



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Título del Trabajo Fin de Grado:

“DISEÑO DE UNA LINEA DE *LAY-OUT* EN LA
EMPRESA SIC-LÁZARO”

Alumno: Álvaro Cruchaga Casado

Director del T.F.G.: Daniel Salcedo Pérez

Pamplona, Junio de 2014

Agradecimientos

Querría expresar mi reconocimiento y agradecimiento a todas las personas que a lo largo de estos cuatro años de carrera me han apoyado y animado en todo momento para llegar hasta donde he llegado. Sin todos ellos hubiese sido mucho más complicado levantarme día a día para seguir luchando.

Un agradecimiento especial a mi tutor de este Trabajo Fin de Grado, Daniel Salcedo, por aceptar ser mi tutor y estar desde el primer momento pendiente para que fuese todo bien. A lo largo de estos meses me ha brindado todas las facilidades y sabios consejos para poder realizar este trabajo de forma satisfactoria.

Quiero mencionar también a la profesora Gurutze Pérez por dejarme asistir a sus clases y darme los consejos y enseñanzas acerca del programa Enterprise Dynamics sin el cual hubiese sido más complicado este proyecto.

No podrían faltar aquí Jose Luis, Andrés y Pablo; tres ingenieros que a lo largo de las prácticas en esta empresa me han enseñado todo lo que han podido, me han dado sabios consejos y me han corregido como si se tratase de una segunda universidad para mí.

Quiero agradecerlo especialmente a mis padres y hermanos que han estado ahí todos los días para apoyarme en lo que hiciese falta, siempre con buenas caras aunque llegase a casa enfadado después de un día de estudio. A mi novia por apoyarme y como no a mis amigos, los que ya tenía y los que he conocido en la universidad, gracias a ellos no han sido solo cuatro años de estudio, hemos tenido momentos inolvidables, tanto en la universidad como fuera de ella.

Resumen:

Este trabajo se desarrolla durante las prácticas en la empresa Sic-Lázaro. En esta fábrica se realizan contrapesos, tanto para ascensores como para maquinaria pesada o catenarias de líneas ferroviarias. El trabajo se centra en la remodelación del *lay-out* de una de las líneas de producción en la cual se realizan los contrapesos para ascensor.

En primer lugar se analizará la producción de la fábrica, viendo desde los materiales utilizados, los productos acabados el control de calidad llevado a cabo o los tiempos de cada proceso. Una vez recopilada toda la información necesaria se analizarán una serie de posibles soluciones de entre las cuales se escogerá la que mejor se amolde a las condiciones de la fábrica.

Por último se analizará la ventaja que aporta este sistema respecto al anterior, se compararán los tiempos de los procesos, el ahorro del segundo respecto del primero y por último los costes e ingresos para realizar un estudio de amortización. Para dar solidez al estudio y poder disponer de más y mejores datos, se ha realizado un estudio con el programa Enterprise Dynamics tanto del *lay-out* actual como del diseñado.

Palabras Clave:

- Diseño del proceso
- *Lay-out*
- Distribución celular
- Contrapeso
- Estudio de tiempos
- Costes y beneficios

INDICE

1. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS.....	5
2. INTRODUCCIÓN	6
2.1. ESTRUCTURACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO.....	6
2.2. EL PROCESO DE FABRICACIÓN EN LA EMPRESA.....	6
2.2.1. LOS PRODUCTOS FABRICADOS.....	6
2.2.2 SISTEMAS DE FABRICACIÓN.....	15
2.2.3 MAQUINARIA NECESARIA.....	27
2.2.4 EL PROCESO.....	28
2.2.5 PLANOS.....	34
2.3. LAY-OUT.....	36
2.3.1 EL CONCEPTO DE LAY-OUT.....	36
2.3.2. DISTRIBUCIÓN CELULAR O ENFOQUE REPETITIVO.....	38
2.3.3. LAY-OUT ACTUAL Y MODIFICADO.....	41
3. DESARROLLO DEL NUEVO LAY-OUT.....	47
3.1. DATOS DE PARTIDA.....	47
3.1.1 MATERIA PRIMA.....	47
3.1.2. PRODUCTOS.....	50
3.1.3. LA PRODUCCIÓN EN LA FÁBRICA.....	59
3.1.4. CLIENTES.....	70
3.1.5. TIEMPO DEL PROCESO.....	71
3.1.6. PEDIDOS.....	84
3.1.7. CONTROL DE CALIDAD.....	88
3.2. NUEVO LAY-OUT.....	90
3.2.1. UBICACION.....	90
3.2.2. MAQUINARIA.....	105
3.2.3. OPERARIOS.....	111
4. SIMULACIÓN DE LOS LAY-OUTS.....	113
5. PRESUPUESTO.....	127
5.1. ESTIMACION DE COSTES Y BENEFICIOS.....	128

5.2. DIAGRAMA DE EQUILIBRIO ENTRE COSTE E INGRESOS.	130
6. CONCLUSIONES.	132
7. DESARROLLOS FUTUROS.....	133
8. BIBLIOGRAFÍA	134

1. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS.

Este proyecto se ha realizado en la empresa Sic Lázaro, es una empresa dedicada a la fabricación de contrapesos industriales que se fundó en Corella en 1978. En la actualidad la empresa dispone de otras fábricas en Italia, Polonia, China, Brasil, Francia o Estados Unidos para repartir su producción y ahorrar costes de envío. Su principal producto son los contrapesos para ascensores, cubren la mayor parte de la demanda Española y parte de la europea. Se fabrican también otro tipo de contrapesos para maquinaria pesada como excavadoras o carretillas elevadoras y contrapesos para catenarias.

Como se ha mencionado, su principal producto son los contrapesos para ascensores, debido a la variedad de clientes y en especial de piezas, tras su fabricación estas se almacenan en una campa y posteriormente se mezclan a mano acorde con los pedidos, para ello se deben llevar todas las piezas hasta una zona de mezclado manual. Esta serie de operaciones de carga y descarga de pallets, sumado al esfuerzo que realizan los operarios repercute en una pérdida de tiempo importante, de forma que si se evitase se ahorrarían costes innecesarios. Es por esto que la empresa se plantea realizar alguna modificación en el proceso y diseñar una nueva línea de *lay-out* de forma que se eviten movimientos con la carretilla y tiempo perdido que se pueda ahorrar.

De lo comentado anteriormente surge la necesidad de este proyecto, mediante el cual se tratará de evaluar la magnitud del problema, analizar las condiciones actuales del sistema de fabricación, variables como: el número de operarios, la maquinaria necesaria, los productos producidos o las dimensiones de cada área entre otros factores. Con todo ello se evaluarán unas soluciones de entre las cuales se elegirá la que mejor satisfaga las necesidades de la fábrica.

Simultáneamente con la realización del proyecto se pretende que la práctica en la empresa sirva como toma de contacto del mundo laboral e industrial con un enfoque de carácter profesional.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. ESTRUCTURACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO.

Este proyecto fin de grado se va a estructurar en tres apartados principalmente, estos serán la evaluación de la situación actual en la fábrica, desarrollo del concepto de *lay-out* y por último el desarrollo del nuevo *lay-out* con el cual se tratará de optimizar la producción.

El funcionamiento de una empresa depende de una gran cantidad de factores los cuales tienen que estar relacionados entre sí. La materia prima que entra a la fábrica, los tiempos de producción de cada máquina, el número de pedidos de los clientes, la calidad del producto acabado y muchos más factores. Es por ello que el diseño de un *lay-out* que se amolde a las necesidades buscadas y a la propia fábrica hará que esta funcione mejor.

Más adelante se hablará del *lay-out*, veremos que existen distintas configuraciones en función de cómo se organice la fábrica. No es lo mismo por ejemplo que el producto vaya avanzando por una cadena y los operarios van realizando su tarea sin moverse del puesto que por ejemplo un producto más detallado y que requiere mayor trabajo manual en el cual los operarios se van moviendo en torno al producto para crearlo. Estas son formas de distribución de la producción y se debe evaluar cuál es la más favorable para cada empresa y producto fabricado.

En el último punto del trabajo se buscarán soluciones más eficientes para el tipo de producción presente en la fábrica, se realizaran simulaciones y estudios de tiempos, viendo de esta forma el ahorro que supondrá la nueva configuración.

2.2. EL PROCESO DE FABRICACIÓN EN LA EMPRESA.

2.2.1. LOS PRODUCTOS FABRICADOS.

En la fábrica de Corella se producen simultáneamente contrapesos para ascensores, maquinaria pesada y catenarias de líneas ferroviarias. Cada producto tiene un sistema de producción específico acorde a la función que ha de desarrollar en un futuro. Hay productos que se fabricaban en esta fábrica pero que por razones económicas se ha desplazado la producción a fábricas de otros países de forma que, por un lado esa fábrica se encuentre más cerca del lugar de envío siendo así el transporte más barato y por otro lado la producción puede ser más barata.

CONTRAPESOS PARA ASCENSORES

Su principal producto son los contrapesos para ascensores, la mayoría de elevadores tienen un contrapeso, estos tienen una masa igual a la de la cabina sumada a la mitad de la carga máxima autorizada, de esta forma el motor no tiene que mover toda la masa de la cabina, sino solo una fracción. Debido a ello, un ascensor vacío, pesa menos que el contrapeso. Su función exactamente es equilibrar la carga para facilitar el trabajo del motor y no forzarlo demasiado al mover una determinada carga. Ya que este es el producto más fabricado, se explicará el funcionamiento del ascensor.

Uno de los temas de más relevancia dentro del tráfico de personas y cargas en cualquier edificación es el transporte vertical. Hoy en día todas las edificaciones están condicionadas por el ascensor, el montacargas, la escalera mecánica y el andén móvil hasta el punto que es difícil imaginarse cualquier tipo de construcción sin algún tipo de los elementos de transporte vertical anteriormente citados.

Dentro de todos estos elementos de transporte vertical, se dará una breve introducción y una clasificación de los diferentes tipos de ascensores que se pueden encontrar en la actualidad, así como una descripción de los principales elementos que los componen. Un ascensor o elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes niveles. Puede ser utilizado ya sea para ascender o descender en un edificio o una construcción subterránea. Se conforma con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad. Las escaleras mecánicas se distinguen de los ascensores en que el transporte entre dos pisos se realiza con una inclinación con respecto al eje vertical.

Los ascensores eléctricos son los más utilizados en la mayoría de las instalaciones. Tradicionalmente, el accionamiento de un ascensor eléctrico se consiguió mediante un grupo motor acoplado a un reductor de velocidad, en cuyo eje de salida va montada una polea acanalada que arrastra los cables por adherencia, o bien un tambor en el que se enrollan dos cables, aunque este último sistema ya prácticamente no se utiliza. Este tipo de ascensores necesitan de un cuarto de máquinas donde se encuentra el sistema de tracción. Generalmente está situado en la azotea o en el último piso.

Un ascensor eléctrico consta principalmente de los elementos siguientes:

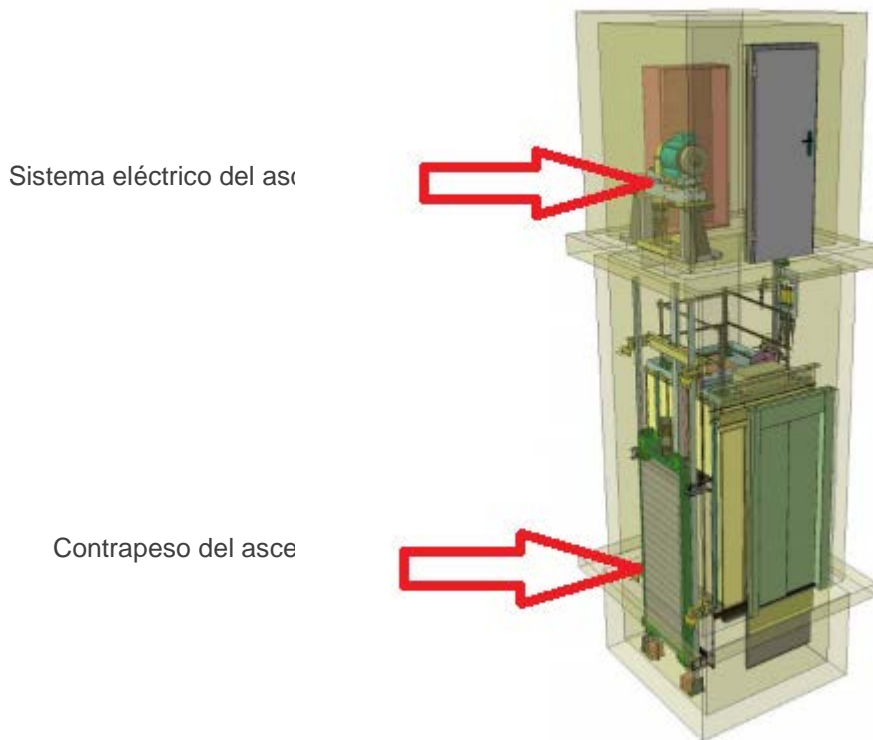
- Hueco del ascensor: Espacio por el que se desplazan la cabina y el contrapeso sin que pueda ser utilizado para ninguna otra instalación ajena al ascensor.
- Cuarto de máquinas: Local especialmente adecuado para ubicar la máquina de tracción, sus cuadros de maniobra, las poleas de desvío y el limitador de velocidad.
- Cabina: Elemento portante del aparato elevador, donde viajan los pasajeros. Es un conjunto cerrado formado por las paredes, el suelo, el techo y las puertas de cabina.

Tanto la cabina, el contrapeso o masa de equilibrado son soportadas por una estructura metálica denominada estribo o chasis.

- Contrapeso: Equilibra la carga de la cabina para reducir considerablemente el peso que debe arrastrar el grupo tractor, disminuyendo así la potencia necesaria para elevar la cabina.
- Máquina de tracción tradicional: Responsable de la subida y bajada del ascensor. Está conectada a la cabina del ascensor y al contrapeso mediante los cables de tracción. Sus elementos son los siguientes:
 - Motor eléctrico: Encargado de suministrar la potencia al conjunto.
 - Reductor de velocidad: La velocidad de giro del motor se reduce aproximadamente en 1/10 empleando un reductor de velocidad con tornillos sin fin o helicoidales y se transmite a la polea de tracción de la máquina de tracción.
 - Freno electromecánico: Freno capaz por sí solo de detener la máquina cuando la cabina desciende a su velocidad nominal con su carga nominal aumentada en un 25%.
 - Polea de tracción: Incorporada al grupo tractor y debe ser capaz de soportar los esfuerzos que le transmiten los cables de suspensión, y transmitirle a su vez la tracción necesaria a este por medio de adherencia.
 - Poleas de desvío: Se utilizan para situar los cables de suspensión de la cabina y del contrapeso a la distancia necesaria, garantizando que el ángulo de abrace de los cables en la polea de tracción sea suficiente para que exista la adherencia requerida.
 - Ejes, acoplamientos y rodamientos.
 - Carcasa metálica: Cubre el grupo tractor para evitar la entrada de suciedad y la proyección de alguna partícula de material de desgaste.
 - Guías: componentes Rígidos destinados a guiar la cabina, el contrapeso, o la masa de equilibrado.
 - Rodaderas o apoyos deslizantes: Apoyos que se fijan en la parte superior e inferior del bastidor de cabina y que guían tanto a la cabina como al contrapeso por las guías.
 - Circuito de paracaídas: Componente de seguridad (sólo en situaciones de emergencia) más importante del ascensor que permite detener la cabina en caso de que se produzca la rotura de los cables de suspensión o un exceso de velocidad. Está compuesto por el limitador de velocidad, la polea tensora, el paracaídas y el cable de accionamiento del paracaídas.
 - Amortiguadores: Dispositivos diseñados para detener una cabina en descenso que esté más allá de su límite normal de viaje almacenando, absorbiendo o disipando la energía cinética de la cabina.

- Elementos de suspensión: La cabina y el contrapeso deben estar suspendidos por cables de acero, correas o cadenas de acero de eslabones paralelos o de rodillos. El número mínimo de cables o cadenas debe ser dos y estos deben ser independientes.
- Instalación eléctrica: Conjunto de cables y canalizaciones eléctricas para asegurar la conexión entre los diferentes componentes eléctricos.
- Sistema de control: Garantiza que el funcionamiento del ascensor se realice de manera segura para los pasajeros. Recibe e interpreta las órdenes provenientes de los usuarios y las revierte a los distintos componentes del ascensor para que satisfagan el servicio solicitado.

Documento consultado en: Blanco Blázquez V. Modernización de una instalación existente de ascensores; Disponible en la bibliografía [2]



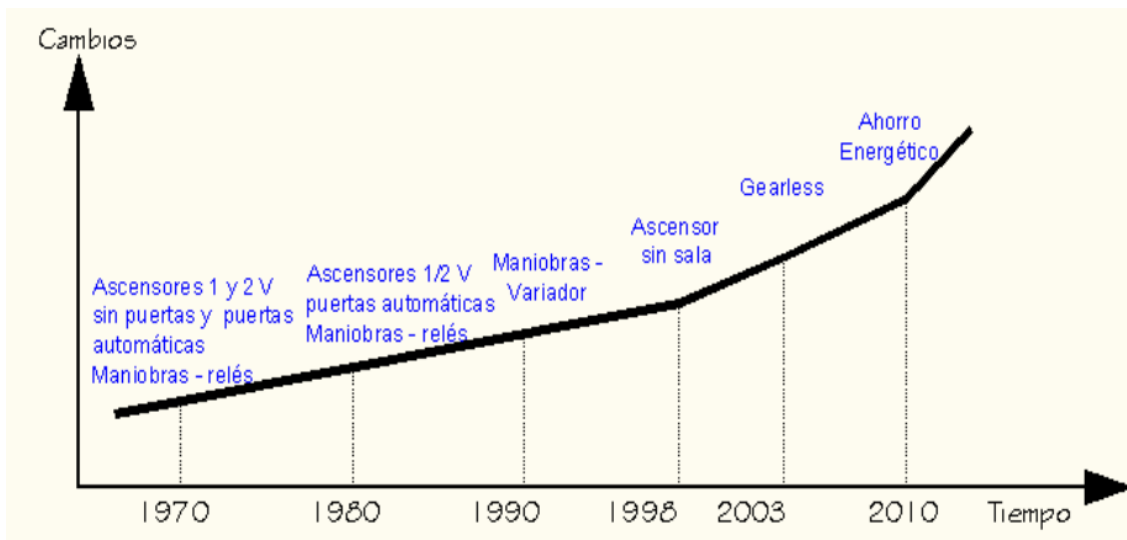


Ilustración 22: evolución técnica del ascensor

Como vemos en esta imagen la tecnología relacionada con el ascensor ha evolucionado en los últimos años, esta y otras empresas que fabrican partes del ascensor se han tenido que amoldar y realizar mejoras acordes con esta evolución.

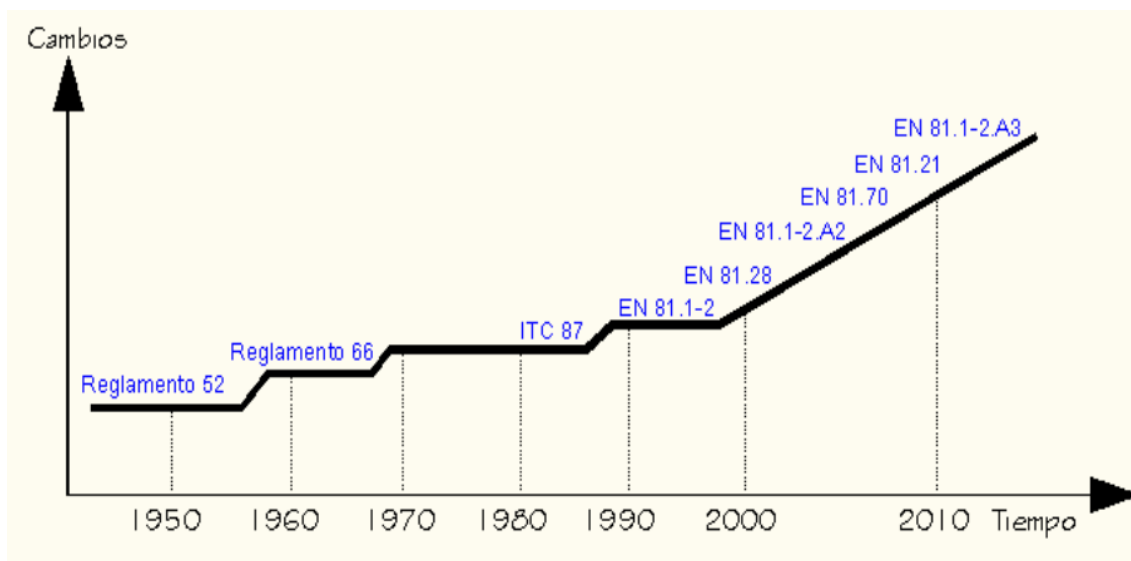


Ilustración 3: Evolución en la normativa del ascensor

Al igual que en el aspecto técnico, en lo que se refiere a normativa también se ha evolucionado, especialmente desde el año 2000.

Este tipo de contrapesos pueden ser de distintos materiales en función del espacio que se tenga para introducirlo, del coste que se desea gastar o de la forma de la caja donde se colocaran los contrapesos. Actualmente, en función del material se están haciendo contrapesos de acero, hormigón y plomo.

Las piezas de acero se pueden producir de diferentes maneras, esto varía según el tamaño, espesor y la densidad del acero que les llega a la fábrica. En caso de que el acero sea de mucho espesor o de una alta densidad se procede a cortar mediante oxicorte, Si la densidad y el espesor lo permiten se corta con cizalla. Este segundo método de corte resulta más rentable ya que para su utilización se requieren menos operarios.

