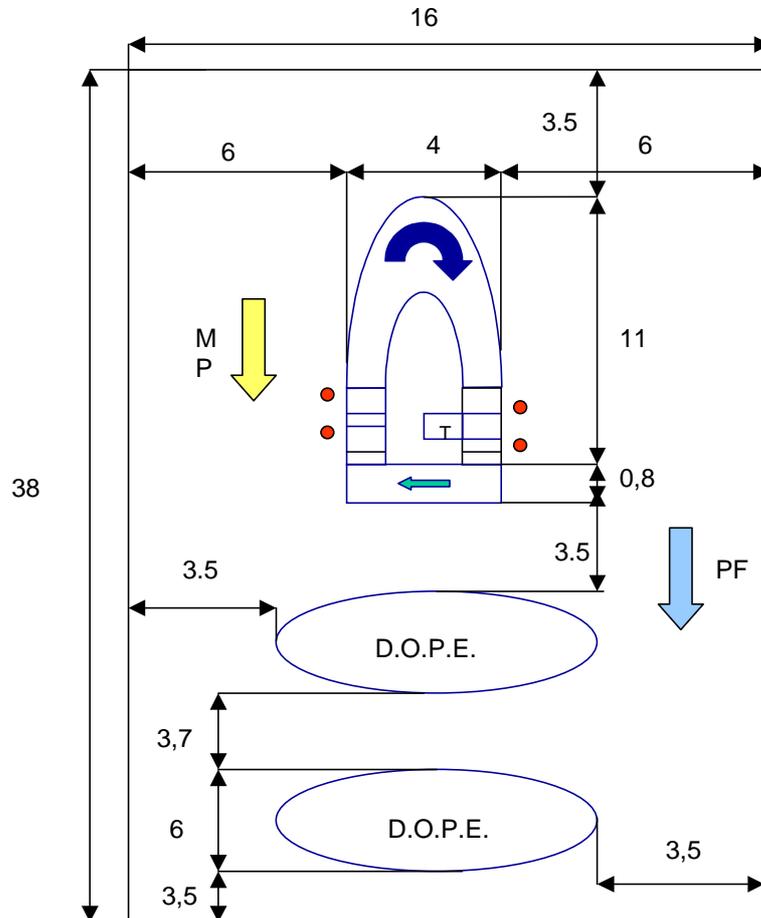


Figura 95. Implantación de Diseño 1 de cadena de cuatro puestos.

Una vez identificadas las dos propuestas de la cadena de producción que son viables, se procederá a elegir aquella solución más conveniente. Para ello se analizarán y compararán las ventajas e inconvenientes de cada implantación.

La cadena en línea ocupa menos superficie que la del diseño 2 (13,5 m x 4,8 m frente a 11,8 m x 7 m), este factor será muy importante, debido al problema de espacio que existe en las instalaciones. El aprovisionamiento de la cadena en línea es más sencillo y su coste menor. El desplazamiento de los altavoces por las zonas curvas puede crear problemas de inestabilidad y tendría que ser muy lento. El retorno de los plateaus en la cadena en U sería más sencillo, gracias a la línea que une los puestos 1 y 4. En la cadena en línea este

retorno se realiza a través de una línea secundaria colocada debajo de la principal. La idea de disponer de dos puestos a cada lado (diseño 1), resultaba más ventajosa, ya que gracias a esto se evitaban algunas rotaciones del altavoz, porque el altavoz era recibido en el puesto en la posición deseada. Esta medida presentaba a su vez una ganancia del espacio del operario por puesto.

4.2.3. Elección de la solución para resolver el problema de producción

Por último se detalla la solución final adoptada. Evaluando las ventajas e inconvenientes y tras diversas reuniones en las que se exponían los pros y contras de las dos posibles implantaciones se eligió como mejor solución una cadena de cuatro puestos en línea (diseño 1), en la que se trabajaría con el altavoz en vertical. Las razones se explican a continuación.

- **¿Por qué cuatro puestos?**

Respetando un orden creciente de productividad, se estudiaron todas las posibilidades de cadena en cuanto a distribución de puestos y se concluyó que esta era la única solución que se podía implantar en la superficie disponible, con una productividad bastante aceptable (2,48 frente al 2,64 de la cadena con mayor capacidad, la de un puesto).

Al disponerse de cuatro puestos, era necesaria sólo una cadena para satisfacer la demanda, con lo que los flujos y el aprovisionamiento, así como el control de la producción serían más sencillos que en el caso de disponer varias de ellas. En el caso de cualquier problema técnico, se estudió que la cadena no sufriría paradas importantes, ya que todas las herramientas y útiles podrían ser sustituidos rápidamente por otros del taller, y si se diese el caso de un problema con los sistemas de elevado, las operaciones afectadas se harían manualmente.

- **¿Por qué el ensamblaje en vertical?**

Además de que supone diez segundos menos en la producción de cada altavoz, se eligió por el resultado de mayor calidad que se obtenía gracias a él. El operario trabaja en la posición en la que le cliente va a utilizar el producto. Su visión en conjunto será más completa y le permitirá realizar su trabajo con mayor detalle y precisión.