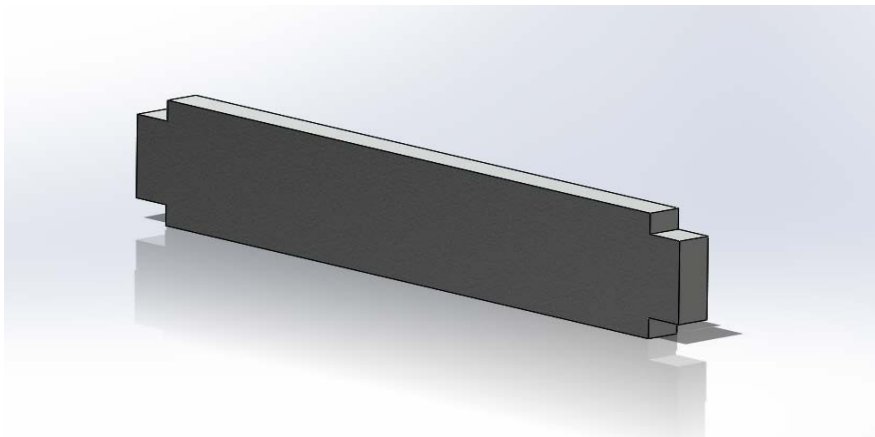


Ilustración 4: Contrapeso de acero

Los contrapesos de hormigón se realizan mediante una compactadora; como he mencionado antes, se requieren distintas densidades de producto en función del espacio del que disponemos en el ascensor, por ello de este material se producen piezas de hormigón puro y por otro lado realizan bloques de hormigón mezclado con “pm”, que es una mezcla de virutas de hierro con algún material más de elevada densidad. Esto permite elevar la densidad de 2300kg/m^3 que tiene el hormigón habitual a 3500kg/m^3 .

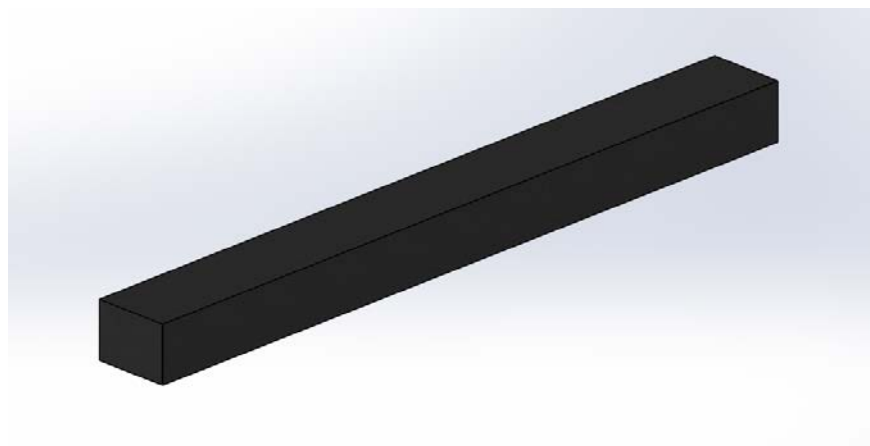


Ilustración 5: Contrapeso de hormigón.

Por último encontramos los de plomo, estos se fabrican mediante fundición y colado en un molde con la forma deseada del contrapeso, son utilizados para aumentar el peso en el mínimo volumen posible gracias a su elevada densidad de 11350 kg/m^3 .

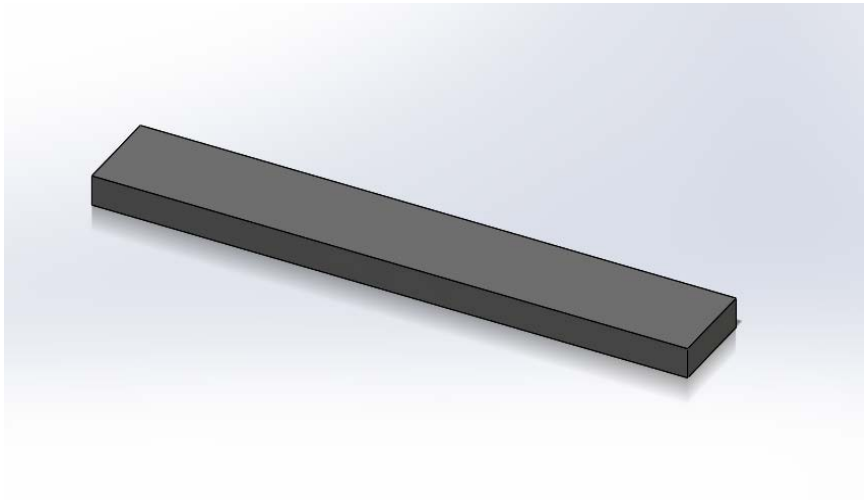


Ilustración 6: Contrapeso de plomo.

CONTRAPESOS PARA CATENARIA

Además de los contrapesos para ascensores, que es posiblemente el producto más fabricado aquí, se realizan al mismo tiempo contrapesos para las catenarias de las líneas ferroviarias. Estos sirven para mantener en tensión las líneas del tendido eléctrico y que al pasar el tren vaya tocándola. Estos son unos tubos rellenos de hormigón con unas argollas para colgarlos del tendido y su peso ronda los 400 o 500 kg. Estos contrapesos se realizan a partir de unos cilindros de acero que se cortan a la longitud deseada. Una vez cortado se le coloca un bulón por el centro que será del cual se cuelgue posteriormente de la catenaria. También se le coloca una oreja para pasarle un cable por ahí y mantener su verticalidad cuando está colgado. Por último se rellena de hormigón hasta conseguir el peso deseado.



Ilustración 7: Contrapeso de catenaria.

Los cables conductores que forman la catenaria (sustentador e hilos de contacto) se ven sujetos a variaciones de longitud debidas a la dilatación térmica producida por los cambios de temperatura. Al variar la longitud de los cables, la geometría de la catenaria se modifica, aumentando la flecha de los cables al elevarse la temperatura.

Este efecto es indeseable para la calidad de captación del pantógrafo, por lo cual se instalan elementos de regulación automática de la tensión mecánica. El elemento más sencillo para evitar este efecto, y el más efectivo es la instalación de un equipo de contrapesos que tiran del cable manteniendo constante su tensión mecánica, lo cual mantiene constante la geometría del mismo.

Para disminuir el número de contrapesos necesarios se instala algún dispositivo que multiplique la efectividad del contrapeso. Los dispositivos utilizados fundamentalmente en este

método son las poleas de ejes solidarios (concéntricas) y los sistemas de poleas de ejes paralelos (polipastos).

CONTRAPESOS PARA MAQUINARIA.



Ilustración 8: Contrapeso de carretilla

Por último se realizan aunque en pequeña cantidad contrapesos para las grúas y hasta hace poco se realizaban en esta fábrica contrapesos para maquinaria pesada como excavadoras. La producción de este producto se ha trasladado a otra fábrica abaratando de esta forma el transporte de los contrapesos.



Ilustración 93: Contrapeso excavadora

2.2.2 SISTEMAS DE FABRICACIÓN.

Como ya he hablado anteriormente en la fábrica se realizan simultáneamente contrapesos de hormigón y de acero principalmente. Para producir las piezas de acero la empresa compra grandes planchas de acero producidas mediante laminación. Como la única condición del producto es que pese, no es necesario que el material tenga mucha calidad, por ello se compran los primeros y últimos metros de cada laminación que al ser de menos calidad resultan más baratos. El único inconveniente es que hay que evaluar el material, su densidad, planitud etc. y según como sea será necesario cortarlo con el oxicorte o cizalla en caso de que la densidad no sea muy alta. Por otro lado para realizar las piezas de hormigón se utiliza una compactadora.

OXICORTE.

Documentos consultados: López Martínez A. Área de ingeniería mecánica (Universidad de Almería) Manual teórico práctico de oxicorte; Disponible en la bibliografía [6] y "Ingemeconica"; Disponible en la bibliografía [10]

En una reacción de combustión son necesarios tres elementos: el combustible (a su temperatura de ignición), el comburente (en una mínima proporción), y un agente iniciador. En oxicorte, el combustible es el Fe, el comburente el O_2 y el agente iniciador la llama del soplete. En condiciones normales, aunque apliquemos un agente iniciador a una pieza de acero, ésta no arde espontáneamente; el Fe contenido no está a su temperatura de ignición (aproximadamente $870^{\circ}C$) y el O_2 atmosférico no es lo suficientemente puro (se necesita un 99.5% de O_2 para quemar el Fe).

Así, el soplete tiene tres funciones: precalentar el Fe contenido en el acero a su temperatura de ignición, aportar una atmósfera envolvente con una proporción adecuada de O_2 y generar el agente iniciador.



Ilustración 104: Llama de precalentamiento

Se pueden realizar con distintos gases e hidrocarburos, los más usados en la industria son las mezclas oxígeno-acetileno y oxígeno-hidrógeno. También es común el uso de la mezcla oxígeno-propano en las industrias españolas.

El acetileno e hidrógeno se denominan combustibles, son los responsables de producir la llama de precalentamiento junto al oxígeno. A este último se le denomina comburente, y debe ser siempre el oxígeno que permite la oxidación del metal.

Las boquillas de oxicorte presentan dos salidas:

- Un orificio central por el que sale oxígeno de alta pureza a una determinada presión (Oxígeno de Corte).
- Un orificio circular, concéntrico al anterior, por el que sale la mezcla de oxígeno y acetileno que producen la llama de precalentamiento.

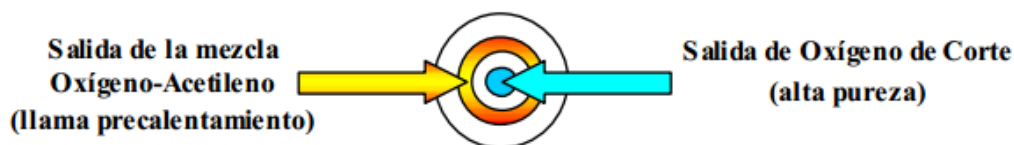
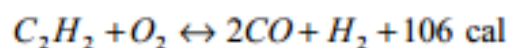


Ilustración 11: Vista frontal de una boquilla de oxicorte

La llama de precalentamiento (con el ajuste adecuado de la presión y caudal de los gases) tiene como finalidad el elevar la temperatura de la pieza (en un punto localizado) hasta alcanzar su temperatura de ignición. El metal se torna en un color naranja brillante y pueden verse algunas chispas saltar de la superficie. Posteriormente, se activa el aporte extra de oxígeno a presión por la boquilla central (Oxígeno de Corte), consiguiendo dos efectos: la oxidación del metal y la retirada del material fundido y oxidado fuera de la pieza. Una vez iniciado el corte, la reacción de oxidación del Fe es altamente exotérmica, y esa enorme cantidad de energía desprendida en la reacción ayuda a llevar las zonas colindantes a la temperatura de ignición, y poder así progresar en la acción del corte.

La producción de calor se basa en la siguiente reacción:



La molécula de acetileno se compone de dos átomos de carbono unidos por un triple enlace y dos átomos de hidrógenos dispuestos de forma simétrica (C_2H_2). Esta reacción aporta:

- Gran cantidad de energía liberada.
- Llama de alta temperatura.
- Velocidad de ignición.

Estas características hacen que el proceso tenga un elevado rendimiento, cuyas características principales y factores que se deben controlar en el proceso de corte son:

- Presión de los gases (oxígeno de precalentamiento, oxígeno de corte y acetileno).
- Volumen de mezcla de gases: la válvula del oxígeno de corte se abre completamente; la apertura de las válvulas del oxígeno de precalentamiento y del acetileno se deben regular para cada tipo de boquilla y según el espesor del material a cortar.
- Distancia entre boquilla y pieza (parámetro que se regula al instalar la máquina y rara vez se modifica).
- Tiempo de precalentamiento: es el tiempo que necesita la llama de precalentamiento para que el material a cortar alcance la temperatura de ignición (depende del tipo de boquilla, del tipo de material y del espesor del material).
- Tipo de boquilla de corte (depende del espesor del material a cortar).
- Velocidad de corte (velocidad lineal del soplete durante el corte): depende del tipo de boquilla, material a cortar y de la regulación de los gases.
- Ancho de corte o sangría (kerft): antes de realizar el corte de cualquier pieza se debe conocer la ranura que el soplete provoca en el material al cortarlo. Esta ranura se debe tener en cuenta (sobre todo cuando trabajamos en modo automático) para que las dimensiones de la pieza final sean las deseadas. En el panel de control de la máquina se introduce el valor de la sangría de corte. Cuando la máquina funciona en modo automático, ésta desplaza el soplete hacia el exterior o el interior de la línea de corte (depende del lado que sea nuestra pieza) la mitad del valor introducido como sangría de corte (Ilustración 13).

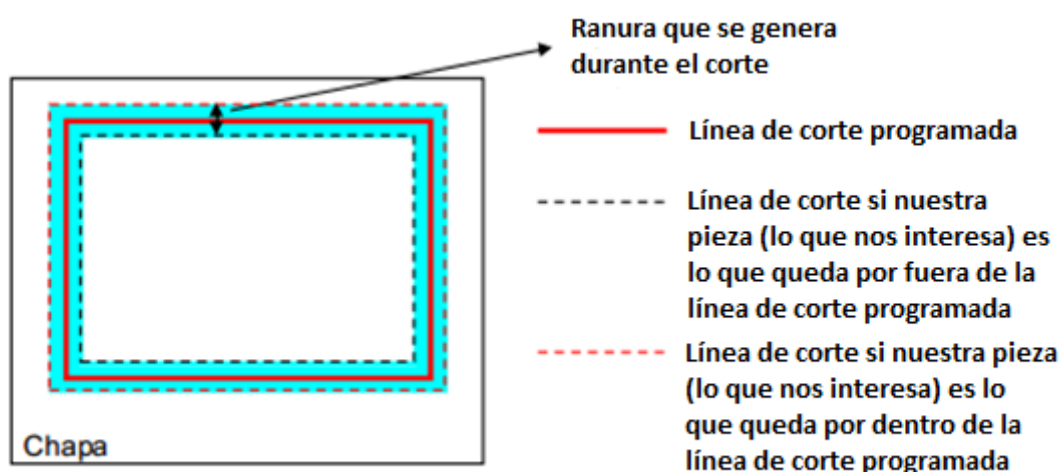


Ilustración 12: Representación del desplazamiento del soplete en función de la ranura de corte (kerft)

El proceso llevado a cabo desde que el cliente les pide un nuevo formato de pieza es el siguiente. En primer lugar se dibuja la pieza dándole unos márgenes ya que el soplete del oxicorte se comerá parte del material. Una vez dibujada, se utiliza un programa con el cual se recrea el recorrido que seguirá el soplete cortando la pieza. Veremos que en función del tamaño de la pieza, ancho y largo de corte, se utilizará una forma u otra de corte.

Una vez diseñado el corte este se convierte a un formato de CNC y se le manda al oxicotista, este evaluará las distintas formas de corte posibles y elegirá la mejor según el tamaño de la pieza.

En la nave se dispone de dos cuatro mesas de oxicorte y en cada una se realizan distintos tipos de piezas. Las piezas se pueden cortar dejando una sangría entre pieza y pieza o sin esta sangría, esto va en función del ancho de la pieza ya que al ser planchas muy largas de metal, si son estrechas las piezas y no se deja un espacio en medio saldría la pieza deformada. La forma de cortar las piezas se puede dividir de dos formas, en primer lugar si cada soplete hace dos piezas contiguas una detrás de otra o si solo hace una pieza cada soplete, por otro lado también podemos dividirlos en que sean con o sin sangría, esto es un espacio de material que se deja entre pieza y pieza o entre dos piezas.

Por lo tanto nos encontramos con que hay 4 formas de corte: 1 con sangría, 1 sin sangría, 2 con sangría y 2 sin sangría.

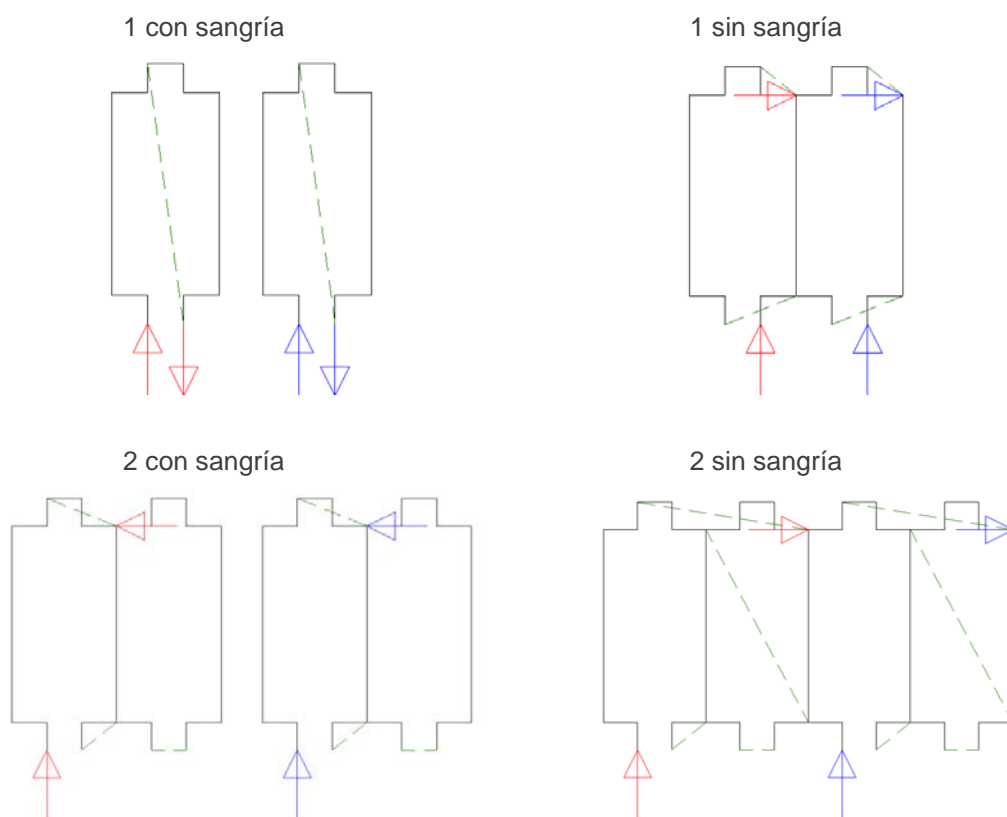


Ilustración 13: recorrido de los oxicortes

Las flechas rojas representan el recorrido del soplete 1, las flechas azules el del soplete 2 y la línea discontinua representa el recorrido del soplete en vacío, es decir sin cortar.

Para piezas con ancho igual o mayor a 130 mm se usa 1 con sangría o 1 sin sangría. No se puede utilizar esta forma de corte para un ancho menor ya que al estar tan cerca los sopletes y ser las piezas muy largas, se doblan al cortarlas y no mantienen la anchura que queremos.

Para piezas con anchura menor de 130 mm lo que se hace es que cada soplete corta dos piezas, de esta forma se consigue una distancia mayor entre los sopletes y que se mantengan las dimensiones. Gracias a la sangría se evitan estos problemas.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
D1	-	X	-	O	O	-	O	-	X	-	-	-	-	-	-
D2	-	-	-	X	-	-	-	-	O	-	-	X	-	-	-
D3	O	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-
D4	X	-	-	O	O	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D5	X	-	-	O	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
D6	-	-	-	O	-	O	-	-	-	-	-	X	-	-	-
D7	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D8	X	-	-	-	-	O	-	O	-	-	-	-	O	-	-
D9	X	-	-	-	-	O	-	-	-	-	-	-	O	-	-
D10	-	X	-	-	O	-	-	-	-	O	X	-	-	X	X
D11	X	O	-	-	O	-	-	-	-	O	-	-	-	X	X
D12	-	X	-	-	-	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D13	X	O	-	X	-	-	-	O	-	O	-	-	X	O	O
D14	X	-	X	-	O	-	-	-	O	-	-	-	-	-	-
D15	X	-	X	-	-	-	-	-	-	O	-	-	-	-	-
D16	X	-	-	O	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X

Ilustración 5: Tabla de defectos y causas

A continuación se incluye una tabla a modo de resumen donde se recogen los defectos más comunes que pueden aparecer después de realizar el corte y la posible causa:

Donde,

X, se refiere a la causa más probable;

O, se refiere a otras causas posibles.

A continuación se relacionan los defectos posibles y causas según la tabla anterior.

D1, Borde superior derretido;	C1, Velocidad muy alta;
D2, Borde superior con escorias;	C2, Velocidad muy baja;
D3, Borde superior redondeado;	C3, Velocidad no uniforme;
D4, Anchura reducida en la zona inferior del corte;	C4, Boquilla lejos de la chapa;
D5, Anchura aumentada en la zona inferior del corte;	C5, Boquilla muy cerca de la chapa;
D6, Corte en el borde superior;	C6, Boquilla gastada, dañada o sucia;
D7, corte en el borde inferior;	C7, Boquilla demasiado grande;
D8, Superficie de corte arqueada;	C8, Boquilla demasiado pequeña;
D9, Superficie de corte ondulada;	C9, Llama muy fuerte;
D10, Desperfectos de corte aislados;	C10, Llama muy débil;
D11, Desperfectos de corte uniformes;	C11, Retroceso de llama;
D12, Desperfectos de corte en la zona inferior;	C12, Presión de oxígeno muy alta;
D13, Escorias adheridas al borde inferior;	C13, Presión de oxígeno muy baja;
D14, Ranuras grandes y profundas;	C14, Superficie con restos de óxidos;
D15, Ranuras con profundidad desigual.	C15, Superficie sucia
D16, Se interrumpe el corte	

MAQUINA DE CORTE.

Documento consultado en: Geka ironworkers; Disponible en la bibliografía [9]

El corte es otro proceso de corte utilizado en la fábrica para el corte del acero. Este se va cortando con un filo a la longitud que se quieren las piezas. La cizalla que se está utilizando actualmente es la Hydracrop 110/s, esta consta de 2 cilindros hidráulicos independientes y se puede utilizar para punzonado, entallado, cizalla de perfiles, corte de pletinas o corte de barras de sección circular o cuadrada y perfiles en L.

Este tipo de máquinas tiene unos componentes que están presentes en todas ellas.

- Bancada: Pieza de fundición sobre la que descansa la máquina.
- Bastidor: Pieza de hierro que se apoya sobre la bancada y soporta la cuchilla y el pisón.
- Mesa: Pieza de hierro sobre la que se apoya el material a cortar y a la que pueden fijarse accesorios como guías o escuadras.
- Pisón: Pieza de fundición que presiona y sujeta el material sobre la mesa de trabajo antes de efectuarse el corte.
- Corredora o porta-cuchilla: Pieza que se desplaza verticalmente a la mesa y aloja a la cuchilla móvil.
- Cuchilla móvil: Pieza de acero unida a la corredera diseñada para cortar el material.
- Cuchilla fija: Pieza de acero unida a la mesa y diseñada para cortar.
- Grupo hidráulico o sistema mecánico: Sistemas que permiten el funcionamiento de los diferentes órganos de la máquina.
- Dispositivo de accionamiento: Elemento de mando de la máquina que puede ser manual o con el pie. (Pulsador, pedal, barra, etc.).