El aspecto de la superficie ocupada también fue decisivo, ya que con esta solución la distancia necesaria entre puestos no era tan grande, pasaba de

ser 2,25m a ser 1,5m, con lo que las cadenas resultantes eran mucho más cortas.

- **¿ Por qué el diseño en línea?**

La superficie ocupada era menor. El aprovechamiento de los dos lados de la línea para trabajar permitía disponer de mayor espacio para cada puesto y operario. Un menor número de rotaciones era necesario lo que simplificaba la manipulación. Por otro lado, el objetivo es realizar las operaciones de forma que las pérdidas de tiempo sean mínimas. Una medida para conseguirlo es, por ejemplo, eliminar al máximo las rotaciones, siempre respetando el orden de las operaciones a seguir, y esto se conseguía con la nueva colocación de los puestos.

El aspecto económico también fue discutido, aunque no se trató de un factor determinante debido a la proximidad de los costes entre ambas soluciones y de no tratarse de presupuestos exactos. El presupuesto que se calculó para este diseño, era menor que para el caso de una cadena en U.

Se detalla a continuación el resultado de la solución elegida con su distribución de operaciones por puestos, las posiciones del altavoz, los tiempos etc.

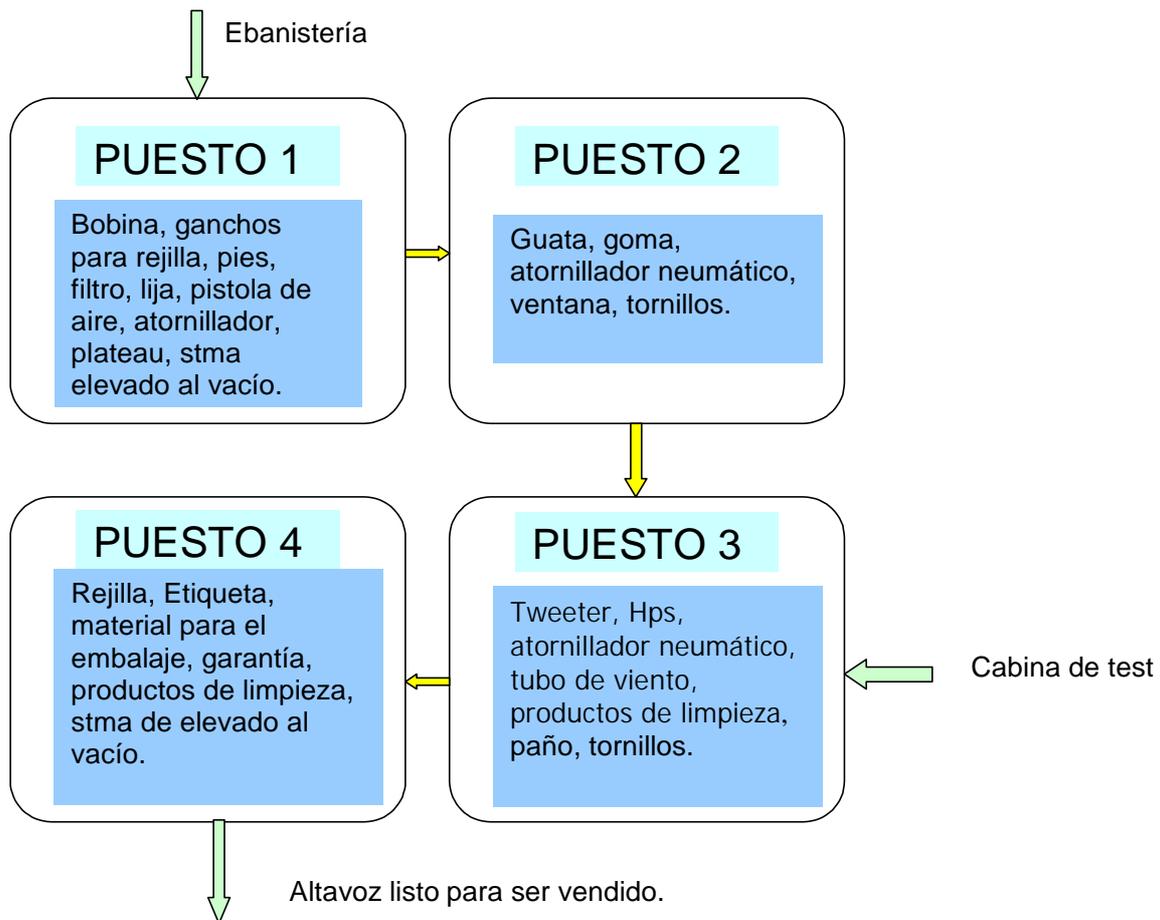


Figura 96. Puestos de la cadena a implantar.

Puesto 1

La fijación de los cuatro pies se realiza sobre el palé, en el que el altavoz se encuentra horizontal. Una vez fijados estos se coloca la ebanistería sobre la tabla, en vertical, de forma que la cara posterior del altavoz, es decir, donde se colocan la ventana, y la bobina, queda enfrente del operario. Este lija la zona donde se colocará posteriormente la ventana, limpia los restos con una pistola de aire y procede a pintarla con tinta china (esto se realiza para que en el caso de que exista un pequeño juego entre la ventana y la ebanistería, quede imperceptible a la vista del cliente). Tras su secado colocará una pegatina, que permitirá el pegado de la ventana en su cavidad correspondiente.

Se rota la ebanistería, con lo que la cara con orificios para los transductores estarán de frente al operador. Se introduce el filtro, se coloca. A continuación se sitúa la bobina, se preparan los cables del filtro y se colocan con la ayuda

de un punzón, los ganchos para colocar donde más tarde (concretamente en el puesto 4) se colocará la rejilla.

Con esto queda terminado el trabajo en el primer puesto y el operario desplaza el plateau al segundo.

Puesto 2

El trabajador recibe el altavoz en la posición adecuada para el atornillado de la bobina y la colocación de la ventana, ya que la parte trasera es la que se encuentra enfrente del operario.

El operario gira el altavoz y prepara los cables de la bobina, estos deben salir por los orificios destinados a los HPs para ser más tarde conectados a estos.

Colocados los cables se introducen los trozos de guata, que servirán para amortiguar las ondas dentro de la caja del altavoz. Uno a uno, y en un total de 6 guatas, el altavoz queda perfectamente recubierto interiormente.

Es entonces cuando el montador coloca pequeños trozos de silicona, con ayuda de una pistola, en la zona del medio de la ebanistería. Esto se realiza para evitar que el Hp medium toque con la madera que atraviesa la caja, con lo que se garantiza un buen funcionamiento de este HP.

La siguiente tarea es la colocación de unos pequeños trozos de goma que permiten que los HPs estén a salvo del riesgo de posibles vibraciones y daños contra la ebanistería.

El altavoz con su cara posterior enfrente del operario es desplazado al siguiente puesto.

Puesto 3

Si se colocara al operario en el mismo lado de la tabla que sus dos compañeros anteriores, el altavoz debería de ser rotado para que este pudiera trabajar por la cara frontal de este, ya que su misión será la de conectar y

atornillar los transductores. Para evitar este gesto innecesario, colocamos al montador al otro lado de la tabla, consiguiéndose que el altavoz llegue en la posición deseada.

Se conecta el tweeter y se atornilla. La misma operación con los HPs. El tubo de viento es encajado en su orificio correspondiente. Aquí se puede dar por finalizado el montaje y se procede al testado del altavoz. Para ello se coloca en el borde de la cabina de test y se conecta a unos cables. A través de estos se realiza un barrido de frecuencia y los resultados son transferidos al ordenador. Para verificar si el altavoz es conforme o no, existen unos gráficos que aparecen en el ordenador. Se pueden observar las curvas esperadas, sus respectivas tolerancias y la curva de respuesta obtenida. Una vez finalizado el test acústico, aparece un mensaje en el que se puede leer si ha sido superado o no.

Si se ha conseguido un resultado positivo, se procede a la limpieza de la parte delantera del altavoz y los HPs, con un producto de limpieza especial que contiene silicona.

Puesto 4

El operario traslada el altavoz al puesto siguiente. Como ocurría en la transferencia entre los puestos 2 y 3, si el operario se colocara en el mismo lado de la tabla que su compañero predecesor, el altavoz habría que girarlo porque las operaciones que restan son por la parte posterior. Por este motivo se colocará el trabajador al otro lado, de forma que recibirá el altavoz en la posición requerida para pasar a la limpieza de este y al pegado de la etiqueta identificativa (contiene el número de serie del altavoz que coincide con el número de serie pegado al embalaje).

Lo que resta es la preparación del embalaje y su realización. Para ello es preciso formar la caja de cartón y graparla. Se pegara la etiqueta que corresponde al número de serie del altavoz introducido en el cartón. A su vez el altavoz será introducido en su correspondiente bolsa de plástico, previa colocación de la rejilla.

A continuación le serán colocados los corchos protectores a ambos lados y finalmente el cinturón de cartón que evita posibles movimientos dentro de la caja. Será llevado gracias a la ayuda del tubo de aspiración de elevado al vacío a la caja y una vez colocado esta será grapada por su lateral superior y llevada al palé.

5.CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

A lo largo de este proyecto, la toma de decisiones ha sido continua, ya que todos los problemas que se pretendían solucionar se encontraban estrechamente relacionados entre sí. Para realizar la redistribución de la zona de producción se necesitaba conocer la solución elegida en cuanto a la organización de las naves, ya que era necesario disponer de la superficie para el reparto de la zona de producción entre las distintas gamas. A su vez, la factibilidad de las soluciones propuestas también debía ser contrastada con los niveles de producción previstos a medio y largo plazo, ya que estas soluciones implicaban una alta inversión y debían ser válidas con vistas al futuro. Ambos problemas se encontraban fuertemente enlazados.

Por otro lado, y una vez decididos los dos puntos anteriores, fue necesaria el estudio de la carga de líneas para la(s) nueva(s) cadena(s) de producción necesaria(s) para la fabricación de los altavoces de gama media y tamaño grande.

Otro aspecto se ha basado en el estudio en detalle de cada operación que ha permitido eliminar o al menos minimizar aquellas que no aportaban valor al producto. Gracias a las grabaciones y ensayos se ha podido observar que por el mero hecho de trabajar el altavoz en otra posición, se mejora la calidad sin ningún coste adicional. También es importante el avance en cuanto al empleo de mecanismos que facilitan la manipulación del altavoz.