La técnica del proceso consiste en:

- Colocación sobre la mesa de la chapa a cortar y situación de la chapa en posición de corte (operación que se realiza con la ayuda de reglas graduadas situadas en los soportes delanteros y la galga de tope trasero o bien con la lectura de indicadores automáticos).
- Accionamiento de la corredera, (con lo que descienden automáticamente el pisón y la cuchilla, ésta con un retraso sobre el pisón y se efectúa el corte de la chapa).
- La chapa una vez cortada cae por la parte posterior de la máquina al suelo o bien dentro de un sistema de recogida dispuesto para tal fin y la corredera queda inmovilizada en el punto superior.

- Un nuevo ciclo puede ser iniciado.

Características

Cizalla - punzonadora de 2 cilindros hidráulicos independientes, 2 puestos y 5 estaciones de trabajo:

- punzonado (1100 kN de potencia)
- entallado
- cizallado de perfiles L (1800 kN de potencia)
- corte de pletinas
- corte de barras \varnothing y \square y perfiles en L

Además de las virtudes de la HYD 80, este modelo es muy aconsejable para el punzonado y corte de placas de anclaje.

Se recomienda equipar con un "kit de producción". Este es un completo lote de accesorios que incluye: tope automático de 1 m., 10 juegos de punzones y matrices y una lámpara halógena.

VERSIÓN S

- Máquinas accionadas por dos cilindros.
- 5 puestos de trabajo, equipados con utillajes para corte de L , barras \varnothing y \square , entallado rectangular y punzonado.
- Cambio rápido de punzón.
- Mesa de corte de llanta con guías orientables.
- 2 puestos de trabajo simultáneos.
- Mayor velocidad desarrollada por un potente grupo hidráulico.
- Equipo especial de aproximación a presión reducida y velocidad lenta.
- Amplia mesa de punzonado con topes milimetrados.
- Amplia mesa de entallado con topes milimetrados.
- Preparado para "Kit de producción" compuesto de:
 - Tope eléctrico de un metro de longitud con ajuste fino.
 - Lámpara para mejor visión de las zonas de corte.
 - 10 juegos de punzón y matriz redondos.

Ilustración 6: características de la cizalla usada en la fábrica.

En estas dos tablas se presentan las capacidades de procesamiento de la Hydracrop 110/s



HYDRACROP 110/180	
CAPACIDADES	
Corte de Pletina	600 x 15 mm 400 x 20 mm
Punzonado	Ø 40 x 20 mm. Ø 28 x 28 mm.
Corte de L a 90°	152 x 152 x 13 mm
Corte de barras macizas	Ø 50 mm Y =50 mm
Entallado rectangular	90 x 52 x 13 mm

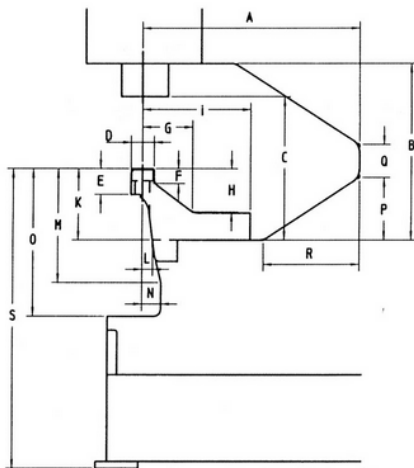
Ilustración 7: Capacidades de corte y mecanizado de esta herramienta

Información más detallada de la maquina usada.

		55/110 S, SD	80/150 S, SD	110/180 S, SD	165/300 S, SD	220/300 S, SD
*La primera cifra indica toneladas métricas en lado punzón. *La segunda, toneladas métricas, en puesto de corte de L.						
CIZALLA PARA LLANTAS						
Llanta poco deformada	mm	300x15	450x15	600x15	750x20	750x20
	mm	200x20	300x20	400x20	400x30	400x30
Largo de cuchillas	mm	305	475	605	765	765
Barra cuadrada	mm	25	-	-	-	-
Altura de trabajo	mm	880	850	960	870	870
CIZALLA PARA PERFILES						
Fuerza de corte	kN	1100	1500	1800	3000	3000
L a 90 ° corte sin deformación	mm	120x120x10	130x130 x13	152x152x13	205x205x18	205 x205x18
L a 45 °	mm	70x70x7	70x70x7	70x70x7	70x70 x 7	70x70x7
CON CUCHILLA ESPECIAL						
L a 90 ° (corte poca deformación)	mm	130x130x13	152x152x13	160x160x16	205x205x25	205x205x25
CIZALLA PARA BARRAS						
Barra redonda ø	mm	40	45	50	60	60
Barra cuadrada	mm	40	45	50	60	60
CON CUCHILLAS ESPECIALES						
Perfiles UPN	mm	120	140	160	180	180
Perfiles IPN	mm	120	140	160	180	180
ENTALLADO						
En chapa de espesor	mm	10	12	13	16	16
L de	mm	100	100	100	120	120
Profundidad	mm	90	90	90	110	110
Ancho	mm	42	52	52	58	58

PUNZONADO							
Fuerza de punzonado		kN	550	800	1100	1650	2200
Capacidad máxima con cambio rápido y base matriz, cuello de cisne		mm	∅ 40x10	∅ 40x14	∅ 40x20	∅ 40x30	
		mm	∅ 20x20	∅ 24x24	∅ 28x28	∅ 34x34	∅ 40x40
Escote	S	mm	250	300	300	510	385
	SD	mm	500	500	610	610	475
Recorrido		mm	60	70	80	100	100
Altura de trabajo		mm	1085	1095	1165	1110	1110
ESPECIFICACIONES GENERALES							
Número de ciclos completos (20 mm. de carrera)			37	40	28	31	26
Motor:		kW	5	9	9	15	15
Peso neto aprox. con paquete de producción:	S	kg	1390	2070	2750	5200	5900
	SD	kg	1750	2400	3300	6300	7000
Peso bruto:	S	kg	1598	2323	3162	5980	6785
	SD	kg	2012	2760	3795	7245	8050
Dimensiones del embalaje:	S	m	1,67x1,16x2,09	2,13x1,20x2,05	2,13x1,20x2,20	2,83x1,60x2,20	2,88x1,60x2,40
	SD	m	2,10x1,16x2,09	2,31x1,2x2,05	2,69x1,4x2,20	2,95x1,60x2,20	3,04x1,60x2,40
Volumen embalaje marítimo:	S	m3	4,04	4,72	5,62	10	11,06
	SD	m3	5,09	6,68	8,28	10,38	11,67

Ilustración 8: Información detallada de la máquina.



Punching station dimensions

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
HYDRACROP 55	S	254	350	280	65	57	33	120,5	81	233,5	137	25	208	35	233	72	268	125	1066
	SD	508	350	280	65	57	33	120,5	81	233,5	137	25	208	35	233	99	110	170	1066
HYDRACROP 80	S	305	370	300	65	64	31	123	89	253,5	144	25	234	45	304	120	250	120	1094
	SD	510	370	300	65	64	31	123	89	253,5	144	25	234	45	304	130	70	225	1094
HYDRACROP 110	S	305	395	325	79	81	40	140,5	96	267	161	25	256	45	311	120	275	120	1151
	SD	610	395	325	79	81	40	140,5	96	267	161	25	256	45	311	150	72	260	1151
HYDRACROP 165	S	510	450	380	85	79	47	158	104	322	200	25	369	45	450	160	80	160	1110
	SD	610	450	380	85	79	47	158	104	322	200	25	369	45	450	150	100	260	1110
HYDRACROP 220	S	385	470	400	85	79	47	158	104	322	200	25	372	45	450	35	350	35	1090
	SD	475	470	400	85	79	47	158	104	322	200	25	372	45	450	85	300	85	1090

Dimensiones en mm.

Ilustración 9: Dimensiones de la máquina y plano detallado.

COMPACTACIÓN.

La fabricación de las piezas de hormigón es más compleja que la de acero ya que el proceso comienza con la materia prima, arena, agua cemento etc. Hay que realizar una mezcla que nos permita al mismo tiempo un endurecimiento lo más rápido posible y que no se rompan las piezas al manipularlas.

Primeramente se encuentran unos almacenes para la materia prima, esto es, para almacenar el cemento, el agua, la arena y los áridos. Después, la arena y los áridos pasan una criba para deshacerse de materiales desechables, utilizando para ello una escombrera. Luego se hace la mezcla de toda la materia prima, y el proceso productivo se divide en tres células, en las que se elaboran los contrapesos

Este proceso se divide en tres células en función de que la producción sea artesanal, ajustada o en masa. Para la producción artesanal se utiliza un pequeño taller en donde se elaboran manualmente los contrapesos. Para la producción ajustada se emplea otro taller en el que hay una máquina semiautomática. Para finalizar, la producción en masa, en el que la maquinaria es más compleja, y que consta de una máquina compactadora y de un túnel de fraguado.

Para la producción en masa se va haciendo la mezcla para producir hormigón constantemente, esta mezcla se lleva por una cinta transportadora y se echa en unos moldes, se le colocan unas varillas para reforzar las piezas y la compactadora lo presiona dejando la forma exacta del molde. Una vez moldeadas las piezas una carretilla elevadora automática va almacenando las piezas en un túnel de fraguado hasta que secan y se pueden paletizar.

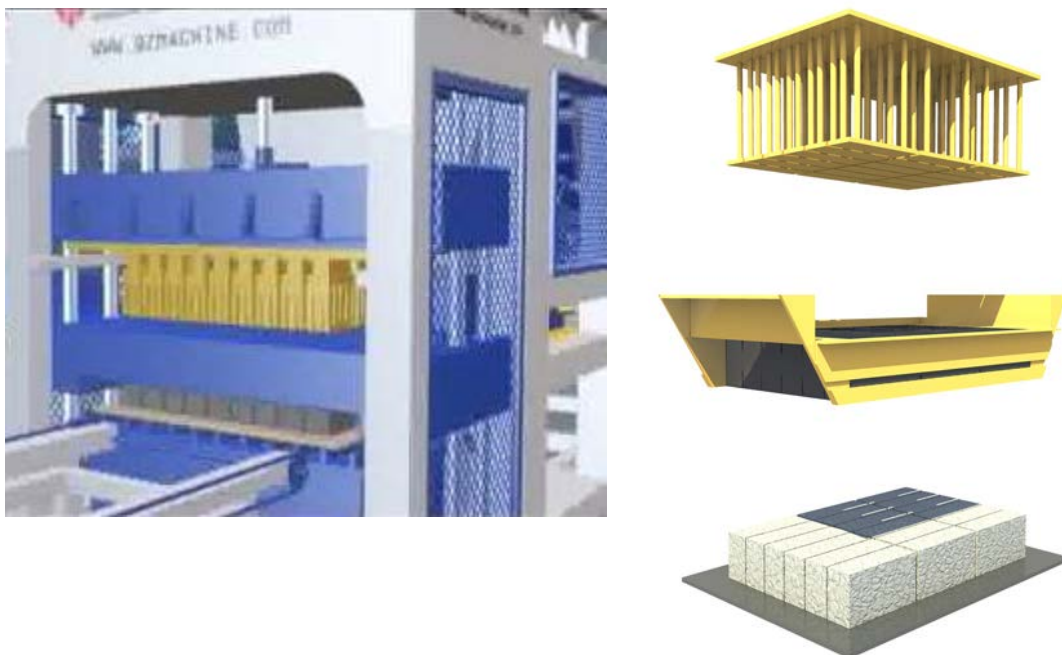


Ilustración 10: Modelo en 3d de un molde para compactación

Las piezas se montan en los pallets tratando de rellenarlos lo máximo posible, en función del su tamaño cabrán más o menos piezas en los pallets, aquí podemos ver alguna configuración de como colocar las piezas en los pallets.

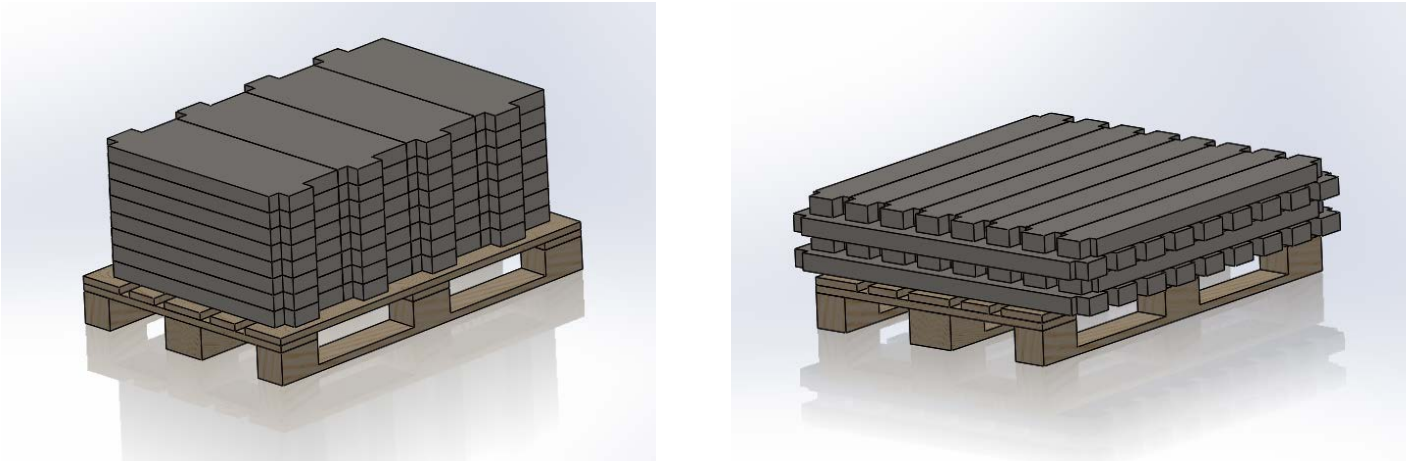


Ilustración 11: Paletizado de unas piezas

2.2.3 MAQUINARIA NECESARIA.

La cantidad y el tipo de maquinaria que se necesitan en una fábrica están ligados principalmente al tipo de productos que se realizan en ella y su producción. Además, se deben tener en cuenta aspectos como los días hábiles de trabajo, el número de turnos, las horas legales y efectivas en cada turno o la capacidad de producción de cada máquina.

A continuación se mencionan brevemente la maquinaria e instalaciones disponibles en la fábrica:

- Carretillas elevadoras
- Fresas
- Puestos de soldadura
- Basculas y Plastificadoras
- Sierra de cinta
- Taladro de columna
- Mesas de oxicorte
- Túnel de pintura
- Puentes grúa
- Granalladora
- Compactadora
- Horno de fundición

2.2.4 EL PROCESO.

En este apartado se describirá detalladamente todo el proceso seguido desde que la materia prima entra a la fábrica hasta que el producto elaborado sale de la fábrica.

EL ACOMODO

El acomodo trata la entrada de la materia prima a la fábrica. En la fábrica se realizan productos muy distintos por ello la materia prima que llega será variada. En primer lugar, para los contrapesos de acero llegan grandes planchas que se almacenan en la parte trasera de la nave en una cama y conforme se van necesitando se acercan a la zona por donde van entrando a la nave.



Ilustración 12: Plano completo de las instalaciones. (Zona de entrada de material)

Por otro lado, para los contrapesos de hormigón se almacenan el cemento, el agua, la arena y los áridos. Después, la arena y los áridos pasan una criba para deshacerse de materiales desechables, utilizando para ello una escombrera. Por último se hace la mezcla de toda la materia prima, y el proceso productivo se divide en tres células, en las que se elaboran los contrapesos.

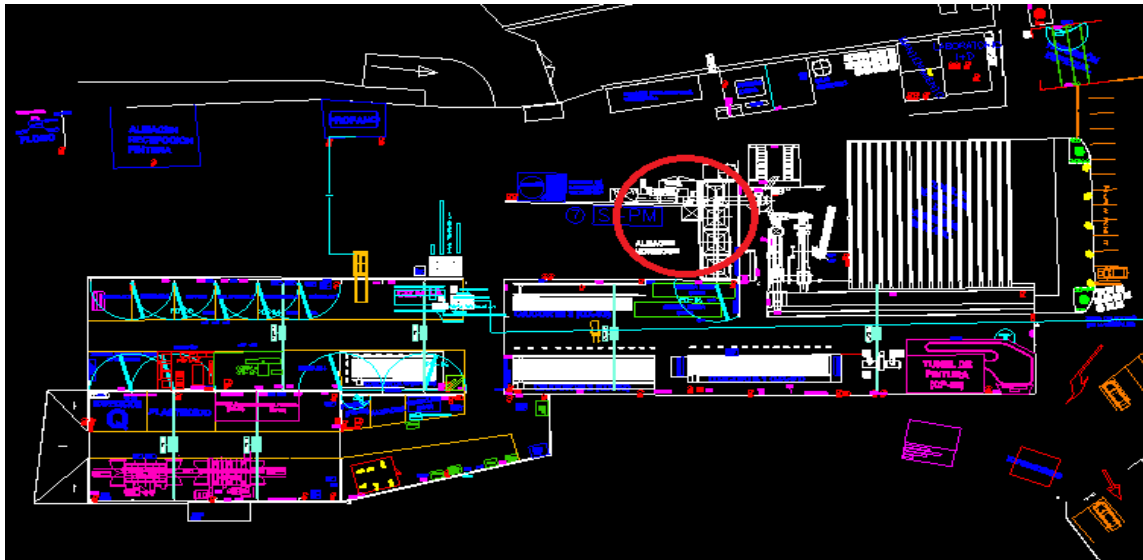


Ilustración 13: Plano completo de las instalaciones. (Compactadora)

En cuanto a los contrapesos de las catenarias, llegan a la fábrica cilindros del diámetro deseado y se van cortando con una sierra a la medida que se quiere según el tamaño de cada contrapeso.

SELECCIÓN DEL MATERIAL

El acero que llega, se evalúa según su tamaño y dureza. Al ser el acero que llega de poca calidad ya que este es más barato, no se puede asegurar su densidad y planitud. Por ello se mide su densidad y según como sea se cortara en la mesa de oxicorte o en la cizalla. En los tubos para contrapesos de catenarias hay que asegurar que la superficie del tubo no presenta abolladuras, de ser así esa sección de tubo se desecha.

PROCESADO

El procesado engloba las modificaciones que se le realizan a la materia prima para obtener un producto elaborado y con un valor añadido. En la fábrica se realiza simultáneamente el procesado de las distintas materias primas. En primer lugar, para los contrapesos de acero, las planchas se cogen y desplazan gracias a unos imanes que colocan las piezas en la mesa de oxicorte o en la de la cizalla. Una vez cortado se coloca en los pallets y con la carretilla elevadora se almacenan.

Para los de hormigón, como ya se ha mencionado antes, el proceso se divide en tres células. Una vez formada la pieza, se tiene que dejar en reposo para que fragüe el hormigón y posteriormente se colocan los contrapesos en un pallet utilizando un polipasto. Para cada modelo de pieza que se fabrica hay que diseñar un nuevo molde para compactar el hormigón.

En tercer lugar, las piezas de plomo se realizan mediante fundición, se funde el plomo, y se vierte en un molde con las dimensiones de la pieza. Se debe tener especial precaución en

este proceso ya que se generan gases perjudiciales para la salud y por ello los operarios deben llevar protección especial.

Por último, el procesado de los contrapesos de las catenarias es más largo ya que el producto debe pasar por unas cuantas fases antes de estar listo. En primer lugar se corta el tubo a la medida del contrapeso, esta varía en los tres modelos que se fabrican. Una vez cortado el cilindro se le hacen unas ranuras para colocar posteriormente unas piezas. El siguiente paso es colocarle la tapa soldada junto con un bulón del cual se colgará de la catenaria. Una vez que se suelda, se rellena el cilindro de hormigón y se deja secar. Por último se le da una imprimación para que aguante la intemperie y se paletizan.

EMPAQUETADO.

El empaquetado consiste en colocar los contrapesos en pallets y dejarlos listos para ser enviados. Las cargas se paletizan para conseguir uniformidad y facilidad de manipulación; así se ahorra espacio y se rentabiliza el tiempo de carga, descarga y manipulación.

En primer lugar hablaremos de los contrapesos de acero y hormigón. Estos se preparan en pallets completos o con el número exacto que van a necesitar y se almacenan en una campa para su posterior mezcla y plastificado. En los pedidos de pallets los clientes piden una mezcla de contrapesos de hormigón, acero y en muy poca cantidad de plomo, por ello en la zona de plastificado y pesaje se deben mezclar a mano las piezas para colocar en cada pallet las piezas exactas. Una vez mezcladas, se pesan para comprobar que esté la cantidad que pide el cliente y se plastifica el pallet.

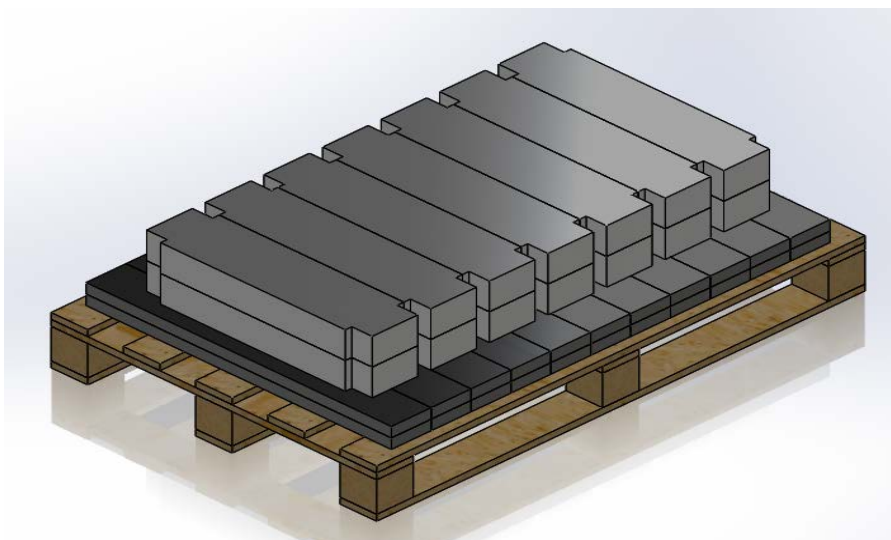


Ilustración 14: Pallet con piezas de hacer y hormigón

En cuanto al empaquetado de los contrapesos de catenaria, se utiliza para ellos un pallet diseñado para la ocasión, que permite paletizarlos de 4 en 4.