Nuevos puestos se han creado para el correcto funcionamiento de la línea, como son el de encargado del aprovisionamiento de la cadena, que a su vez examina los componentes que distribuye y realiza el emparejamiento de ebanisterías y Hps, con el objeto de que estos sean lo más parecidos posibles dentro del mismo par de altavoces.

Como líneas futuras, destacar, que aún quedan muchas mejoras por realizar en cuanto a la cadena de producción se refiere. Los estudios en conjunto con el laboratorio han demostrado que para reducir costes y tiempos de ejecución se pueden crear para las futuras gamas, unos modelos con mayor facilidad de montaje, véase por ejemplo el caso de la colocación del filtro en el modelo estudiado. Con un sencillo cambio en el que se sustituía el atornillado por una fijación simple, se han ahorrado minutos de tiempo muy valiosos en el montaje de cada unidad, además por supuesto de la ventaja que supone el menor esfuerzo requerido por parte del operario para su realización.

Aparece un planteamiento nuevo, en el que domina un diseño de altavoz para las futuras gamas en el que el montaje sea más sencillo, rápido y efectivo, adaptándose a las características de cada cadena de producción y a los nuevos métodos de trabajo, siempre que esto sea posible, y no como se hacía hasta el momento, la cadena era la que se adaptaba a los altavoces. Este cambio de mentalidad presenta un gran avance y depende del trabajo en conjunto de los departamentos de Métodos y Laboratorio.

Para organizar los talleres se tendrá en cuenta el método japonés de las 5 “s”, cuyo objetivo es organizar la zona de trabajo de la forma más sencilla posible, reduciéndose pérdidas en desplazamientos, etc., y mejorando la calidad y seguridad en general. Este método incluye:

1. Salida, eliminación de aquellos materiales que no pertenecen a la zona de trabajo o aquellos útiles obsoletos, herramientas estropeadas, excesos de materia prima.
2. Reducción de los tiempos en la búsqueda de componentes necesarios, para ello se dividirán los almacenes por zonas, designadas por colores, con carteles identificativos, que faciliten el trabajo de los encargados de almacén y permitan a cualquier operario encontrar aquello que buscan. El planteamiento será “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”.
3. Limpieza. Una vez ordenada la zona la siguiente fase es mantener limpia la zona. Esta limpieza se acordó que sería semanal.
4. Agrupación de las zonas según el trabajo que se realice en estas. Para ello es conveniente la consulta de jefes de taller y operarios, que gracias a su experiencia pueden facilitar una información muy interesante.
5. Mantenimiento, una vez ejecutadas las cuatro acciones anteriores, este punto se convierte en el de más difícil ejecución, ya que normalmente y por la naturaleza del ser humano, los cambios no son bien aceptados y la tendencia es a volver a la situación anterior. La motivación de todas las partes implicadas debe ser fomentada.

Si el método de las 5 “s” se lleva a cabo con éxito, se crearán impresiones positivas a los clientes, y se incrementará la eficiencia y la organización. No sólo los empleados se sentirán mejor y más cómodos donde trabajan sino que las

consecuencias de una mejora continua permitirá disminuir pérdidas de tiempo y una mejor calidad, lo que hará que la empresa sea más competitiva.

Las 5 “s” pueden ser implantadas de diferentes maneras, la más usual es:

1. Organización de un comité.
2. Desarrollo de un plan para cada “s”.
3. Publicación del programa.
4. Formación y consulta a los empleados.
5. Selección de un día en el que cada empleado limpie su zona de trabajo.
6. Evaluación de los resultados.
7. Aplicación de las medidas correctivas.

En cuanto a calidad, la línea a seguir será la prevención de fallos para evitar las posibles correcciones y los costes que estas conllevan, para ellos se practicará un mayor control de la materia prima que llega a los talleres, ya sea del exterior, como de la misma empresa, puesto que para el montaje de los altavoces, los Hps proceden de la fabricación en el edificio B. El problema se producía debido a que los controles en los talleres de Hps eran menos estrictos y se propuso igualarlos. Las pérdidas de tiempo que se producen actualmente al examinar, en el taller de montaje y embalado cada HP, y rechazarlo en caso de no-conformidad, son enormes. En un futuro el objetivo es tratar al taller de Hp con los mismos criterios que los proveedores exteriores del resto de materias primas. También es importante aumentar el control de los componentes recibidos del exterior, en cuanto a cantidades, plazos, etc.

En definitiva existen muchas formas de reducir costes sin disminuir la calidad del producto, como consecuencia de la mejora de métodos, nuevas distribuciones, nuevos diseños de producto, utilización de herramientas más modernas, actitudes preventivas de calidad y un largo etcétera que se han comenzado a poner en práctica y de los que quedan aún muchos por aplicar.

6. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

- Juan Larrañeta, Luis Onieva, Sebastián Lozano. Métodos modernos de gestión de la producción (Alianza Universal Textos, Sevilla).
- Benjamín W. Nebel. Ingeniería industrial. Métodos, tiempos y movimientos (Alfaomega, 1996).
- Servicio Nacional de productividad industrial. Mejora de Métodos de trabajo (Ministerio de Industria, Madrid, 1959).
- Edward V. Krick,. Ingeniería de Métodos (Limusa-Wiley, 1962).
- Francesc Castanyer Figueras. Control de Métodos y tiempos (Marcombo Boixerau, Barcelona, 1988).
- Ken Blanchard, Dana Robinsosn, Jim Rbinson. El consejo del jardinero (Empresa activa, 2002).

ARTÍCULO:

- Didier Falcon. Revue de presse, Cobalt, Electra, Chorus. (Periódico interno de la empresa, Siant Etienne, 2003).

DIRECCIONES WEB:

- Departamento de Comunicación. [www.focal-jmlab](http://www.focal-jmlab.fr) .fr (2003).
- Pôle Productique Rhône Alpes. www.productique.org (2000).
- MATMC. www.mamtc.com/lean/building_standardWork.asp (2000).
- www.qualité.fr (2000).

ANEXO I CRONOLOGIA DEL PROYECTO

- **9 DE ENERO 2003:** Comienzo del proyecto. Durante las dos primeras semanas de trabajo se realiza un estudio de las instalaciones y se comienza a asimilar la magnitud del proyecto.
- **20 DE ENERO 2003:** Primera reunión en la que se plantean los problemas que existen en la distribución de las instalaciones. Se decide la búsqueda de al menos cinco soluciones.
- **7 DE FEBRERO 2003:** Primer planteamiento de las soluciones posibles a adoptar y definición de los costes importantes a tener en cuenta a la hora evaluarlas. Petición a una consultora del presupuesto aproximado de las obras en los edificios.
- **21 DE FEBRERO 2003:** Presentación de costes, carga de líneas y estudio de las ventajas e inconvenientes.
- **7 DE MARZO 2003:** Comienzo del estudio de los problemas en la producción.
- **11 DE MARZO 2003:** Primera medida de los tiempos de ejecución del modelo Cobalt 826 y Cobalt 816.
- **28 DE MARZO 2003:** Presentación de la problemática en la producción y posibles soluciones.
- **17 DE ABRIL 2003:** Elección de la solución al problema de distribución.
- **6 DE MAYO 2003:** Presentación de todas las mejoras al problema de producción. La más importante se basaba en el cambio de la posición del altavoz al realizarse el ensamblaje. Se decidió hacer un estudio para comprobar que era viable y hacer las medidas de tiempos.
- **13 Y 14 DE MAYO 2003:** Ensayos. Primero se realizaron los ensayos con el altavoz en horizontal y tras la aplicación de todas las mejoras propuestas. Al día siguiente, se filmaron varios ensayos con los altavoces ensamblados en posición vertical.
- **20 DE MAYO 2003:** Resultados y consecuencias de los ensayos. Se decidió trabajar conjuntamente con los miembros del laboratorio para intentar cambiar

el modo de colocación del filtro, era ahí donde aparecían los mayores problemas.

- **MES DE JUNIO:** Consulta con los operarios para la búsqueda de nuevas soluciones a los problemas de producción y propuesta de distintos diseños de cadenas de producción.
- **6 DE JUNIO 2003:** Resultado positivo en la búsqueda de una diferente colocación del filtro. Se propone un ensayo.
- **12 DE JUNIO 2003:** Ensayo con el altavoz en vertical con éxito. Los tiempos se reducen en 10 segundos con respecto a aquellos que se tenían trabajando en horizontal tras las mejoras. Se decide una cadena que trabaje con el altavoz en vertical.
- **23 DE JUNIO 2003:** Presentación de resultados de las distintas cadenas. Estudio de ventajas e inconvenientes.
- **4 DE JULIO 2003:** Se elige como cadena D.O.P.E. 2 aquella con cuatro puestos y diseño en línea, en la que se trabajará con el altavoz en vertical.
- **7 DE JULIO 2003:** Fin de las prácticas. Algunas modificaciones se realizarán, pero las bases quedan plantadas. Se le pasa el relevo del proyecto al encargado del departamento de Métodos.

ANEXO II LÍNEA D.O.P.E.1

1.Objetivos

El objetivo principal de esta línea de producción es la mejora de los tiempos de montaje de los altavoces pequeños, (modelos Chorus CC70s2, Chorus 705s2, Chorus 714s2 en principio y cualquier altavoz que cumpla con los criterios de tamaño y tenga las mismas características, mismo número de transductores etc.). Para esta disminución de tiempos se tratarán de minimizar los movimientos y desplazamientos de operarios.

2.Consideraciones

- 1) Los tiempos de montaje deben ser optimizados, con el fin de aumentar el rendimiento sobre la gama de pequeños altavoces.
- 2) El número de operarios y de puestos debe ser modelable en función del producto que se vaya a montar. Para el proyecto el número de operarios requerido es de tres.
- 3) Zonas de evacuación y de espera deben ser previstas para evitar interrupciones en la línea. Con esto se garantiza la fluidez de la línea en el caso de que existan problemas en el test acústico o en el montaje.
- 4) La línea deberá de tener en cuenta en todo momento la calidad del producto tratado.
- 5) El ruido emitido por la línea no debe superar los 80 dB.
- 6) La línea debe cumplir las normas de seguridad en vigor.