A la hora de realizar el paletizado se utilizan instrucciones acordes con las peticiones del cliente y se colocan a la vista de forma que los operarios sepan en todo momento como colocar las piezas.

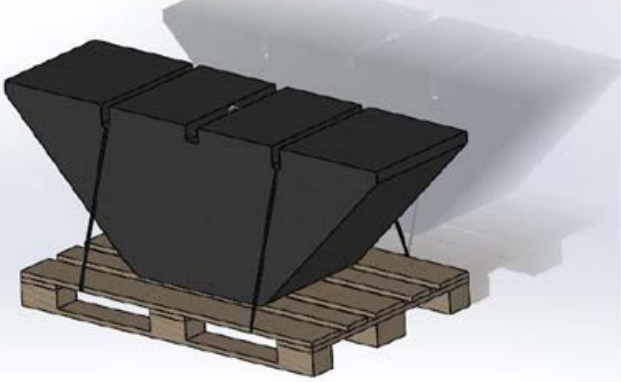
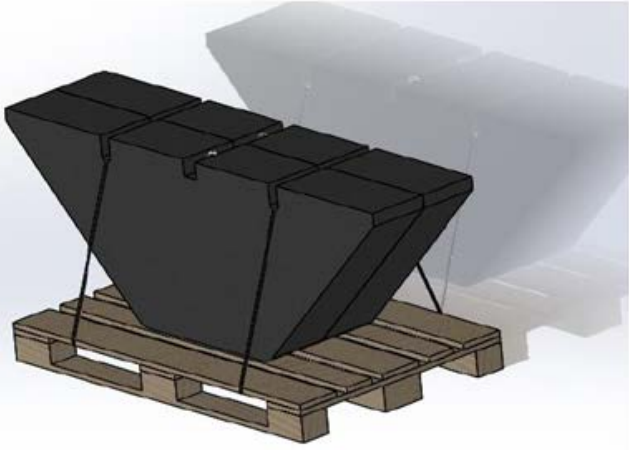
SICLAZARO SISTEMAS INDUSTRIALES DE CONTRAPESOS		INSTRUCCIÓN DE TRABAJO			Código:	IT-SO-19																						
					Revisión:	0																						
					Fecha:																							
					Página:	1 de 2																						
POR SEGURIDAD :																												
Nº	DESCRIPCIÓN	TIEMPOS																										
	<p>Model: Cargotec 924478,0100 (1310 +100 -0 KG) Straps: two metal straps and edges protected with plastic.</p>  <p>Model: Cargotec 924478,0200 (565 +100 -0 KG) Straps: two metal straps and edges protected with plastic.</p> 																											
<table border="1"> <tr> <th>Elaboración</th> <th>Revisión</th> <th>Aprobación</th> <th colspan="4">CAMBIOS DE ULTIMA REVISION</th> </tr> <tr> <td>Nombre: A. CRUCHAGA</td> <td>J. LAYALA</td> <td>D. GUTIERREZ</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Fecha: 26/03/2014</td> <td>26/03/2014</td> <td>27/03/2014</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>		Elaboración	Revisión	Aprobación	CAMBIOS DE ULTIMA REVISION				Nombre: A. CRUCHAGA	J. LAYALA	D. GUTIERREZ					Fecha: 26/03/2014	26/03/2014	27/03/2014										
Elaboración	Revisión	Aprobación	CAMBIOS DE ULTIMA REVISION																									
Nombre: A. CRUCHAGA	J. LAYALA	D. GUTIERREZ																										
Fecha: 26/03/2014	26/03/2014	27/03/2014																										

Ilustración 15: Instrucción de paletizado para contrapesos de maquinaria.

SICLAZARO SISTEMAS INDUSTRIALES DE CONTRAPESOS		INSTRUCCIÓN DE TRABAJO		Código:	IT-SO-19															
POR SEGURIDAD :				Revisión:	0															
				Fecha:																
				Página:	2 de 6															
Nº	DESCRIPCIÓN	TIEMPOS																		
3	<p>La parte superior del pallet debe soportar los tres tacos de un posible pallet que se apile encima.</p> <p>Posibles soluciones para que apoyen los tres tacos del siguiente pallet.</p> <p>Solución inválida.</p> <p>Si la cantidad de piezas de un pallet no coincide con un múltiplo exacto, se dividen las piezas dejando al menos tres puntos de apoyo. Para conseguir este efecto se pueden mezclar unidades de la misma referencia en distintos pallets (siempre de la misma comisión)</p>																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elaboración</th> <th>Revisión</th> <th>Aprobación</th> <th colspan="2">CAMBIOS DE ÚLTIMA REVISIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nombre A. CRUCHAGA</td> <td>J. LAYALA</td> <td>J. SOLA</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Fecha 03/03/2014</td> <td>04/03/2014</td> <td>04/03/2014</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		Elaboración	Revisión	Aprobación	CAMBIOS DE ÚLTIMA REVISIÓN		Nombre A. CRUCHAGA	J. LAYALA	J. SOLA			Fecha 03/03/2014	04/03/2014	04/03/2014						
Elaboración	Revisión	Aprobación	CAMBIOS DE ÚLTIMA REVISIÓN																	
Nombre A. CRUCHAGA	J. LAYALA	J. SOLA																		
Fecha 03/03/2014	04/03/2014	04/03/2014																		

Ilustración 16: Instrucción de paletizado para contrapesos de ascensor.



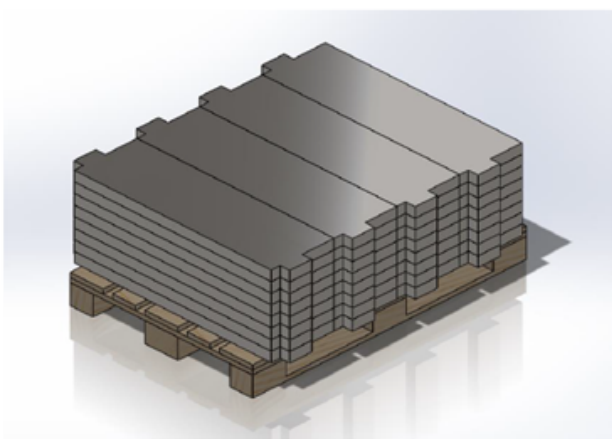
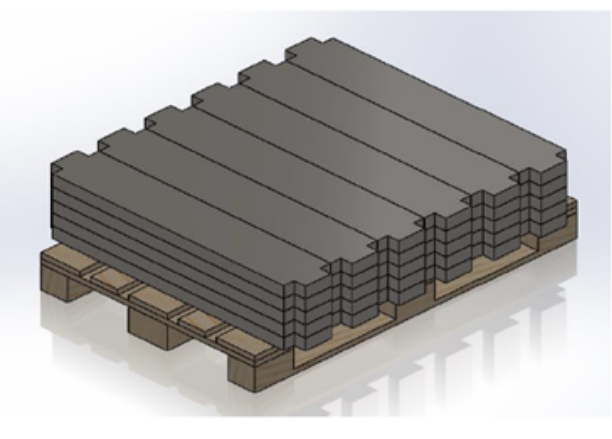
		INSTRUCCIÓN DE TRABAJO			Código:	IT-SO-19																		
POR SEGURIDAD :					Revisión:	0																		
					Fecha:																			
					Página:	5 de 6																		
Nº	DESCRIPCIÓN	TIEMPOS																						
	<p>HFE 947x275x50-42x97 SP ASIMETRICA (32 PIEZAS) PALLET 1200 X 800</p>  <p>HFE 950x175x50-42x97 (30 PIEZAS) PALLET 1200 X 800</p> 																							
<table border="1"> <tr> <td>Elaboración</td> <td>Revisión</td> <td>Aprobación</td> <td colspan="3">CAMBIOS DE ULTIMA REVISION</td> </tr> <tr> <td>Nombre A.CRUCHAGA</td> <td>J.L.AYALA</td> <td>J.SOLA</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Fecha 03/03/2014</td> <td>04/03/2014</td> <td>04/03/2014</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>		Elaboración	Revisión	Aprobación	CAMBIOS DE ULTIMA REVISION			Nombre A.CRUCHAGA	J.L.AYALA	J.SOLA				Fecha 03/03/2014	04/03/2014	04/03/2014								
Elaboración	Revisión	Aprobación	CAMBIOS DE ULTIMA REVISION																					
Nombre A.CRUCHAGA	J.L.AYALA	J.SOLA																						
Fecha 03/03/2014	04/03/2014	04/03/2014																						

Ilustración 17: instrucción de paletizado para contrapesos de ascensor.

SALIDA DE MATERIAL (EXPEDICIONES)

La salida del material engloba el proceso de carga de los pallets en el camión para su envío.

2.2.5 PLANOS.

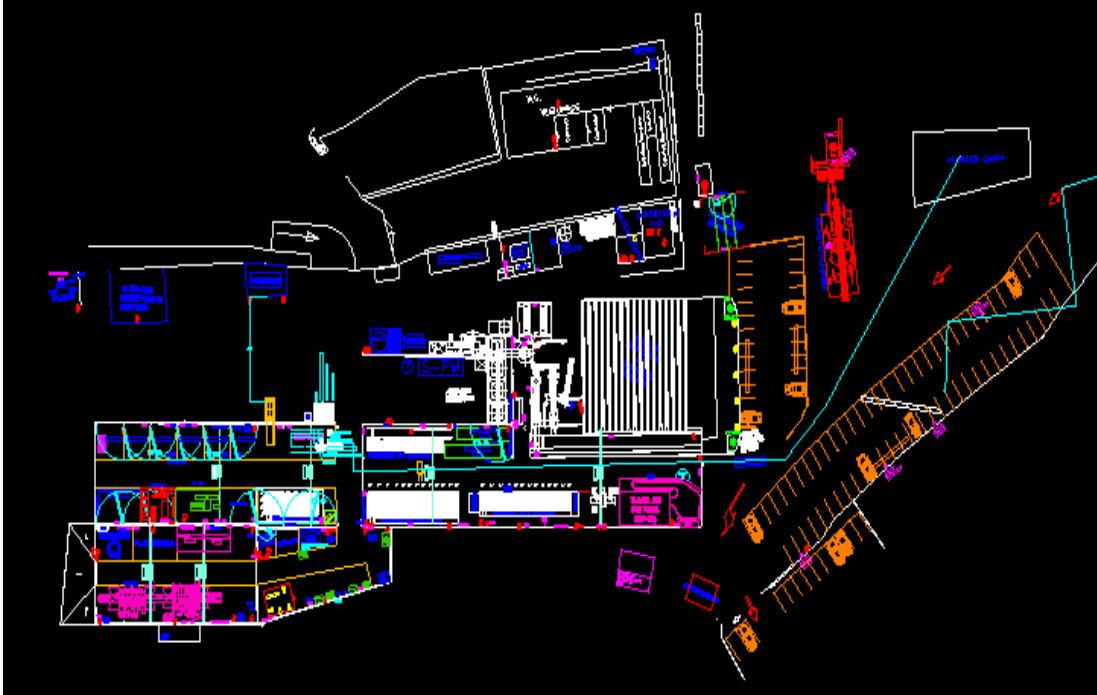


Ilustración 18: Plano completo de las instalaciones.



Ilustración 19: plano de la zona de preparado de pedidos.

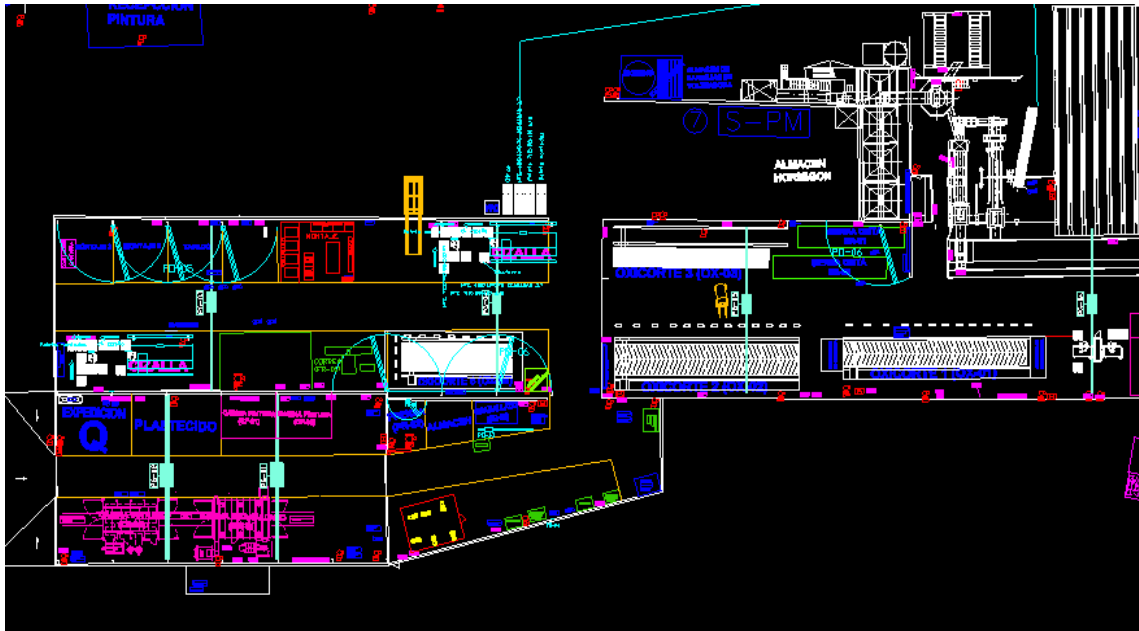


Ilustración 20: Plano de la línea donde se encuentran las mesas de oxicorte, cizallas, zonas de pintura y puestos para funciones que pueden variar.

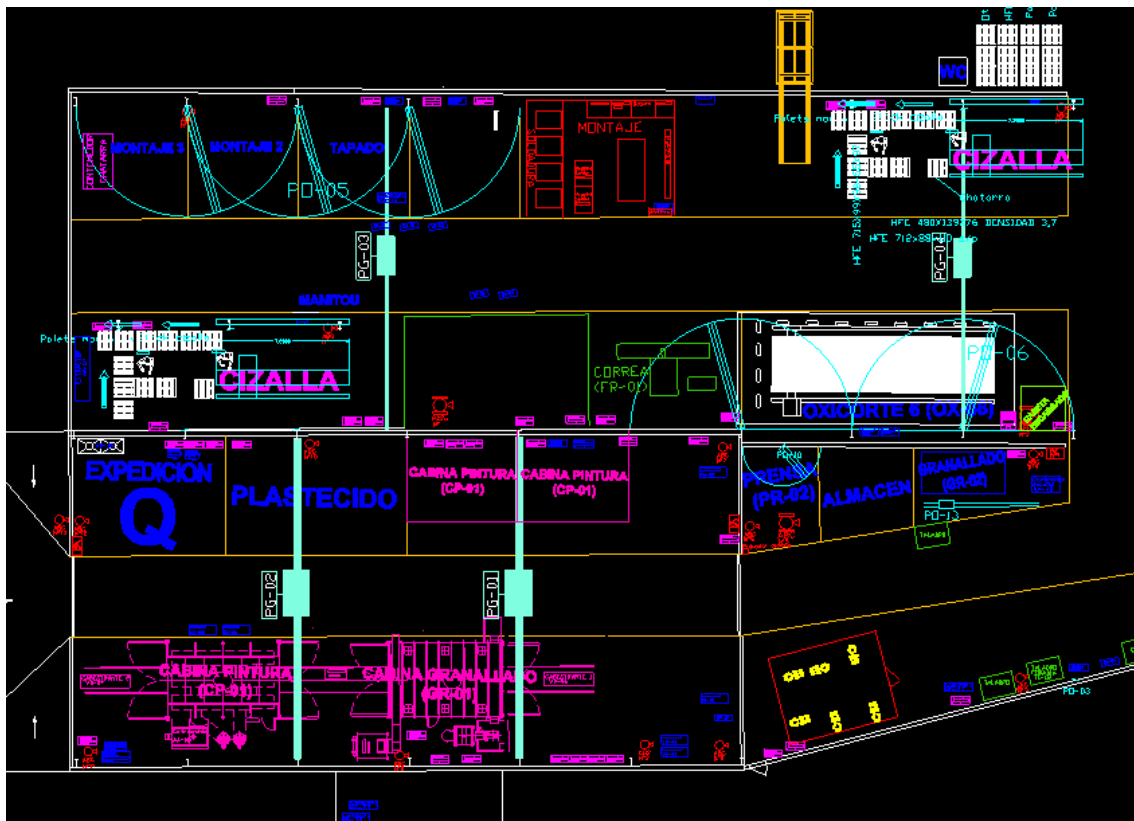


Ilustración 21: Plano más ampliado de la zona de cizallas y puestos de montaje.

2.3. LAY-OUT

2.3.1 EL CONCEPTO DE LAY-OUT

Las decisiones sobre distribución implican la determinación de la posición donde se ubicará cada una de las estancias de una fábrica, desde los distintos departamentos, las estancias de trabajo, maquinaria y en definitiva todo lo relacionado con la fábrica. Este ha sido un problema frecuente en la historia de la producción, en especial para la industria de la manufactura, donde recursos como el espacio, los materiales y el tiempo son limitados y costosos. Este problema fue desarrollado por distintos autores los cuales enfocaron el problema del *lay-out* a aspectos diferentes como pueden ser:

Koopmans y Beckman (1957) definieron el problema del *lay-out* como un asunto industrial enfocado a la ubicación de las plantas de producción para minimizar el costo del transporte entre estas y lograr la mayor rentabilidad o ganancia.

Drira, Pierreval y Hajri-Gabouj (2007) presentaron las múltiples variaciones que este puede asumir, las cuales dependen de factores como los volúmenes de producción, las características de los productos, la geometría del espacio, los sistemas de manejo de materiales, el uso de múltiples pisos o niveles en la construcción y la consideración estática o dinámica del problema

La distribución en planta implica la ordenación de espacios necesarios para movimiento de material, almacenamiento, equipos o líneas de producción, equipos industriales, administración, servicios para el personal, etc.

Los objetivos de la distribución en planta son:

- Integración de todos los factores que afecten la distribución.
- Movimiento de material según distancias mínimas.
- Circulación del trabajo a través de la planta.
- Utilización “efectiva” de todo el espacio.
- Mínimo esfuerzo y seguridad en los trabajadores.
- Flexibilidad en la ordenación para facilitar reajustes o ampliaciones.

Se presentan a continuación los principios básicos de la distribución en planta. (Trueba Jainaga, J.I.)

1. Principio de la satisfacción y de la seguridad.

A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores.

2. Principio de la integración de conjunto.

La mejor distribución es la que integra a los hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.

3. Principio de la mínima distancia recorrida.

A igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material sea la menor posible.

4. Principio de la circulación o flujo de materiales.

En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transformen, tratan o montan los materiales. Hay que evitar los cruces y las interrupciones.

5. Principio del espacio cúbico.

La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en horizontal como en vertical.

6. Principio de la flexibilidad.

A igualdad de condiciones será siempre más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

Los formatos según los cuales se rigen los departamentos están definidos por el patrón general del flujo de trabajo; existen cuatro tipos básicos de formatos: la distribución por proceso, la distribución por producto, la distribución de posición fija, y un tipo híbrido que es la tecnología de grupo o distribución celular. Cada uno de ellos presenta unas características, las cuales hacen que cada modelo sea más efectivo para un tipo de organización.

Una distribución por proceso (también llamada tipo taller o distribución funcional) es un formato según el cual los equipos o funciones similares se agrupan. De acuerdo con la secuencia establecida de las operaciones, una parte ya trabajada pasa de un área a otra, en donde se encuentran ubicadas las máquinas apropiadas para cada operación. En el sector servicios, este tipo de distribución es típica de los hospitales donde se dedican áreas para determinados tipos de cuidados médicos, como es el caso de las salas de maternidad y cuidados intensivos.

Una distribución por producto (llamado también distribución del taller de flujos) es un formato en el cual el equipo o los procesos de trabajo se arreglan de acuerdo con los pasos progresivos mediante los cuales se hace el producto. El camino para cada parte es en efecto

una línea recta. En el sector servicios las empresas de lavado de automóviles son todas distribuciones por producto.

En una distribución de posición fija, el producto en virtud de su volumen o peso permanece en su sitio. El equipo de fabricación se mueve hacia el producto y no al revés. Los astilleros, los sitios de construcción, son ejemplos de este formato.

Una tecnología de grupo o distribución celular agrupa máquinas disimiles en centros de trabajo (o células) para trabajar en productos que tengan formas y requisitos de procesamiento similares. Una distribución de tecnología de grupo es similar a la distribución por proceso en que las células están diseñadas para ejecutar una serie específica de procesos, y es similar a la distribución por producto en que las células están dedicadas a una gama limitada de productos.

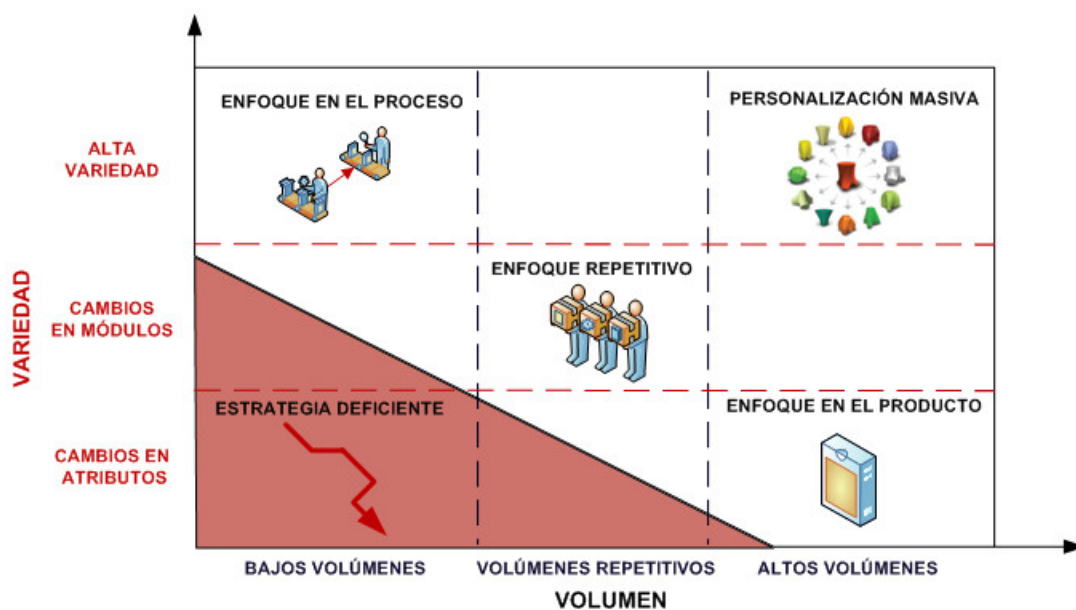


Ilustración 22: Gráfico de los tipos de distribución de una fábrica.