3.Definición de las etapas de montaje del altavoz

1. Presentación de los modelos.

Modelo Chorus CC70s2, dimensiones 440 mm de largo, 230 mm de ancho y 160 mm de alto. Su peso es de 6.7 kg.

Modelo Chorus 705s2, dimensiones 185 mm de largo, 190 mm de ancho y 300 mm de alto. Su peso es de 5.1 k.

Modelo Chorus 714s2, dimensiones 200 mm de largo, 250 mm de ancho y 890 mm de alto. Su peso es de 13.7 kg.

Etapas del montaje.

- 1) Colocar la ebanistería sobre la tabla.
- 2) Control visual de la ebanistería (desecharla si no es conforme).
- 3) Colocar la guata dentro de la ebanistería.
- 4) Colocar el filtro y atornillarlo.
- 5) Rotar la ebanistería y colocar la bobina, atornillarla.
- 6) Girar la ebanistería y conectar y atornillar los transductores.
- 7) Preparar el altavoz para el test acústico.
- 8) Limpieza de los Hps.
- 9) Meter el altavoz en la bolsa de plástico de embalaje.
- 10) Preparar el cartón y colocar la pegatina.
- 11) Introducir el altavoz en el cartón y grapar la caja. Colocar sobre el palé.

4. Definición del proceso

La línea se dividirá en tres puestos de montaje. Las operaciones de cada puesto estarán bien especificadas. Para que la línea sea fluida deben cumplirse los siguientes requisitos:

- Los tiempos de cada puesto deben estar equilibrados.
- Las zonas de evacuación deben estar definidas.
- La materia prima y las herramientas deben estar cerca del operario para evitar así desplazamientos innecesarios.

5. Definición de puestos

La línea es circular por lo que el altavoz pasará del puesto 3 al 1 donde será embalado.

Puesto 1:

- Colocación de la ebanistería sobre la línea.
- Control de calidad visual de la ebanistería.
- Etiquetaje y embalaje del producto final.
- Colocación sobre el palé.
- Desplazamiento de la ebanistería del puesto 1 al 2.

Puesto 2:

- Colocación y atornillado de la bobina y filtro.
- Conexión y colocación de los transductores.
- Colocación del tubo de viento.
- Desplazamiento de la ebanistería del puesto 2 al 3.

Puesto 3:

- Atornillado de los transductores.
- Test acústico, barrido de frecuencia de una duración de entre 10 y 20 segundos.
- Limpieza.
- Colocación de la rejilla.
- Desplazamiento del altavoz del puesto 3 al 1.

6. Implantación

Se integrará en una zona de 6 m por 9 m. Esta zona comprende la línea, el espacio requerido por los operarios, el espacio reservado para las materias primas.

Su aprovisionamiento se realizará según el siguiente esquema, será manual para los materiales consumibles y en carritos para las materias primas:

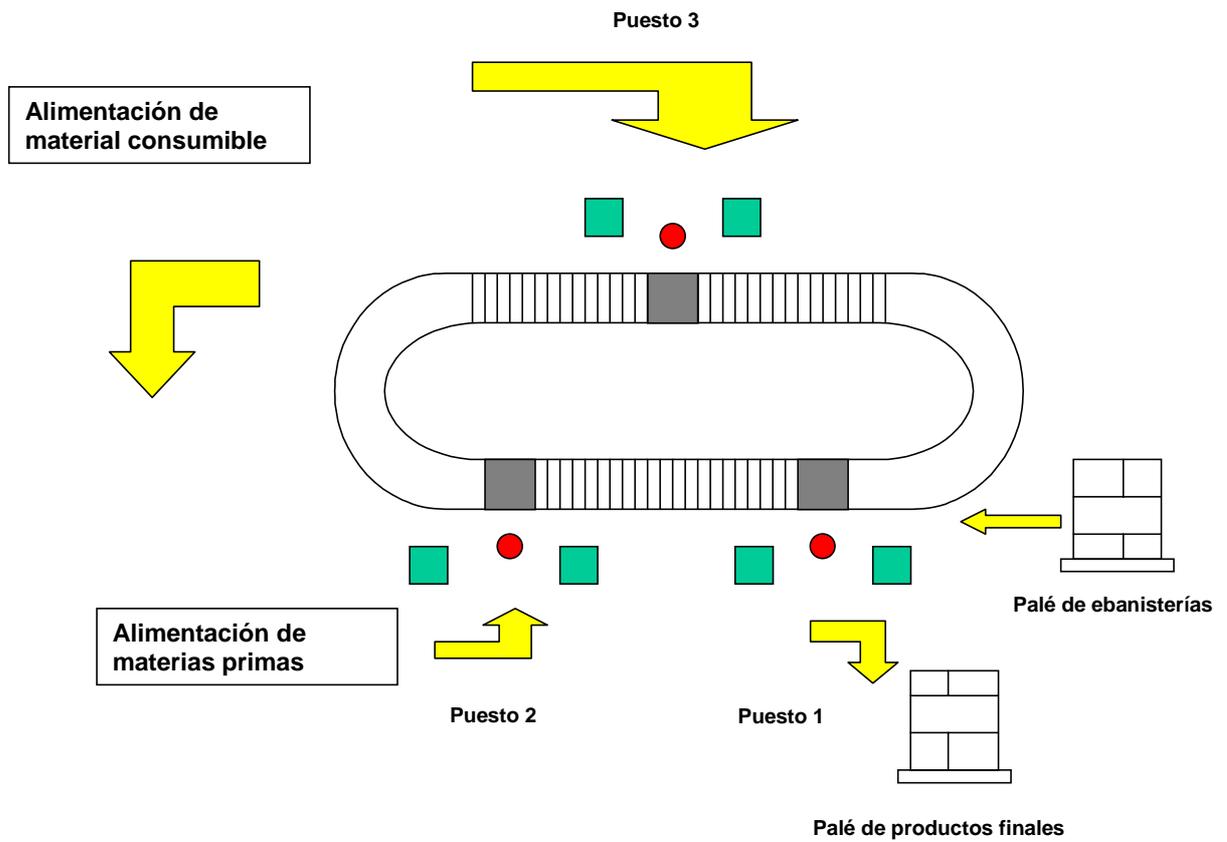


Figura 97. Esquema de la línea D.O.P.E.1.

ANEXO III DESPLAZAMIENTOS**CANTIDAD DE CONTENEDORES**

MODELOS	CANTIDAD ANUAL	CANTIDAD TWEETER/UNIDAD	CANTIDAD HPs/ UNIDAD	CANTIDA ANUAL DE TWEETER	CANTIDAD ANUAL DE HPs
806S	3.840	1	1	3.840	3.840
816S	8400	1	2	8.400	16.800
826S	7286	1	3	7.286	21.858
SW800S	1.200	0	1	0	1.200
906	2.720	1	1	2.720	2.720
926	1.512	1	3	1.512	4.536
936	984	1	3	984	2.952
946	595	1	3	595	1.785
CC900	440	1	2	440	880
CC901	500	1	3	500	1.500
SR900	640	2	2	1.280	1.280
SW900	515	0	1	0	515
	28.632			27.557	59.866

CAPACIDAD= 1000 TWEETER/CONTENEDOR

CAPACIDAD= 170 HP/CONTENEDOR

Contenedores de tweters	27,56	28
Contenedores de HPs	352,15	353
Total		381

DESPLAZAMIENTOS

	IDA=35m
AÑO	13.335
DÍA	66,675

	IDA Y VUELTA=70m
AÑO	26.670
DÍA	133,35

Figura 98. Desplazamientos de componentes entre edificios.