2.3.2. DISTRIBUCIÓN CELULAR O ENFOQUE REPETITIVO.

Aunque en la práctica, el término célula se utiliza para denominar diversas y distintas situaciones dentro de una instalación, ésta puede definirse como una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones sobre múltiples unidades de un ítem o familia de ítems. La denominación de distribución celular es un término relativamente nuevo, sin embargo, el fenómeno no lo es en absoluto. En esencia, la fabricación celular busca poder beneficiarse simultáneamente de las ventajas derivadas de las distribuciones por producto y de las distribuciones por proceso, particularmente de la eficiencia de las primeras y de la flexibilidad de las segundas.

Esta consiste en la aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la producción, agrupando outputs con las mismas características en familias y asignando grupos

de máquinas y trabajadores para la producción de cada familia. En ocasiones, estos outputs serán productos o servicios finales, otras veces, serán componentes que habrán de integrarse a un producto final, en cuyo caso, las células que los fabrican deberán estar situadas junto a la línea principal de ensamble (para facilitar la inmediata incorporación del componente en el momento y lugar en que se necesita).

En ocasiones, se crean las denominadas células nominales o virtuales, identificando y dedicando ciertos equipos a la producción de determinadas familias de outputs, pero sin llevar a cabo la agrupación física de aquellos dentro de una célula. En este caso no se requiere el análisis de la distribución, la organización mantiene simplemente la distribución que tenía, limitándose el problema a la identificación de familias y equipos. Junto a los conceptos anteriores está el de las células residuales, a las que se hará referencia más adelante. A estas hay que recurrir cuando existe algún ítem que no puede ser asociado a ninguna familia o cuando alguna maquinaria especializada no puede incluirse en ninguna célula debido a su uso general.

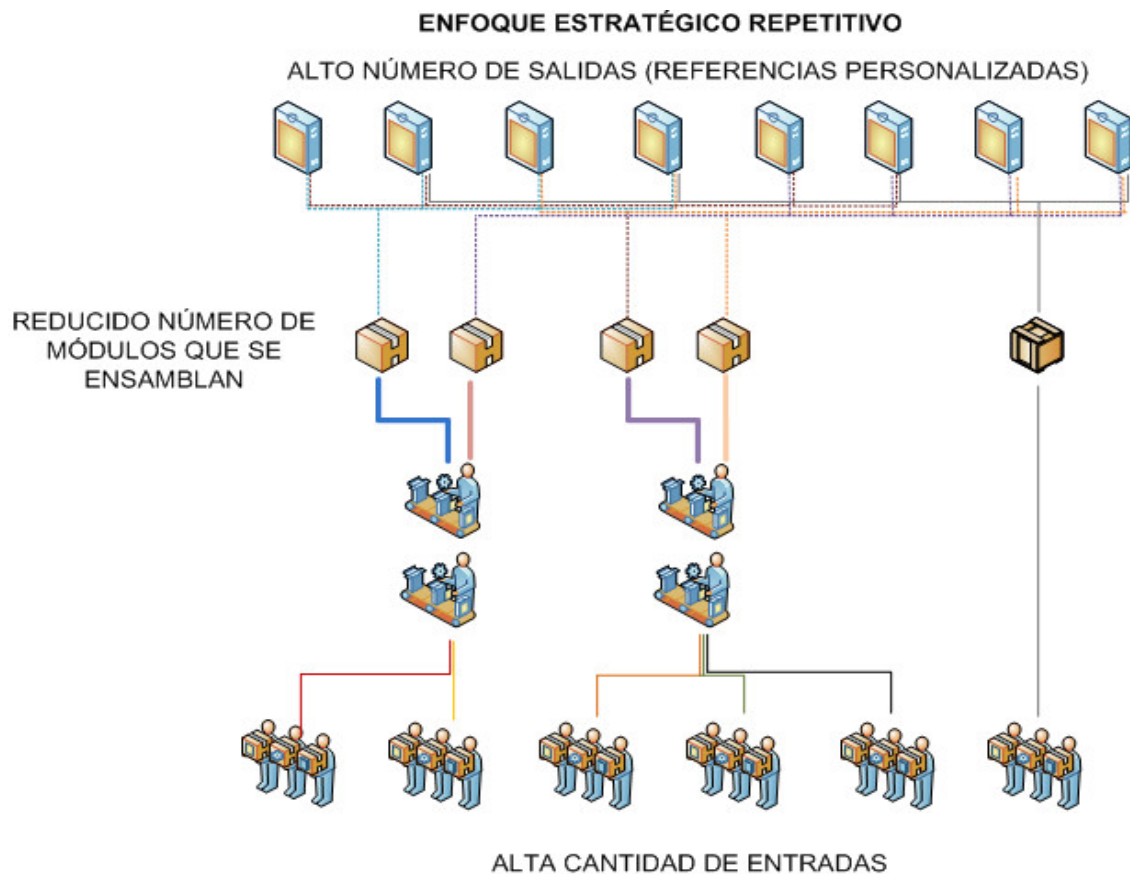


Ilustración 23: Gráfico representativo del enfoque repetitivo o celular.

El enfoque estratégico celular es ideal para sistemas productivos que manejan una media flexibilidad de referencias y un nivel medio de volúmenes de fabricación, pero que a su

vez se basa en el ensamble de módulos (elementos a ensamblar que son factor común en diversas referencias) los cuales fluyen en el sistema basados en un proceso continuo.

La principal ventaja de este enfoque es que se basa en las ventajas de sus enfoques extremos, es decir en los beneficios respecto a la personalización de productos de un enfoque al proceso y en las ventajas económicas de la producción a media/alta escala que se perciben al llevar un proceso continuo de programación y fabricación de módulos cuya probabilidad de rotación hacia el ensamblado final es mayor que en un enfoque en el proceso.

Las ventajas más significativas que presenta este enfoque respecto al enfoque estratégico orientado al proceso son sin duda alguna las ofrecidas en el proceso de programación, dado que existe la posibilidad de realizarse sobre los módulos que presentan una cantidad lógicamente inferior a la cantidad de referencias. Por ende es habitual que en la práctica se efectúe una producción orientada al pedido en la cual se compensan los vacíos de programación con órdenes de procesos continuos orientados a los módulos con mayor rotación, aumentando la utilización de la capacidad instalada (de esta forma disminuyendo los costos totales unitarios) y alimentando un stock de sub-ensamblajes que reducirá el ciclo logístico de las órdenes futuras, o por otro lado el proceso es continuo (programación con poco estrés) para todas las operaciones relacionadas con la fabricación de módulos y estableciendo corridas lote por lote para los procesos de ensamble y personalización las cuales deben ser lo más cercano al cliente posible. Además los procesos de planeación de recursos suelen simplificarse al ser dependientes de la demanda continua de módulos y optimizarse con la implementación (con excelentes resultados) de sistemas MRP y MRP II.

A continuación se nombran una serie de ventajas y desventajas del sistema descrito.

Ventajas

- Disminución del material en proceso (una misma célula engloba varias etapas del proceso de producción, por lo que el traslado y manejo de materiales a través de la planta se ve reducido).
- Disminución de los tiempos de preparación (hay que hacer menos cambios de herramientas puesto que el tipo de ítems a los que se dedican los equipos está ahora limitado).
- Disminución de los tiempos de fabricación.
- Simplificación de la planificación.
- Se facilita la supervisión y el control visual.

Inconvenientes

- Incremento en el costo y desorganización por el cambio de una distribución por proceso a una distribución celular.
- Normalmente, reducción de la flexibilidad del proceso.
- Potencial incremento de los tiempos inactivos de las máquinas (éstas se encuentran ahora dedicadas a la célula y difícilmente podrán ser utilizadas todo el tiempo).
- Riesgo de que las células queden obsoletas a medida que cambian los productos y/o procesos.

Algunos ejemplos de organizaciones con enfoques estratégicos repetitivos son los lugares dedicados a la preparación de comidas rápidas, en las cuales los módulos particularmente son salsas, cebollines, tomates y tipos de carne, y cuyo proceso de fabricación es continuo y determinado ponderativamente por la mezcla de módulo por unidad final los cuales luego son ensamblados por pedido y especificación del cliente. Otro tipo de organización de enfoque repetitivo por excelencia es la dedicada a la fabricación de muebles modulares y esta no requiere de profundización. También se aplica a la fabricación de componentes metálicos de vehículos y maquinaria pesada en general. Lo normal es que las células se creen efectivamente, es decir, que se formen células reales en las que la agrupación física de máquinas y trabajadores sea un hecho, en este caso, además de la necesaria identificación de las familias de productos y agrupación de equipos, deberá abordarse la distribución interna de las células, que podrá hacerse a su vez por producto, por proceso o como mezcla de ambas, aunque lo habitual será que se establezca de la primera forma.

2.3.3. LAY-OUT ACTUAL Y MODIFICADO.

Hasta ahora se ha hablado del tipo de *lay-out* presente en la fábrica de forma general, se ha definido el concepto de *lay-out* y de distribución celular. En el próximo apartado se analizarán los datos de materia prima, productos y la producción actuales para poder analizar donde se encuentran los problemas del actual *lay-out* y tratar de realizar uno lo más rentable y optimizado posible.

LAY-OUT A MODIFICAR (ACTUAL)

Como se ha mencionado en más de una ocasión a lo largo del trabajo, la empresa se ha planteado realizar modificaciones en el proceso de fabricación y preparado de los pedidos del mayor de sus clientes. La fabricación se realiza de igual manera que para el resto de los clientes, se utilizan las mismas mesas de oxicorte, misma cizalla y misma compactadora, resultaría inútil y muy costoso utilizar maquinaria aparte para este cliente ya que no se necesita fabricar todo el día para satisfacer sus pedidos. Lo que se pretende cambiar es el proceso de paletizado de las piezas, es decir desde que se producen hasta que quedan listas para su envío.

Las piezas se fabrican en cuatro zonas muy diferentes, el oxicorte, la cizalla, la compactadora y la zona de plomo, esta última mucho menos importante para el *lay-out* que el resto debido al bajo número de piezas fabricadas. Una vez fabricadas las piezas, se colocan en pallets y se almacenan en la campa delante de la fábrica hasta que se necesiten para completar un pedido, los contrapesos se ordenan en filas por modelos para tenerlos controlados a la hora de ir a buscarlos para realizar un pedido.

El cliente introduce en el sistema informático los pedidos, En ese momento tanto el encargado de producción como el de expediciones deben organizar los pedidos de todos los clientes de la manera más eficaz y asegurando que estén todos los pedidos para la fecha de entrega. En el departamento de producción deben alternar la fabricación entre unas piezas y otras de forma que estén listas como mínimo dos días antes de su envío si es hormigón y un día si es acero. El hormigón requiere un día más para que fragüe y no se rompan las piezas al manipularlas. Por otro lado el encargado de expediciones debe listar las hojas de pedidos junto con las pegatinas de cada pallet de forma que estén listas para que los operarios pueden preparar el pallet con el tiempo suficiente.



EMPRESA 00001 - SIC LAZARO, S.L.U.

De camión 14680 a camión 14680

Preparación de la carga:

PAQUETES	ARTICULO1	DESCRIPCION	CNT1	ARTICULO2	DESCRIPCION	CNT2	ARTICULO3	DESCRIPCION	CNT3	ARTICULO4	DESCRIPCION	CNT4
1	10000021	HFE 715X99X98-55X97 DENG 3,7	14	13000310	OXI 720X93XE	195	13002805	OXI 720X93XMAX25MM	77	10000052	HFE 480X139X76 DENGIDAD	2
	10000026	HFE 712X88X110 D/P Z41343586	1									
	PESO PAQUETE											
		671,02 Kg										
1	10000021	HFE 715X99X98-55X97 DENG 3,7	17	13000310	OXI 720X93XE	136	13002805	OXI 720X93XMAX25MM	77	10000052	HFE 480X139X76 DENGIDAD	2
	10000026	HFE 712X88X110 D/P Z41343586	1									
	PESO PAQUETE											
		684,92 Kg										
7	10000021	HFE 715X99X98-55X97 DENG 3,7	18	13000310	OXI 720X93XE	78	13002805	OXI 720X93XMAX25MM	77	10000052	HFE 480X139X76 DENGIDAD	2
	10000026	HFE 712X88X110 D/P Z41343586	1									
	PESO PAQUETE											
		651,22 Kg										
1	10000021	HFE 715X99X98-55X97 DENG 3,7	18	13000310	OXI 720X93XE	97	13002805	OXI 720X93XMAX25MM	77	10000052	HFE 480X139X76 DENGIDAD	2
	10000026	HFE 712X88X110 D/P Z41343586	1									
	PESO PAQUETE											
		670,22 Kg										
1	10000021	HFE 715X99X98-55X97 DENG 3,7	18	13002805	OXI 720X93XMAX25MM	77	10000052	HFE 480X139X76 DENGIDAD 3,	2	10000026	HFE 712X88X110 D/P Z41343	1
	PESO PAQUETE											
		573,22 Kg										
2	10000024	HFE 688X99X100-55X95 DENG 3,7	12	13000650	OXI 696X93XE	282	13002807	OXI 696X93XMAX25MM	59	10000028	HFE 686X88X115 D/P Z41343	1
	PESO PAQUETE											
		653,20 Kg										
1	10000324	HFE 582,5X90X99,5	36									
	PESO PAQUETE											
		652,68 Kg										

Ilustración 24: Muestra de un pedido de uno de sus clientes.

En este ejemplo de pedido se puede ver en la ilustración 38 el número de paquetes de cada modelo que lleva, la segunda columna indica el artículo del producto, a continuación se muestra la descripción, en la que están indicadas las dimensiones de cada pieza y si son de hormigón, hormigón férnico, oxicorte o plomo. En la última columna se indica el peso o cantidad numérica de contrapesos que debe llevar. El trabajador encargado de las expediciones realiza estas hojas sabiendo que en cada camión no pueden ir más de 25000 Kg y que el cliente no permite separar en distintos camiones referencias de un mismo ascensor. Si se realiza la suma de todo lo que lleva este camión vemos que no llega a este peso y se deja un margen para que con los pallets no se pase.

Nº PALLETS	MASA DE CARGA	MASA TOTAL Kg
1	671,02	671,02
1	684,92	684,92
7	651,22	4558,54
1	670,22	670,22
1	573,22	573,22
2	653,2	1306,4
1	652,68	652,68
1	122,5	122,5
1	759,5	759,5
1	1181,64	1181,64
2	734,12	1468,24
2	758,42	1516,84
1	724,52	724,52
3	767,82	2303,46
1	802,52	802,52
1	865,82	865,82
1	1069	1069
1	702	702
1	306,8	306,8
2	748,2	1496,4
1	424,38	424,38
1	395,3	395,3
		23255,9 Kg

Ilustración 25: Tabla de los pallets que lleva un camión.

Con estas hojas los operarios van acercando a la zona de mezclado las piezas que necesitan para el pedido y a mano comienzan a mezclarlas según lo que indica.

POSIBLES SOLUCIONES.

Como ya se han mencionado anteriormente, la fábrica necesita una remodelación en la línea de *lay-out*. Actualmente se pierde mucho tiempo desde que las piezas se fabrican hasta que se paletizan y se preparan para el envío. Se almacenan todos los productos fabricados en una campa hasta que van a ser utilizados y de nuevo se tienen que mover hasta la zona de plastificado, con una mejor organización se podrían ahorrar viajes. Este es un ejemplo de los muchos problemas que se intentarán solventar para mejorar la producción.

A la hora de realizar un cambio en la fabricación o en el *lay-out* surgen varias posibles soluciones, a continuación se desarrolla brevemente cada una y se elegirá la más viable y que pueda resultar más rentable.

SOLUCION 1.

La primera posibilidad es cambiar la zona de carga y paletizado a la campa situada detrás de la nave, en esta zona hay suficiente espacio disponible para almacenar material a la espera del camión. En esta nueva ubicación no es necesario transportar el acero ya que la campa se encuentra cerca de donde se produce y el hormigón sería posible transportarlo en grandes cantidades para que así se eviten muchos viajes. Con esta configuración se podría realizar un nuevo sistema de paletizado a base de rodillos por donde deslizar los pallets para hacer las mezclas, el trabajo de los operarios se simplificaría al no tener que realizar tantos viajes con las piezas. Se trata de automatizar el proceso en la medida de lo posible y tratar de hacer pocos movimientos.

SOLUCION 2.

Una segunda solución que se ha pensado es mover la zona de paletizado a un punto intermedio y de esta forma el espacio recorrido sería lo mínimo posible. La cizalla se podría trasladar a otra zona de la nave de forma que nos acercaríamos a la compactadora reduciendo el camino recorrido por el hormigón y una vez acabados los pallets cabría la posibilidad de transportarlos a la actual zona de carga o crear una nueva justo en ese punto. Esta opción sería muy eficaz y cabría la posibilidad realizar la carga con los camiones justo ahí.

SOLUCION 3

Otra posible solución sería conseguir que mediante una línea se acercasen los dos productos acabados a la zona de mezcla de tal forma que se fuesen empaquetando conforme van llegando y de esta forma se evitarían el transporte a la zona de almacenaje y a la zona de mezcla. Esto se podría realizar mediante una cinta que acercase las piezas de metal desde su salida hasta la zona de mezcla, en este punto se irían mezclando sin tener que desplazarlas mucho a mano ya que estarían cerca de la zona de mezclado.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Con la primera solución de realizar la carga del producto en la explanada detrás de la nave se optimizaría mucho el sistema, ya que de esta forma se reduciría la distancia que tienen que recorrer las carretillas. Si se coloca de esta forma, estaría a la salida de la línea de la cizalla y solo habría que transportar los contrapesos de hormigón hasta este punto. Uno de los inconvenientes de esta solución es tener que llevar el hormigón hasta el final de la nave, hecho que repercutiría en una pérdida de tiempo. Con esta configuración habría que cambiar la zona de pesaje y embalaje a la nueva zona de carga. Además, si se dispone de los pedidos en la zona de la cizalla se podrían llenar los pallets con el número exacto de contrapesos y no llenarlo para después tener que volver a vaciarlo en el momento de mezclarlos. Esto último no se podría realizar tan fácilmente en la compactadora ya que las piezas se cogen todas juntas con un polipasto.

La segunda solución comparte ventajas con la primera pero a diferencia de esta, que se encontraba la zona de mezcla al final de la nave, con esta configuración se reduce la distancia para llevar el hormigón al lugar donde se mezclará. Por último, cabría la posibilidad de realizar la carga en los camiones justo donde se realizan las mezclas, de esta forma se evitaría también el último viaje para llevar los pallets al almacén de espera para cargar.

Por último la tercera opción tiene una desventaja importante que es el hecho de tener que llevar una línea de rodillos tan larga por el exterior de la nave, esto invadiría las vías de tránsito además de ser muy costosa. Otro defecto que tendría es que al estar a la intemperie, todos los sistemas mecánicos y electrónicos sufrirían mucho más.

Se puede concluir que el segundo sistema es el que mejor se amolda a las condiciones actuales de la fábrica, más adelante se estudiará de forma detallada la ubicación exacta dentro de la nave, la maquinaria necesaria, un estudio de los tiempos del proceso, etc.

3. DESARROLLO DEL NUEVO LAY-OUT

Este apartado representa una de las partes más importantes del proyecto, al principio del trabajo se ha evaluado todo lo relacionado con la empresa, los materiales utilizados para la fabricación, los procesos de producción, productos elaborados, etc. Con todo ello, en este apartado se tratará de reformar la línea de *lay-out*, para ello es necesario evaluar en primer lugar los productos que el cliente pide, la frecuencia y cantidad de los pedidos, así como la progresión a lo largo de los últimos años. En segundo lugar, se realizará un estudio de mercado, para analizar la situación de la empresa y la demanda de contrapesos en el mercado actual. Se desarrollarán unas soluciones de entre las cuales se elegirá la que mejor se amolde al presupuesto, a la normativa, a la maquinaria disponible o que sea posible adquirir y al personal entre otros factores.

Por último, se realizará una evaluación de costes y de beneficio que generaría la solución, en el presupuesto deberá constar todo lo necesario para la correcta realización del proyecto. Gracias a un diagrama entre coste e ingresos se podrán ver el coste inicial que se necesite, el tiempo de amortización hasta recuperar la inversión y la diferencia de beneficio antes y después de la reforma.

3.1. DATOS DE PARTIDA.

Este nuevo *lay-out* se va a centrar en el proceso de fabricación de las piezas de uno de sus clientes, el mayor de ellos que cubre un tercio de las ventas. El porqué de centrarse solo en este es que se tiene un determinado número de pedidos no excesivamente grande, Por ello se va a empezar con este cliente y si va bien se podrá ir implantando para el resto.

3.1.1 MATERIA PRIMA.

La empresa necesita una constante adquisición de materia prima para todo el proceso productivo, se necesita desde el propio material para los contrapesos así como material para la fabricación, pallets etc. Centrándose en el propio material para los contrapesos se utilizan planchas de acero, áridos para la formación del hormigón y lingotes de plomo. El acero se divide en 3 tipos: plate, quality plate y llanta. Los dos primero son grandes planchas con el espesor deseado y se cortan en el oxicorte, en segundo lugar, la llanta se corta en la cizalla y llega a la fábrica con el ancho definitivo. Algunos modelos de estos son:

PLATE	QUALITY PLATE	LLANTA
CHAPA BN 20MM	CHAPA 10MM ANTIDESGASTE	BARRA LLANTA DE 100X25
CHAPA BN 23MM	CHAPA DE 100MM S275JR	BARRA LLANTA DE 100X50
CHAPA BN 25MM	CHAPA DE 10MM S275JR DECAPADA	BARRA LLANTA DE 110X30
CHAPA BN 28MM	CHAPA DE 10MM S355J2G3	BARRA LLANTA DE 120X10
CHAPA BN 36MM	CHAPA DE 12MM S275JR DECAPADA	BARRA LLANTA DE 130X20
CHAPA BN 46MM	CHAPA DE 170MM S355J2G3	BARRA LLANTA DE 150X20
CHAPA BN 52MM	CHAPA DE 25MM S355J2G3	BARRA LLANTA DE 200X40
CHAPA BN 65MM	CHAPA DE 2MM S275JR	BARRA LLANTA DE 75X20
CHAPA BN 90MM	CHAPA DE 30MM S355J2G3	BARRA LLANTA DE 85X20

Ilustración 26: Materia prima de carácter metálico que llega a la fábrica.