ANEXO IV PLANOS

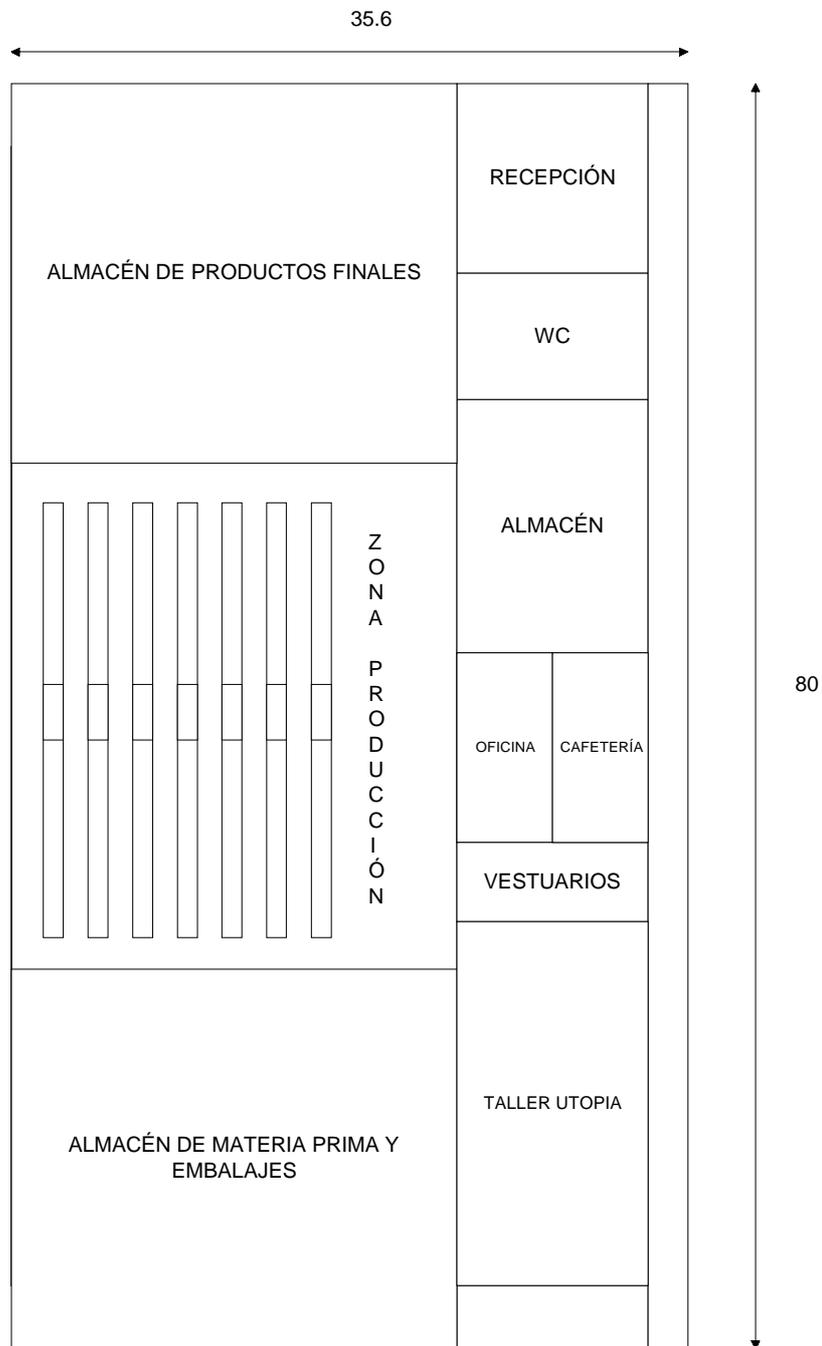


Figura 99. Edificio A

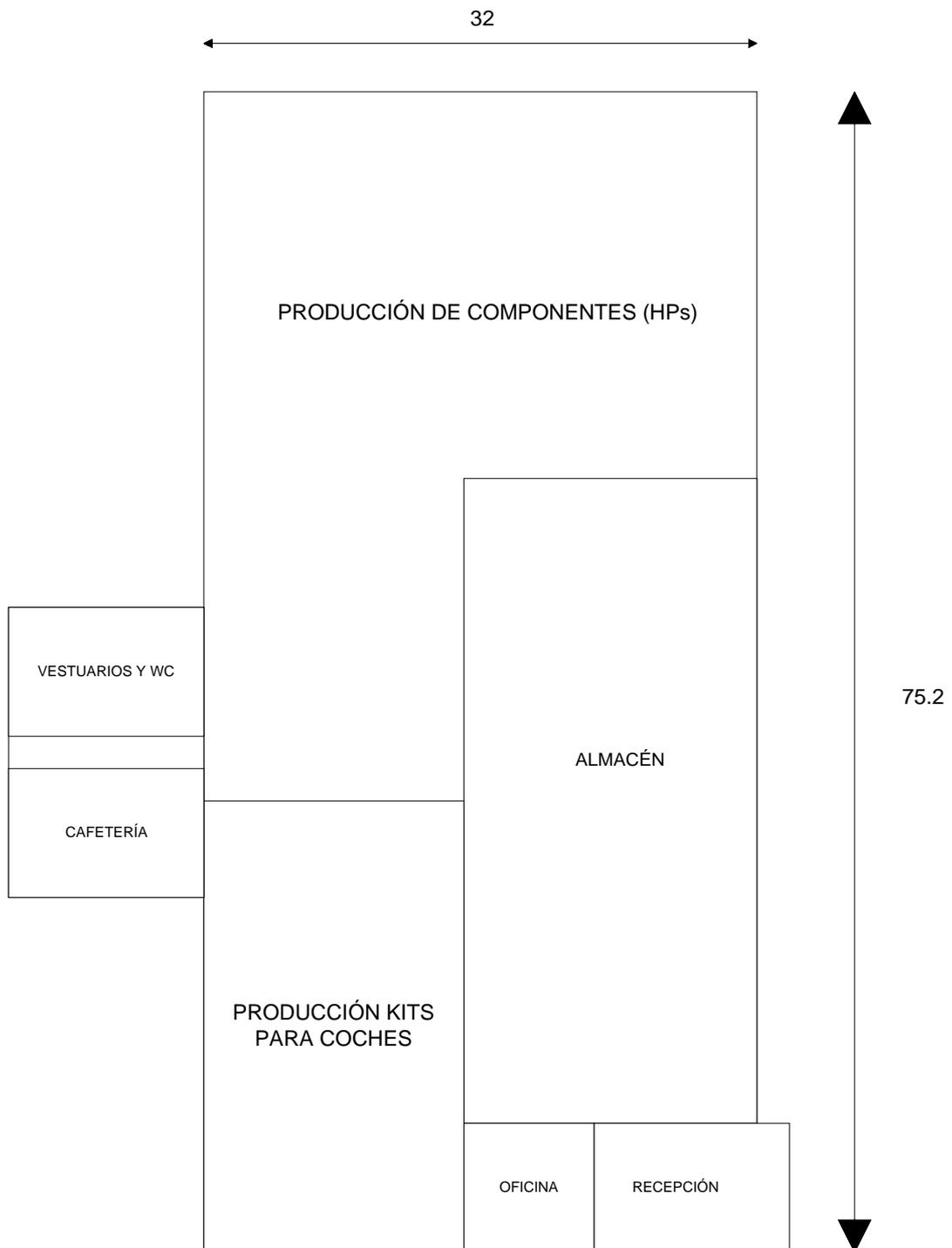


Figura 100. Edificio B

ANEXO V. FOTOS DEL TALLER DE PRODUCCIÓN

Figura 101. Línea actual de montaje



Figura 102. Línea actual, embalaje