Por otro lado para la formación del hormigón se necesitan una variedad de productos, esto se debe a las prestaciones que deben tener las piezas, que se sequen y endurezcan rápido, que no se rompan las piezas y que a su vez tengan una elevada densidad.

ADITIVO C
ARENA MOLIDA 0/5
CASCARILLA GRASA
CEMENTO 42.5 R
GLENIUM AC325 PLAST. ENV.192L
SCL ESPECIAL
SCL- LOW QUALITY
SCL NORMAL
SCL NORMAL GRASA
SCL-ESPECIAL GRASA
SCL-M
SCL-MALA GRASA
SF
SPM

Ilustración 27: Materia prima para la formación del hormigón.

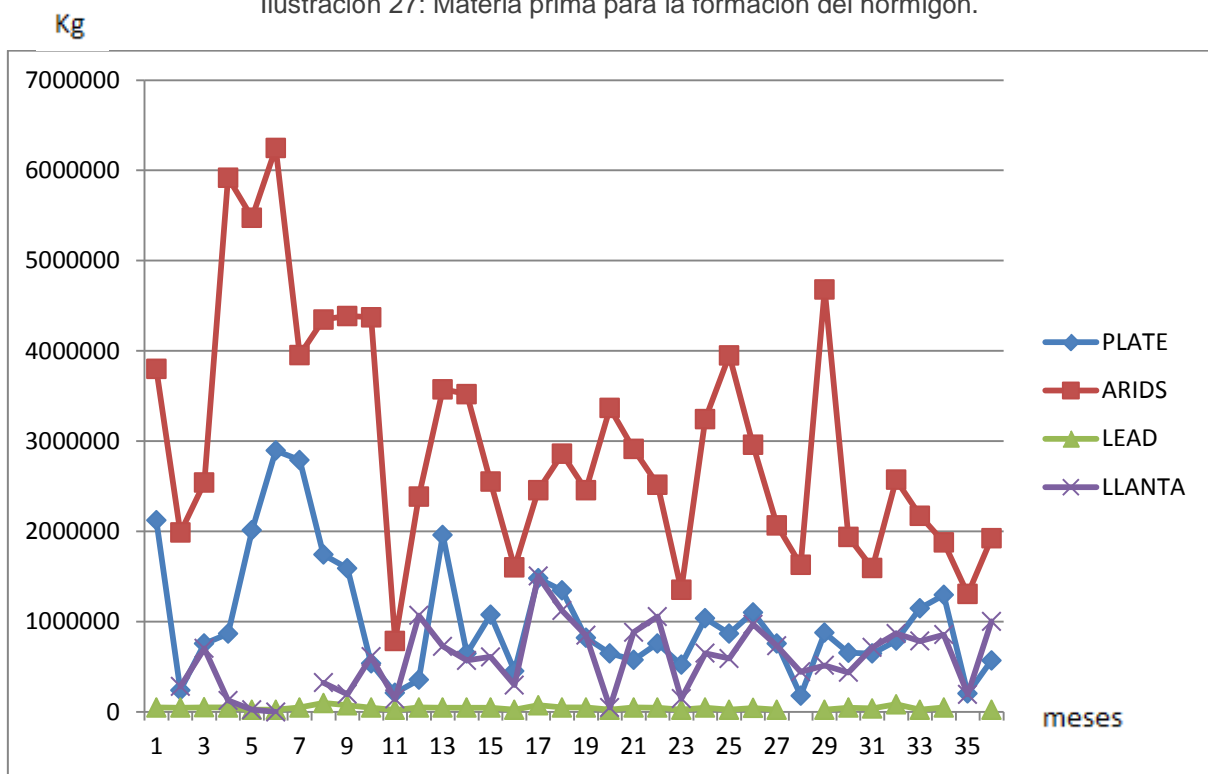


Ilustración 28: Kg de materia prima para cada tipo de producto a lo largo del 2011, 2012 y parte de 2013

3.1.2. PRODUCTOS.

Este apartado se centra en los modelos de piezas que se fabrican para este cliente y la cantidad fabricada a lo largo de un periodo de tiempo. De este apartado se sacarán conclusiones de cuáles son los modelos más vendidos y en cuales merece la pena centrarse.

A continuación se muestra la evolución de ventas en kg a lo largo de 2011, 2012 y mitad de 2013, se puede apreciar que ha habido altibajos en las ventas

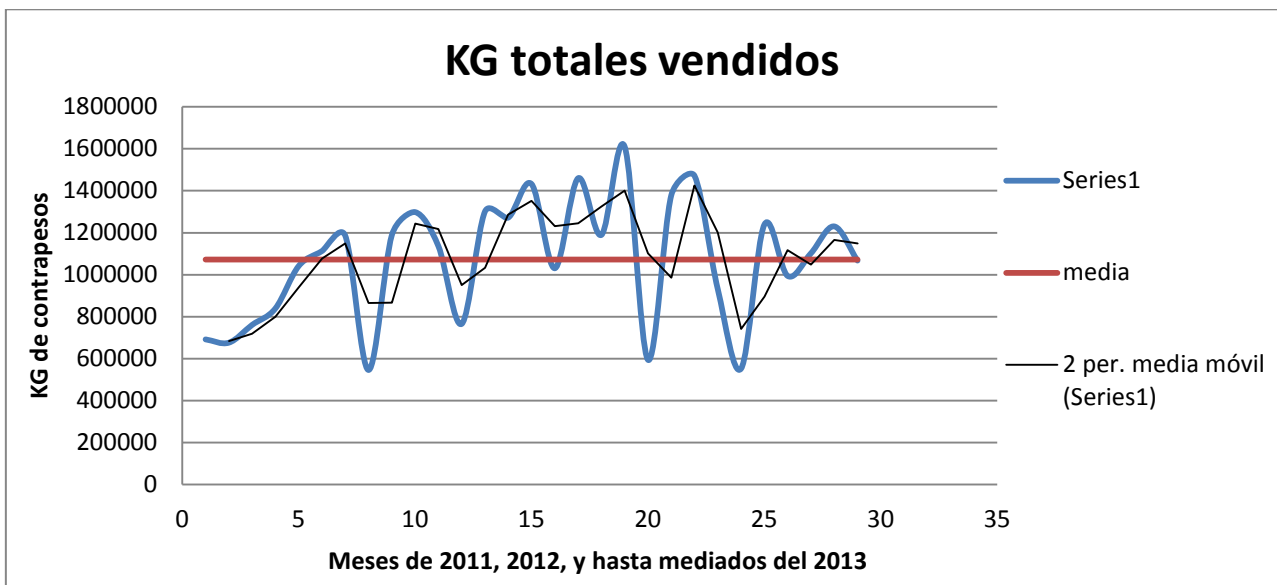


Ilustración 29: Kg de producto vendido a lo largo de 2011, 2012 y mitad de 2013.

A partir de este gráfico se puede ver que se fabrican una media de 1072396 kg de contrapesos al mes, a lo largo de los meses la producción varia pero podemos tomar este valor medio para el posterior cálculo y medidas que se vayan a realizar. Estos Kg engloban los contrapesos de acero, hormigón, hormigón férrico y plomo. De entre estos, el que más se fabrica es el acero con una media de 636062 Kg/mes, seguido por hormigón con 418718 Kg/mes y por último plomo con 17615 Kg/mes.

Se han utilizado en los gráficos las medias móviles de los datos, ya que se aproximan mejor a la realidad que una media normal.

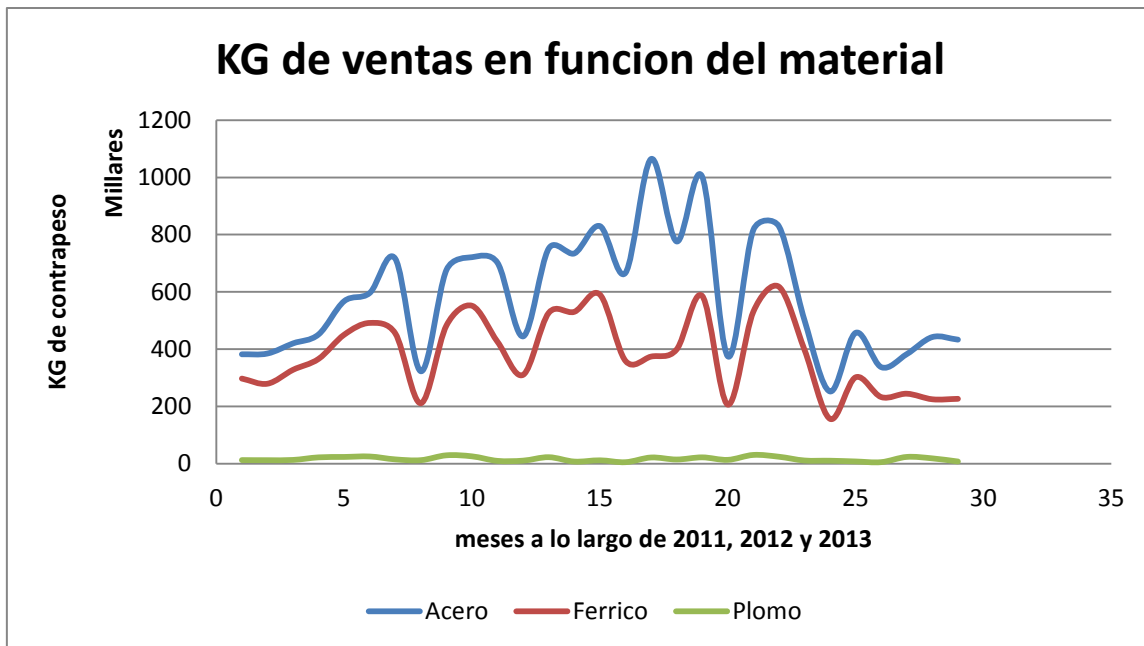


Ilustración 30: Kg de ventas de cada tipo de material.

En esta gráfica se muestra la evolución de ventas de contrapesos en KG, Se puede ver que el acero es el producto más vendido mientras que el plomo se queda muy lejos de la cantidad de acero y férrico. Es por ello que a lo largo del proyecto se da menos importancia al plomo ya que representa un menor problema su transporte por ser muchas menos piezas.

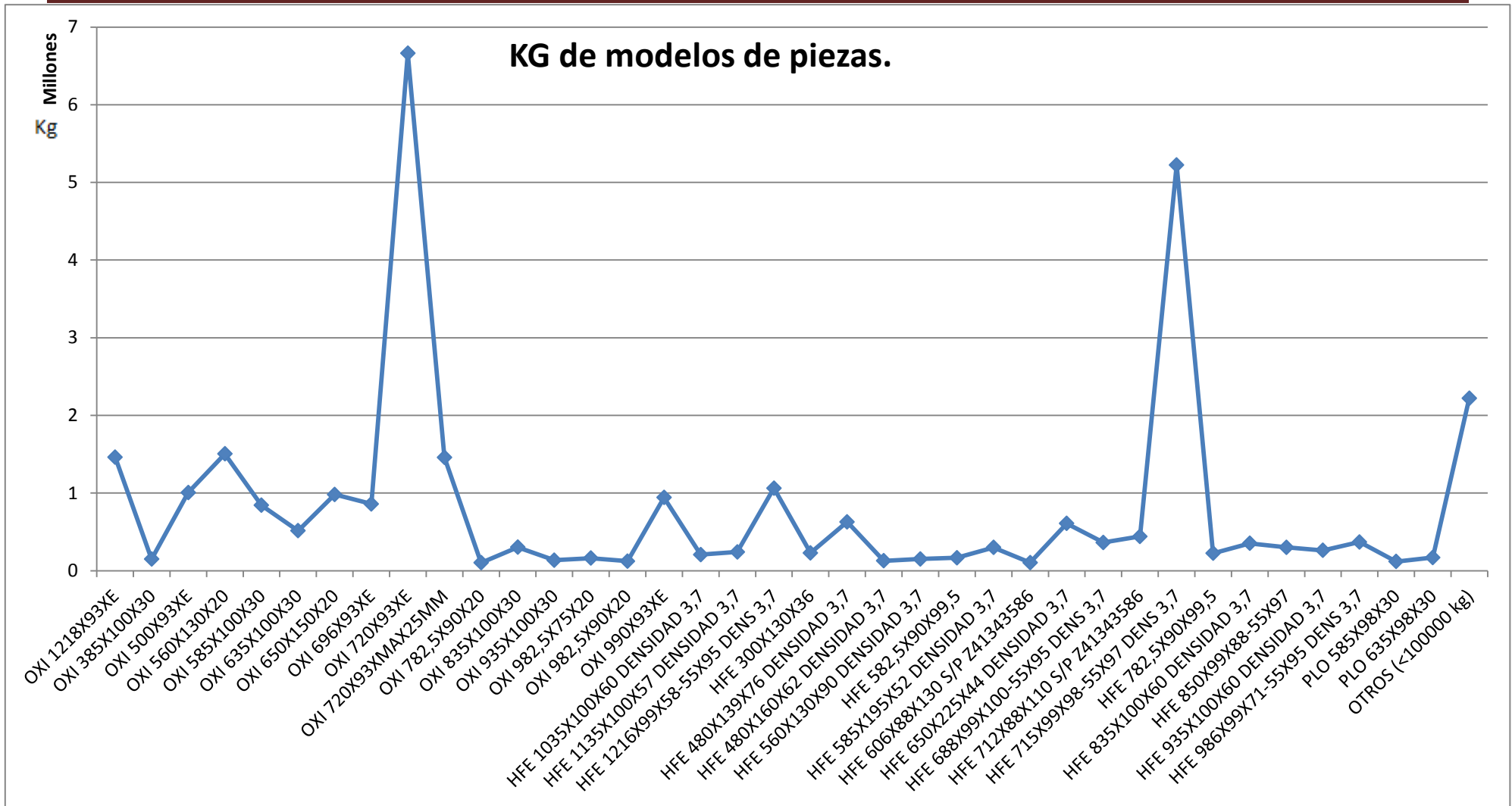


Ilustración 31: Kg de ventas de cada modelo de pieza del cliente estudiado.

En este gráfico están representados todos los modelos de piezas pedidas por este cliente en los últimos 3 años. Aquellas piezas cuya demanda ha sido menor de 100000kg están dentro del grupo "otros". Se puede apreciar a simple vista que hay dos modelos de piezas que son, con gran diferencia, los más pedidos de este cliente, un modelo de acero y otro de hormigón, son el modelo OXI 720x93xEmm y el HFE 715x99x98-55x97 DENS 3,7.

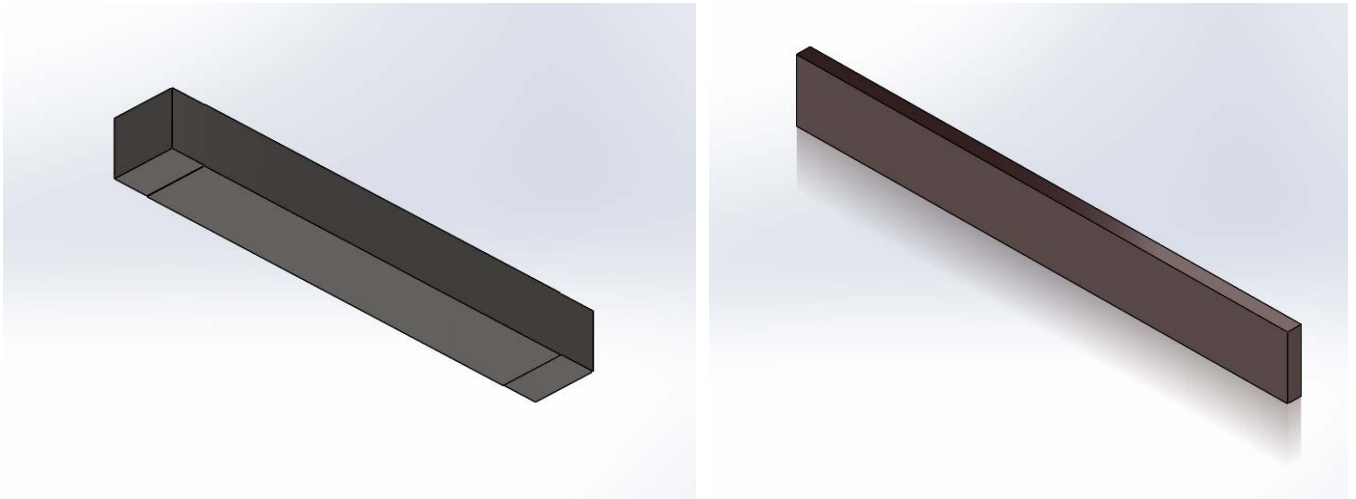


Ilustración 32: Dibujos de las dos piezas más vendidas, la primera de hormigón y la segunda de acero.

KG de los dos modelos más vendidos

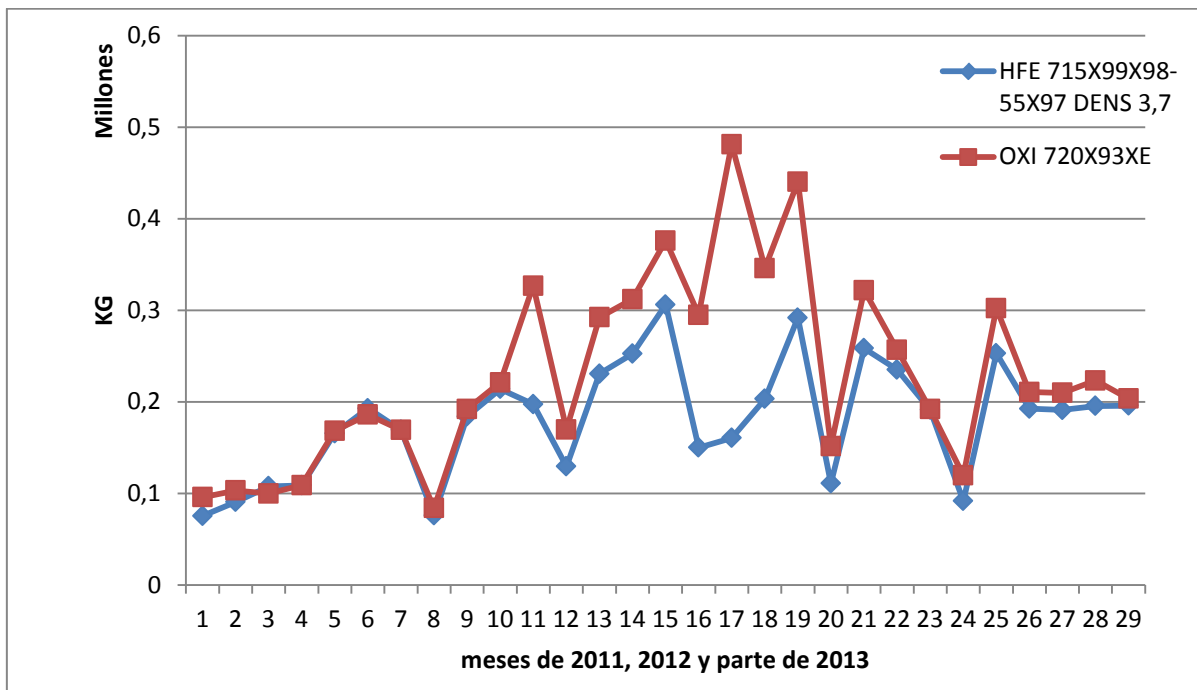


Ilustración 33: Kg de ventas de los dos modelos más vendidos.

Vemos gracias a estas gráficas que el 28% de las piezas pedidas por este cliente corresponden a estos dos modelos.

De aquí se puede deducir que con estas dos piezas se podría obtener un beneficio suficiente como para ver si la remodelación ha sido efectiva o no, por ello aunque en los pallets vayan piezas de distintos modelos mezclados y no quede más remedio que estudiar gran variedad de piezas, el T.F.G. se centra en estos dos modelos.

Las configuraciones de piezas, es decir la proporción que lleva cada pallet y de que modelos está definido por unos grupos. Estos son: CMG, Comodity, Eurolift, Modular, Otros. A cada nombre le corresponde un pallet y podrá llevar las piezas de su grupo.

CMG	HFE 582,5X75X115 S/P	Eurolift	HFE 1035X100X60 DENSIDAD 3,7
	HFE 582,5X90X99,5		HFE 1135X100X57 DENSIDAD 3,7
	HFE 782,5X71,5X125,5 S/P		HFE 385X195X60 DENSIDAD 3,7
	HFE 782,5X75X115 SP		HFE 435X195X60 DENSIDAD 3,7
	HFE 782,5X90X99,5		HFE 485X195X60 DENSIDAD 3,7
	HFE 982,5X75X97,5		HFE 535X195X60 DENSIDAD 3,7
	HFE 982,5X90X78,5		HFE 585X195X52 DENSIDAD 3,7
	OXI 582,5X105X20		HFE 635X195X52 DENSIDAD 3,7
	OXI 582,5X75X20		HFE 835X100X60 DENSIDAD 3,7
	OXI 582,5X90X20		HFE 935X100X60 DENSIDAD 3,7
	OXI 782,5X105X20		OXI 1035X100X30
	OXI 782,5X71,5X20		OXI 1135X100X25
	OXI 782,5X75X20		OXI 385X100X30
	OXI 782,5X90X20		OXI 435X100X30
	OXI 982,5X75X20		OXI 485X100X30
	OXI 982,5X90X20		OXI 515X100X30
	Modular		HFE 560X130X90 DEN 3,7
HFE 560X130X90 DENSIDAD 3,7		OXI 585X100X30	
HFE 650X225X44 DENSIDAD 3,7		OXI 615X100X30	
OXI 560X130X20		OXI 635X100X30	
OXI 650X150X20		OXI 835X100X30	
PLO 560X130X30		OXI 935X100X30	
	PLO 385X98X30		
	PLO 435X98X30		
	PLO 485X98X30		
	PLO 535X98X30		
	PLO 585X98X30		
	PLO 635X98X30		
	PLOMO 535X98X30 RAL 7021		

Ilustración 34: Modelos de piezas fabricadas.

Comodity	HFE 1216X99X58-55X95 DENS 3,7	Otros	HFE 1000X100X100-50X80
	HFE 1216X99X62-50X95		HFE 245X150X35 LIM ESCR
	HFE 480X139X76 DENSIDAD 3,7		HFE 300X130X36
	HFE 480X160X62 DENSIDAD 3,7		HFE 600X130X100
	HFE 480X224X62 DENSIDAD 3,7		HFE 700X100X100
	HFE 490X88X115 S/P Z_ 41343586		HOR 1000X100X100-50X80
	HFE 491X88X160 S/P Z41343586		HOR 400X115X100
	HFE 496X99X80 S/P Z_ 41343580		HOR 460X314X95
	HFE 606X88X130 S/P Z41343586		OXI 1035X110XE
	HFE 686X88X115 S/P Z41343586		OXI 1035X140XE
	HFE 688X99X100-55X95 DENS 3,7		OXI 165X120XE
	HFE 712X88X110 S/P Z41343586		OXI 180X175XE
	HFE 712X88X124 S/PLANO		OXI 195X100X30
	HFE 715X99X105-50X97		OXI 215X100X30
	HFE 715X99X98-55X97 DENS 3,7		OXI 215X100XE
	HFE 850X88X105 S/PLANO		OXI 222X100X30 R7009
	HFE 850X99X88-55X97		OXI 255X180X30
	HFE 986X99X71-55X95 DENS 3,7		OXI 265X100XE
	OXI 1000X93XE		OXI 280X100X50
	OXI 1002X93XE		OXI 285X130XE
	OXI 1008X93XE		OXI 285X195XE
	OXI 1010X93XE		OXI 295X100X30
	OXI 1018X93XE		OXI 295X190XE
	OXI 1040X93XE		OXI 300X100X100-50X24
	OXI 1058X93XE		OXI 300X100X80 CON ASA
	OXI 1060X93XE		OXI 315X110XE
	OXI 1065X93XE		OXI 315X150X30
	OXI 1078X93XE		OXI 315X180X30
	OXI 1080X93XE		OXI 315X200XE
	OXI 1108X93XE		OXI 335X110XE
	OXI 1120X93XE		OXI 335X190XE
	OXI 1158X93XE		OXI 340X120X100-50X24 SP
	OXI 1218X93XE		OXI 365X100XE
	OXI 200X93XE		OXI 365X110XE
	OXI 375X93XE		OXI 370X97X50
	OXI 395X93XE		OXI 375X190XE
	OXI 405X93XE		OXI 385X110XE
	OXI 415X93XE		OXI 400X100X60
	OXI 455X93XE		OXI 400X100X80
	OXI 480X93XE		OXI 405X205XE
	OXI 485X93XE		OXI 415X100XE
	OXI 490X93XE		OXI 415X110XE
	OXI 500X93XE		OXI 415X120XE
	OXI 500X93XMAX25MM		OXI 415X130X30
	OXI 510X93XE		OXI 415X200XE
	OXI 520X93XE		OXI 435X160XE
	OXI 530X93XE		OXI 435X190XE

Ilustración 35: Modelos de piezas fabricadas.

Comodity	Otros
OXI 540X93XE	OXI 435X210XE
OXI 550X93XE	OXI 440X80X40
OXI 560X93XE	OXI 443X180XE
OXI 570X93XE	OXI 445X120XE
OXI 580X93XE	OXI 450X100X100-50X24 TIPO C
OXI 590X93XE	OXI 450X230X130
OXI 593X93XE	OXI 455X200XE
OXI 600X93XE	OXI 455X60X25
OXI 610X93XE	OXI 460X95X95-50X24
OXI 620X93XE	OXI 465X100XE
OXI 640X93XE	OXI 485X110XE
OXI 660X93XE	OXI 485X120XE
OXI 690X93XE	OXI 495X110XE
OXI 695X93XE	OXI 500X100X45
OXI 696X93XE	OXI 500X140X50-50X24
OXI 696X93XMAX25MM	OXI 500X90X15
OXI 700X93XE	OXI 500X90X35
OXI 720X93XE	OXI 515X100XE
OXI 720X93XMAX25MM	OXI 515X150XE
OXI 723X93XE	OXI 525X100X30
OXI 728X93XE	OXI 535X100X30
OXI 758X93XE	OXI 535X100X30 RAL 7021
OXI 760X93XE	OXI 535X110XE
OXI 778X93XE	OXI 535X130XE
OXI 780X93XE	OXI 535X140XE
OXI 783X93XE	OXI 535X210XE
OXI 787X93XE	OXI 545X150XE
OXI 788X93XE	OXI 563X190XE
OXI 789X93XE	OXI 565X100X30
OXI 790X93XE	OXI 565X110X30
OXI 793X93XE	OXI 565X130X30
OXI 795X93XE	OXI 565X130XE
OXI 798X93XE	OXI 585X110XE
OXI 800X93XE	OXI 600X100X57
OXI 810X93XE	OXI 615X100XE
OXI 820X93XE	OXI 615X120XE
OXI 838X93XE	OXI 615X150X30
OXI 840X93XE	OXI 625X100XE-50X80
OXI 858X93XE	OXI 635X110XE
OXI 860X93XE	OXI 635X160XE
OXI 878X93XE	OXI 645X120X30
OXI 880X93XE	OXI 655X110XE
OXI 890X93XE	OXI 655X140XE
OXI 895X93XE	OXI 655X60X25
OXI 896X93XE	OXI 665X100X30
OXI 898X93XE	OXI 665X100XE
OXI 900X93XE	OXI 665X160XE

Ilustración 36: Modelos de piezas fabricadas.

Comodity	Otros
OXI 908X93XE	OXI 685X110XE
OXI 910X93XE	OXI 685X120XE
OXI 918X93XE	OXI 685X140XE
OXI 920X93XE	OXI 715X100X30
OXI 938X93XE	OXI 715X100XE
OXI 958X93XE	OXI 735X110XE
OXI 960X93XE	OXI 735X160XE
OXI 978X93XE	OXI 745X110XE
OXI 980X93XE	OXI 750X100XE
OXI 988X93XE	OXI 765X130XE
OXI 990X93X33	OXI 765X150XE
OXI 990X93XE	OXI 775X130XE
OXI 998X93XE	OXI 785X110XE
PLO 500X93X50 S/P Z_41318215	OXI 815X100X30
PLO 696X93X34	OXI 815X130X30
PLO 990X93X24	OXI 815X150X30
	OXI 815X230XE
	OXI 825X100X30
	OXI 835X110XE
	OXI 835X120XE
	OXI 885X160XE
	OXI 895X140XE
	OXI 915X100X30
	OXI 915X100XE
	OXI 915X130XE
	OXI 935X110XE
	OXI 935X140XE
	OXI 935X160XE
	OXI 935X240XE
	OXI 945X110XE
	OXI 955X130XE
	OXI DIAM.370X40
	PLO 240X70X40
	PLO 320X100X80
	PLO 400X120X50
	PLO 450X100X50
	PLO 450X100X50-50X24
	PLO 460X95X30
	PLO 500X140X50 SP

Ilustración 37: Modelos de piezas fabricadas.

Estos son todos los modelos de piezas pedidas por el cliente. A continuación se muestran algunos modelos de pallets, con el número de piezas pedidas o los kg. Estos son los pedidos más habituales del cliente.

pallets más habituales	cantidad	pallets más habituales	cantidad
OXI 720x93xE mm	466 Kg	OXI 720x93xE mm	252 Kg
HFE 715x99x98xMAX25mm	10 uds	HFE 715x99x98xMAX25mm	16 uds
HFE 712X88X110 S/P Z41343586	1 uds	HFE 712X88X110 S/P Z41343586	1 uds
HFE 480X139X76 DENSIDAD 3,7	2 uds	HFE 480X139X76 DENSIDAD 3,7	2 uds
OXI 720x93xE mm	622 Kg	OXI 720x93xE mm	330 Kg
HFE 715x99x98xMAX25mm	7 uds	HFE 715x99x98xMAX25mm	13 uds
HFE 712X88X110 S/P Z41343586	1 uds	HFE 712X88X110 S/P Z41343586	1 uds
HFE 480X139X76 DENSIDAD 3,7	2 uds	HFE 480X139X76 DENSIDAD 3,7	2 uds
OXI 720x93xE mm	291 Kg	OXI 720x93xE mm	272 Kg
HFE 715x99x98xMAX25mm	15 uds	HFE 715x99x98xMAX25mm	14 uds
HFE 712X88X110 S/P Z41343586	1 uds	HFE 712X88X110 S/P Z41343586	1 uds
HFE 480X139X76 DENSIDAD 3,7	2 uds	HFE 480X139X76 DENSIDAD 3,7	2 uds
OXI 720x93xE mm	525 Kg	OXI 720x93xE mm	213 Kg
HFE 715x99x98xMAX25mm	9 uds	HFE 715x99x98xMAX25mm	17 uds
HFE 712X88X110 S/P Z41343586	1 uds	HFE 712X88X110 S/P Z41343586	1 uds
HFE 480X139X76 DENSIDAD 3,7	2 uds	HFE 480X139X76 DENSIDAD 3,7	2 uds
OXI 720x93xE mm	408 Kg	OXI 720x93xE mm	155 Kg
HFE 715x99x98xMAX25mm	11 uds	HFE 715x99x98xMAX25mm	18 uds
HFE 712X88X110 S/P Z41343586	1 uds	HFE 712X88X110 S/P Z41343586	1 uds
HFE 480X139X76 DENSIDAD 3,7	2 uds	HFE 480X139X76 DENSIDAD 3,7	2 uds

Ilustración 38: Modelos de paletizado más habituales.

3.1.3. LA PRODUCCIÓN EN LA FÁBRICA

Existen gran cantidad de factores externos y estos son en gran medida los causantes de que los modelos determinísticos de planear, programar y controlar los sistemas productivos no funcionen tal como teóricamente deberían. La producción en la fábrica es algo que depende de un gran número de factores como el número de máquinas utilizadas, la producción anual, el número de productos fabricados, etc.

A continuación, gracias al estudio de métodos se va a tratar de evaluar como es la producción actualmente y como sería con las modificaciones que se plantea la empresa realizar.

ESTUDIO DE MÉTODOS

Documento consultado en la página: "ingenierosindustriales.com", disponible en la bibliografía [1]

El Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos es una de las más importantes técnicas del Estudio del Trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.

La evolución del Estudio de Métodos consiste en abarcar en primera instancia lo general para luego abarcar lo particular, de acuerdo a esto el Estudio de Métodos debe empezar por lo más general dentro de un sistema productivo, es decir "El proceso" para luego llegar a lo más particular, es decir "La Operación".

En muchas ocasiones se presentan dudas acerca del orden de la aplicación, tanto del Estudio de Métodos como de la Medición del Trabajo. En este caso vale la pena recordar que el Estudio de Métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una tarea u operación, a su vez que la Medición del Trabajo se relaciona con la investigación de tiempos improductivos asociados a un método en particular. Por ende podría deducirse que una de las funciones de la Medición del Trabajo consiste en formar parte de la etapa de evaluación dentro del algoritmo del Estudio de Métodos, y esta medición debe realizarse una vez se haya implementado el propio estudio; sin embargo, si bien este estudio debe preceder a la medición del trabajo cuando se fijan las normas de producción, en la práctica resultará muy útil realizar antes del Estudio de Métodos una de las técnicas de la Medición del Trabajo, como lo es el muestreo del trabajo.

Como ya se mencionó el Estudio de Métodos posee un algoritmo sistemático que contribuye a la consecución del procedimiento básico del Estudio de Trabajo, el cual consta de siete etapas fundamentales, estas son:

ETAPAS	ANÁLISIS DEL PROCESO	ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN
SELECCIONAR el trabajo al cual se hará el estudio.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.
REGISTRAR toda la información referente al método actual.	Diagrama de proceso actual: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual actual.
EXAMINAR críticamente lo registrado.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares a la operación completa.
IDEAR el método propuesto	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo.	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo a la operación completa "Principios de la economía de movimientos"
DEFINIR el nuevo método (Propuesto)	Diagrama de proceso propuesto: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual del método propuesto.
IMPLANTAR el nuevo método	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.
MANTENER en uso el nuevo método	Inspeccionar regularmente	Inspeccionar regularmente

Ilustración 39: Estudio de métodos.

Seleccionar:

En este apartado se delimita el proceso que va a formar parte del estudio y que se tratará de mejorar acorde a unos factores de entre los que caben destacar: consideraciones humanas, técnicas o económicas. En el primero de los factores se analizará si el trabajo de los operarios mejorará en cuanto a calidad, riesgo, fatiga etc. Acorde al factor técnico, la reforma deberá mejorar la producción y un periodo de tiempo razonable amortizar la inversión que supongan los cambios. Por último en el tema económico se analizará si hay desperdicios en el proceso, movimientos de materiales que demanden un recorrido de largas distancias o que requieran un gran trabajo por parte del trabajador.

Acorde a todas estas consideraciones y tratando de satisfacer al máximo todas ellas, este estudio se va a centrar en el trabajo que requiere preparar los pedidos del mayor de sus clientes, es un proceso muy repetitivo que aplicando una serie de cambios se podría mejorar su producción. Se analizará el proceso completo como la zona donde se realizan las operaciones o los viajes que son necesarios hacer con las carretillas.

Registrar:

Una vez se ha seleccionado el proceso a estudiar se pasa a la siguiente etapa del algoritmo del estudio del método, es decir, llevar a cabo el registro de la información referente al método actual. Este paso es sumamente fundamental, dado que de la exactitud de la información que se registre dependerá la eficacia en el desarrollo de las mejoras al método.

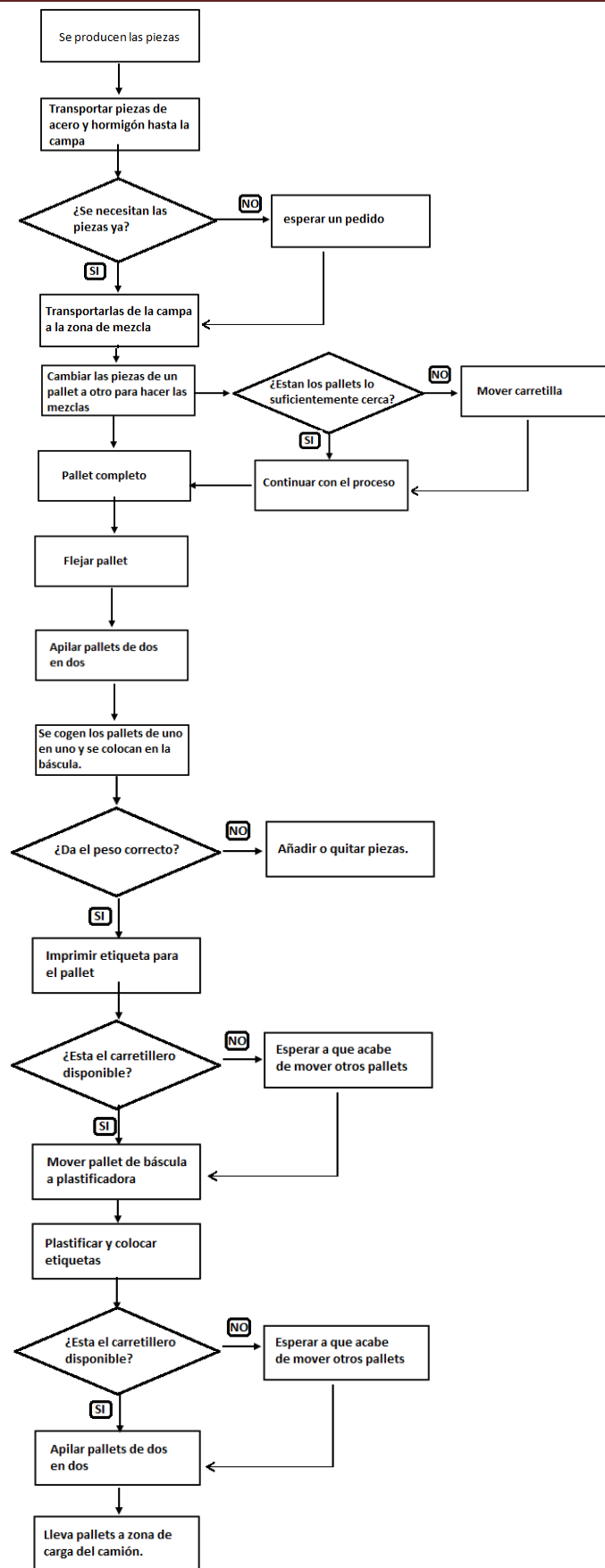


Ilustración 40: Diagrama del recorrido.

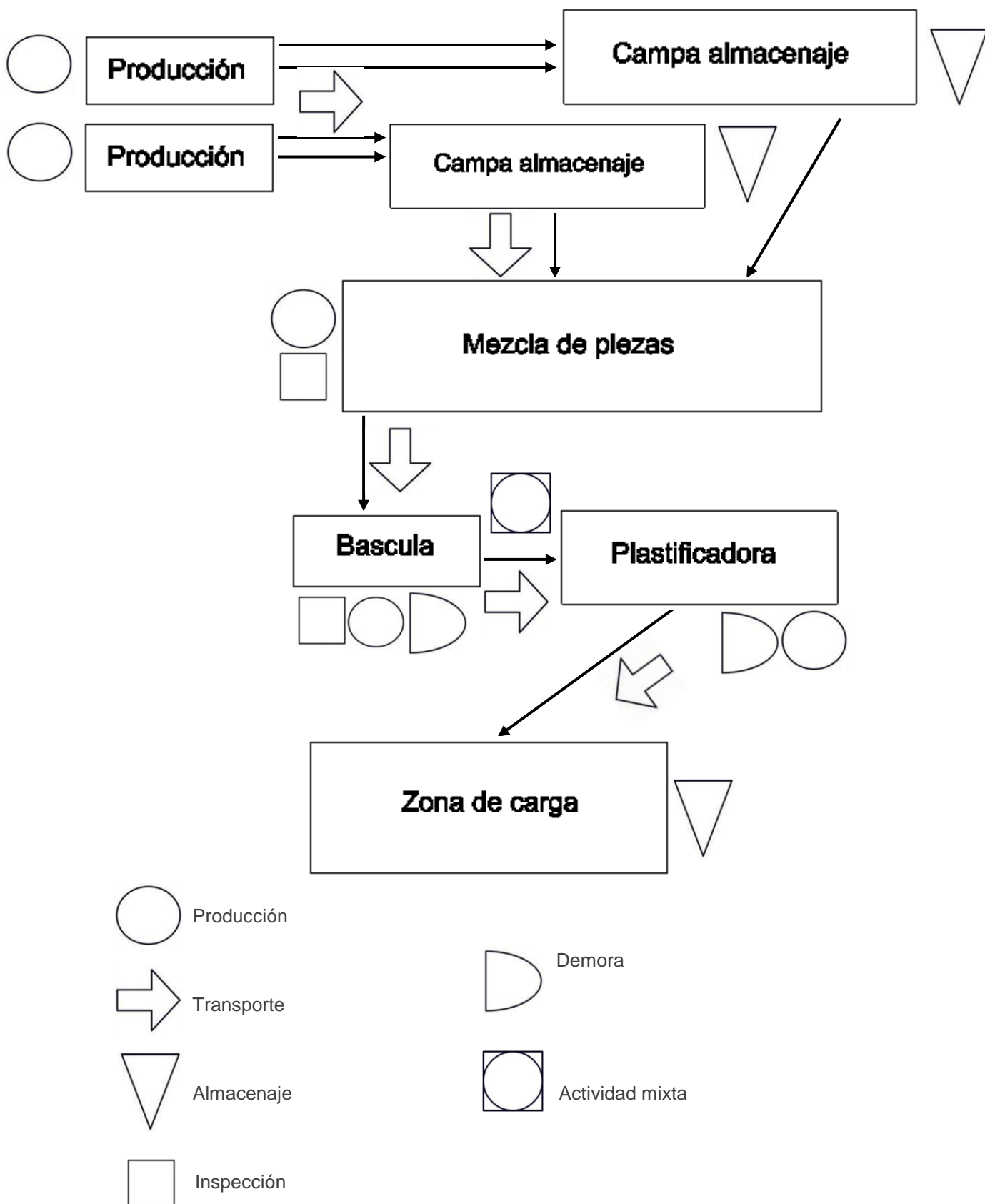


Ilustración 41: Cursograma del proceso.

Examinar:

Una vez se ha registrado toda la información respecto al método actual, haciendo uso de las herramientas de registro que se consideren pertinentes, la siguiente etapa consiste en el análisis o examen de dicha información, con el objetivo de hallar una mejor manera de realizar el trabajo. La técnica del interrogatorio es el medio para efectuar el examen crítico, mediante el sometimiento sucesivo de cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas.

Antes de aplicar la técnica del interrogatorio es importante conocer las clases de actividades registradas en cada uno de los diagramas. Primero partimos del hecho de que existen cinco clases de actividades para registrar el proceso, y estas cinco actividades (Operación, Inspección, Transporte, Almacenamiento y Demora) pueden dividirse en dos importantes categorías:

- Aquellas en que le sucede efectivamente algo a la materia o pieza objeto del estudio, es decir, se le trabaja traslada o examina.
- Aquellas en que no se le toca y está, o bien almacenada o bien detenida en una espera.

La primera categoría puede dividirse en tres subgrupos:

- Actividades de alistamiento: Para que la pieza o materia quede lista en posición para ser trabajada.
- Operaciones activas: Que modifican la forma, composición química o condición física del producto.
- Actividades de salida: Como sacar el trabajo de la máquina o el taller, sin embargo una actividad de salida puede al mismo tiempo ser una actividad de alistamiento para un proceso u operación siguiente.

Es lógico que el objetivo sea lograr la mayor proporción posible de actividades generadoras de valor agregado, que en este caso se encuentran representadas por las operaciones activas. Esta proporción mayoritaria de actividades de valor agregado se puede lograr por muchos medios, y para ello es necesario utilizar la técnica del interrogatorio. Las preguntas preliminares se utilizan para examinar toda la información registrada; estas se deben responder de la manera más objetiva posible, sin emitir ningún tipo de juicio de valor.

En esta primera etapa del interrogatorio se pone en tela de juicio, y de manera sistemática con respecto a cada actividad registrada, el propósito, el lugar, sucesión, persona y medios de ejecución; y se le busca justificación a cada respuesta. Como se muestra en la siguiente figura.

Según	Preguntas Preliminares: EXAMINAR	Objeto
El propósito de la actividad	1. ¿Qué se hace?	Eliminar partes innecesarias del trabajo
	2. ¿Por qué se hace?	
El lugar donde se ejecuta	5. ¿Dónde se hace?	
	6. ¿Por qué se hace en ese lugar?	
La sucesión o el orden que ocupa dentro de la secuencia	9. ¿Cuándo se hace?	Combinar o reordenar la secuencia o el orden operacional
	10. ¿Por qué se hace en ese momento?	
La persona que la realiza	13. ¿Quién lo hace?	
	14. ¿Por qué lo hace esa persona?	
Los medios utilizados	17. ¿Cómo se hace?	Simplificar el trabajo
	18. ¿Por qué se hace de ese modo?	

Ilustración 42: Tabla del estudio de métodos (Examinar).

- ¿Qué se hace?

El proceso que se va a evaluar va desde las piezas recién fabricadas hasta que se envían al cliente, este proceso tiene que pasar por el almacenaje de las piezas, su paletizado, control de peso acorde con el pedido o plastificado entre otras actividades.

- ¿Por qué se hace?

El objetivo de esta actividad es organizar las piezas pedidas de una forma compacta y ordenada para que así se pueda enviar de la forma más rápida efectiva y económica al cliente.

- ¿Dónde se hace?

Para el cliente que se va a analizar, que como ya he dicho anteriormente es el que más pedidos realiza, la actividad se realiza en una zona destinada exclusivamente a este cliente, consta de un pequeño cobertizo en el que hay una báscula y una plastificadora. Al lado del cobertizo hay una bancada donde se colocan las piezas en los pallets.

- ¿Por qué se hace en ese lugar?

El proceso de paletizado para este cliente se hace por separado del resto de clientes porque utilizan distintos pallets. Para la mayoría de clientes se utiliza el pallet europeo (1200x800 mm) pero para este cliente se usa uno más pequeño.

- ¿Cuándo se hace?

Se realiza una vez fabricadas las piezas y después de almacenarlas en una campa, conforme van haciendo falta se traen desde ahí hasta la zona de paletizado.

- ¿Por qué se hace en ese momento?

Esta actividad se realiza al final del proceso ya que una vez acabados, los pallets se guardan para meterlos al camión y enviarlos.

- ¿Quién lo hace?

Actualmente el proceso de cargar las piezas en los pallets, flejarlos, pesarlos, plastificarlos y dejarlos listos para enviar lo realizan dos operarios en cada turno. Se puede considerar la colaboración en el proceso del operario que transporta las piezas desde donde se fabrican hasta la campa, hay que decir que estos operarios no se centran exclusivamente en el trabajo para este cliente ya que mueven piezas para todos los clientes.

- ¿Por qué lo hace esa persona?

Cualquier operario que realice una actividad similar está capacitado para hacerlo, por ello no es estrictamente necesario que lo realicen los que están actualmente.

La actividad consta de pequeños pasos, todos ellos importantes y por ello es importante seguir un orden que evite fallos. En primer lugar se colocan unos pallets vacíos en la bancada y se acercan las piezas para a mano ir cambiándolas de un pallet a otro hasta tener el número de piezas o peso necesario. Una vez formado, se colocan dos flejes metálicos para evitar que se muevan las piezas y se retiran de la bancada para guardarlos ahí cerca hasta que se vayan a pesar. Cuando ya han acabado unos cuantos, un operario se coloca para pesar y plastificar y el otro mueve los paquetes con la carretilla.

El carretillero coloca un pallet en la báscula y mientras el operario lo comprueba y añade o quita si es necesario piezas, este tiene que ir trayendo otro pallet y quitar el que ya está plastificado, a continuación mueve el de la báscula a la plastificadora y carga otro en la báscula. Conforme se van terminando los pallets el carretillero también debe llevarlos a la zona de carga para el camión.

Estos viajes, en muchas ocasiones, hacen que uno de los operarios tenga que estar esperando para que muevan un pallet de la báscula a la plastificadora, retirarlo de la plastificadora o colocar uno nuevo en la báscula.

- ¿Por qué se hace de este modo?

Porque desde un principio se almacenaban las piezas de este cliente no muy lejos de ahí y por ello se empezó a realizar la operación ahí.

Idear:

La segunda fase de la técnica del interrogatorio corresponde a las preguntas de fondo, estas prolongan y detallan las preguntas preliminares para determinar si, se puede mejorar el método empleado, determinar si sería factible y preferible reemplazar por otro lugar, optimizar la sucesión, la utilización de las personas y/o medios indicados.

Después de que en la fase de preguntas preliminares se abordara "qué se hace" y "por qué se hace", a continuación se analiza que más podría hacerse, y por tanto que se debería hacer. De esta manera se alcanza un mayor grado de profundidad respecto a las respuestas obtenidas sobre el propósito, el lugar, la sucesión, la persona y los medios.

Según	Preguntas de fondo: IDEAR	Objeto
El propósito de la actividad	3. ¿Qué podría hacerse?	Eliminar partes innecesarias del trabajo
	4. ¿Qué debería hacerse?	
El lugar donde se ejecuta	7. ¿Dónde podría hacerse?	
	8. ¿Dónde debería hacerse?	
La sucesión o el orden que ocupa dentro de la secuencia	11. ¿Cuándo podría hacerse?	Combinar o reordenar la secuencia o el orden operacional
	12. ¿Cuándo debería hacerse?	
La persona que la realiza	15. ¿Quién podría hacerlo?	
	16. ¿Quién debería hacerlo?	
Los medios utilizados	19. ¿Cómo podría hacerse?	Simplificar el trabajo
	20. ¿Cómo debería hacerse?	

Ilustración 43: Tabla del estudio de métodos (Idear)

- ¿Qué podría hacerse?

El propósito de la actividad es la preparación de los pallets lo más rápido posible, el proceso no admite grandes variaciones pero sí que sería viable introducir pequeñas variaciones que mejoren de forma considerable la actividad.

- ¿Qué debería hacerse?

Se debería realizar un análisis exhaustivo del proceso para de esta forma ver los fallos que existen y tratar de rectificarlos lo antes posible para obtener mayores beneficios.

- ¿Dónde podría hacerse?

Entre las posibles alternativas de cambio, se encuentra la de trasladar toda la zona de paletizado a otro lugar desde el que las piezas estuviesen más accesibles y las operaciones resultasen más rápidas y eficaces. Sería necesario mover todo lo relacionado con el paletizado así como la zona de almacenamiento de piezas que se trasladaría para evitar tiempo de traslado con las carretillas.

Otro posible cambio sería evitar los excesivos viajes del carretillero y tiempo de demora de operarios que esperan a tienen que esperar a las carretillas para poder seguir con su labor.

- ¿Dónde debería hacerse?

Esta modificación debería hacerse en el lugar que a la larga resulte más económico, puede haber variables que en un principio den una rentabilidad mayor como puede ser por ejemplo la zona de carga del material, pero hay que evaluar todos los detalles del proceso para asegurar un máximo beneficio.

- ¿Cuándo podría hacerse?

La actividad que está siendo estudiada es necesario que se haga al final del proceso ya que se necesitan las piezas acabadas, de todos modos, puede variar ligeramente la prioridad con la que se hace. Es decir, una vez acabadas las piezas, son almacenadas hasta que se

requiera su preparación, pero este tiempo de almacenaje se puede hacer que varíe si se reduce el stock. Si se dispone de gran cantidad de material en stock, es difícil ver los problemas presentes ya que siempre se tiene material para vender. Reduciéndolo se hacen visibles los problemas mucho mejor y así se pueden ir evitando.

El objetivo es que conforme se produzcan las piezas, se embalen y preparen para enviarlas. Esto es prácticamente un ideal en una fábrica que produce un número tan grande de Kg de piezas al año pero se tratará de acercarse lo máximo posible a él.

- ¿Cuándo debería hacerse?

El proceso debería hacerse al final del proceso y lo más fluido posible sin tener que almacenar grandes cantidades de material.

- ¿Quién podría hacerlo?

Esta actividad la puede realizar cualquier operario que conozca el proceso y la forma más óptima de hacerlo.

- ¿Quién debería hacerlo?

La mejor opción sería que la actividad la realizaran los operarios que mejor conozcan el proceso y más rápido lo realicen con los menores errores posibles.

- ¿Cómo podría hacerse?

Este apartado se va a seguir desarrollando a lo largo del resto de trabajo, mediante dibujos, planos, estudio de tiempos etc. Se analizará la posibilidad de trasladar la actividad a otra zona de la fábrica, para ello es necesario trasladar toda la maquinaria, operarios, zonas de carga y descarga, posiblemente remodelar parte de la nave y estudiar las nuevas ubicaciones entre otras cosas. De entre las distintas propuestas de mejora se elegirá la más acorde a las necesidades del personal de producción, expediciones, calidad o departamento financiero.

- ¿Cómo debería hacerse?

Siempre que se realice una reforma en una empresa es necesario que se haga de la forma más eficaz y económica, tratando de alterar lo mínimo posible el transcurso normal del proceso.

Definir:

En este apartado se define el método minuciosamente, es necesario mencionar las herramientas y equipos que se necesitarán, así como la función que desempeñará cada operario y el tiempo previsto de cada proceso. También será importante un diagrama de la disposición del lugar de trabajo.

Implantar y mantener:

Estos dos últimos apartados se aplicarán en el momento en que el nuevo sistema productivo se lleve a cabo. De lo contrario, si finalmente no se implanta no tendría sentido

hablar de estos dos apartados ya que para estudiarlos hay que evaluar cómo funciona el nuevo *lay-out* y los problemas que pueda generar.

3.1.4. CLIENTES.

La empresa suministra contrapesos a un gran número de clientes, van desde empresas de ascensores, como empresas de grúas excavadoras o de instalación de catenarias ferroviarias. El principal suministro va destinado a contrapesos de ascensores, de ahí que den servicio a gran parte de Europa y la mayoría de la demanda Española. A continuación se muestra una tabla con una lista de clientes y sus ventas en Kg.

	2013												Total general
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	
Cliente 1	22340,0									49302,0	50333,0	44680,0	166655,0
Cliente 2	25000,0												25000,0
Cliente 3	336868,3	277594,6	323932,0	335385,0	236713,6	277897,2	364569,0	258239,3	290984,3	292067,5	338962,4	118770,5	3451983,6
Cliente 4		12000,0	12000,0	400,0	12578,0	1293,0	15306,0			12000,0	12000,0	2638,3	80215,3
Cliente 5	413910,0	362712,8	233944,9	157568,5	341713,6	211700,0	134006,4	239774,3	109310,0	454363,5	295529,2	167185,0	3121718,1
Cliente 6	63750,0	104739,0	53269,0	109420,0	20280,0		20280,0			124749,0	128430,0	38480,0	663397,0
Cliente 7	76950,0	114000,0	91200,0	114000,0	45600,0	96900,0	68400,0	62700,0	45600,0	68400,0	45600,0	0,0	829350,0
Cliente 8	575934,9	640309,4	743961,6	669055,5	869906,8	738327,7	827462,9	211304,1	777935,0	690807,0	711093,4	372296,6	7828394,8
Cliente 9	435377,3	416249,1	403123,0	488304,2	418871,4	400332,5	412651,7	120905,9	489294,8	597025,2	521946,9	223472,8	4927554,6
Cliente 10	40815,1	13304,8	18761,6	18586,0	14183,8	20582,4	25311,8	14453,3	17146,5	76806,5	77107,3	38381,4	375440,6
GR SCHINDLER	1239656,0	994178,0	1102772,9	1230277,7	1466451,0	1262229,6	1202577,9	576260,3	1335547,3	1471267,2	930501,2	552613,1	13364332,1
Cliente 12	298693,5	143995,6	170288,5	141396,2	105671,4	215460,5	139383,1	129144,6	171956,1	137383,8	147717,9	46084,4	1847175,5
Cliente 13	85000,0	66000,0	33000,0	59000,0	75500,0	82500,0	167500,0		59000,0	137000,0	68500,0		833000,0
Cliente 14	633512,5	499577,7	273062,8	328035,4	296746,1	461044,8	417786,4	171293,6	379367,3	784615,8	757067,5	275777,5	5277887,4
Cliente 15	23190,8		46333,2	78525,6						44711,0	29754,3	18098,7	240613,6
Cliente 16	23380,9	14834,9	26647,6	56165,0	45967,4	83876,8	120072,9	21954,5	101726,0	37320,9	33745,8	15666,2	581358,9
Cliente 17	14714,4	29017,8	18393,0	42274,0	28650,8	37115,1	43321,2	40646,7	43387,2	32696,4	32696,4	6946,2	369859,2
Cliente 18	59010,0		7161,0	21000,0	26646,0	8000,0	12500,0					10500,0	144817,0
Cliente 19	316698,3	42819,0	18245,7	36778,6	23359,6	23322,2	47828,2	17418,8	11045,0	63032,4	35114,2	22382,8	658044,7

Ilustración 44: Tabla de los principales clientes y las ventas en Kg a lo largo del 2013.

3.1.5. TIEMPO DEL PROCESO

Documento consultado en la página: "ingenierosindustriales.com", disponible en la bibliografía [1]

En el ejercicio de optimizar un sistema productivo el tiempo es un factor preponderante. Generalmente el tiempo que toma un recurso (operario, máquina, asesor) en realizar una actividad o una serie de actividades presenta una estructura tal como se muestra en la siguiente ilustración.

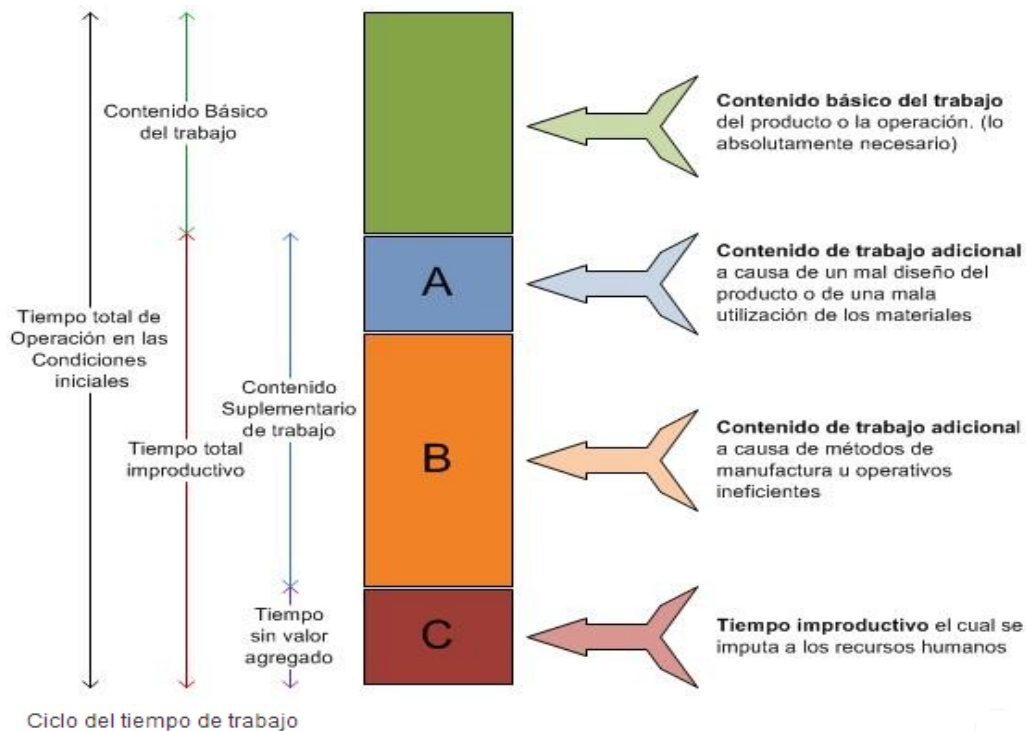


Ilustración 45: Tiempo utilizado en los procesos.

- Contenido básico del trabajo

El contenido básico del trabajo representa el tiempo mínimo irreductible que se necesita teóricamente para la obtención de una unidad de producción. Llegar a optimizar el tiempo de producción hasta el contenido básico quizá sea utópico sin embargo el objetivo regular es lograr aproximaciones considerables.

- Contenido de trabajo adicional "tipo a": Trabajo suplementario debido a ineficiencias en el diseño o en la especificación del producto o de sus partes, o a la utilización inadecuada de los material

Este contenido suplementario de trabajo se atribuye a deficiencias en el diseño y desarrollo del producto o de sus partes, así como también a un control incorrecto de los atributos estándar del mismo.

A continuación, se mencionan las posibles causas que alimentan el contenido de trabajo suplementario Tipo A:

A.1 Deficiencia y cambios frecuentes del diseño

El producto puede estar diseñado de manera que requiera un número de piezas no estandarizadas que dilatan las operaciones de ensamblaje de las mismas. La falta de componentes que sean factor común en diversas referencias aumenta la variedad de procesos de producción, esto sumado a la falta de estándares en los atributos de los productos obligan a la producción de lotes pequeños en tamaño lo cual causa un incremento significativo de los tiempos de alistamiento de las operaciones o las corridas de los lotes.

A.2 Desechos de materiales

Los componentes de una unidad de producción pueden estar diseñados de tal forma que sea necesario eliminar mediante diferentes técnicas una cantidad excesiva de material para así lograr darle su forma definitiva. Esto aumenta el contenido de trabajo y la cantidad de desperdicios de materiales. Las operaciones que incurren en esta deficiencia de diseño y desarrollo suelen ser las actividades en las que se hace necesario cortar los materiales.

A.3 Normas incorrectas de calidad

Existen determinadas normas de calidad que carecen de equilibrio o justicia en los sistemas productivos, por tanto suelen pecar ya sea por exceso o por defecto, de manera que en ocasiones en que los atributos fallan por defecto implican un trabajo mecánico meticuloso y adicional que se suma al desperdicio obvio de material y en las ocasiones en que los atributos fallan por exceso suele generar gran número de piezas desechadas. Por ello la normalización de calidad debe procurarse ser lo más equilibrada tanto en los márgenes de tolerancia de cada atributo como en los métodos de medición de los mismos.

- Contenido de trabajo adicional "tipo b": Tiempo suplementario a causa de métodos de manufactura u operativos ineficientes

Este contenido de trabajo suplementario se atribuye a los defectos que se puedan tener respecto a los métodos de producción, es decir a los movimientos innecesarios tanto de los individuos, equipo como de los materiales. Dentro de los métodos y operaciones que no agregan valor al proceso productivo se encuentran también las estaciones de mantenimiento, por ende una metodología deficiente de mantenimiento se encuentra comprendida como una causa al efecto del contenido de trabajo adicional "tipo B".

A continuación se describirán las posibles causas que ocasionan la existencia de este contenido suplementario de trabajo.

B.1 Mala disposición y utilización de espacio

La mejora respecto a la utilización del espacio en un sistema productivo o en una estación de trabajo funciona en inversa proporción con la cantidad de movimientos

innecesarios que pueden llegar a existir en dicho proceso. Además el espacio representa un costo de inversión (ya sea fijo o variable) dentro de cualquier organización, de hecho ha llegado a pensarse que en el auge de la logística en los procesos globalizados una nueva unidad de medida de la capacidad de un director de operaciones son los metros optimizados (en todas las dimensiones).

B.2 Inadecuada manipulación de los materiales

Optimizar los procesos mediante los cuales se trasladan por un sistema de producción los elementos como materias primas, insumos, productos parciales y productos terminados constituyen una mejora significativa en cuanto al ahorro de tiempo y esfuerzos. Dentro de las posibilidades de mejora se encuentran múltiples factores como lo son el equipo de manutención, el personal de manipulación y las actividades de transporte que puedan simplificarse y/o eliminarse.

B.3 Interrupciones frecuentes al pasar de la producción de un producto a la de otro

La correcta planificación, programación y control de las actividades de producción de los diferentes lotes, corridas o series garantizan una optimización de los tiempos improductivos de maquinaria y personal.

B.4 Método de trabajo ineficaz

Independiente de la secuencia de las actividades de producción existen de acuerdo a su grado de complejidad un gran número de estas que son propensas a optimizar su tiempo de ejecución mediante la ideación de mejores métodos.

B.5 Mala planificación de las existencias

El equilibrio entre garantizar la continuidad de un proceso y la inversión inmóvil que esto demanda constituye una mejora sustancial respecto a la planificación de existencias.

B.6 Averías frecuentes de la máquina y el equipo

Las averías son la principal cuota de imprevistos en un sistema productivo y ponen a prueba el grado de previsión del mismo. Un adecuado programa de mantenimiento preventivo y la eficiencia en la ejecución de las labores correctivas (incluso predictivo dependiendo de la complejidad de los procesos) garantizan un sistema más sólido el cual redundará en un proceso continuo.

- Tiempo improductivo "tipo c": Imputable al aporte del recurso humano

Los trabajadores de una organización pueden incidir voluntaria y/o involuntariamente en el tiempo de ejecución de las operaciones en un sistema productivo.

A continuación se describen las posibles causas que ocasionan la existencia de tiempo improductivo imputable al recurso humano.

C.1 Absentismo y falta de puntualidad

Este efecto es generado regularmente por un clima laboral inestable, inseguro, insatisfactorio y en el cual no se establecen o se omiten voluntariamente los términos y condiciones de responsabilidad.

C.2 Mala ejecución de las labores

Es el resultado de la inexistencia de trabajadores calificados, y/o la falta de capacitación sobre el trabajador regular. Además la mala ejecución de las operaciones tiene una mayor incidencia en el sistema productivo dado que puede generar la existencia de pérdidas y los efectos que esto conlleva.

C.3 Riesgo de accidentes y lesiones profesionales

Las garantías en materia de seguridad e higiene son fundamentales para el sostenimiento de un sistema productivo, no solo porque de ello depende la integridad de seres humanos sino que como un factor de improductividad la falta de garantías redundan en absentismo.



Ilustración 46: Distribución del tiempo de trabajo.

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO

Vale la pena aclarar que los términos Estudio de Tiempos y Medición del trabajo no presentan igual significado, se partirá definiendo que es la Medición del Trabajo:

"La Medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador cualificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida".

PROPÓSITO DE LA MEDICIÓN DEL TRABAJO:

El ciclo de tiempo del trabajo puede aumentar a causa de un mal diseño del producto, un mal funcionamiento del proceso o por tiempo improductivo imputable a la dirección o a los

trabajadores. El estudio de Métodos es la técnica por excelencia para minimizar la cantidad de trabajo, eliminar los movimientos innecesarios y substituir métodos. La medición del trabajo a su vez, sirve para investigar, minimizar y eliminar el tiempo improductivo, es decir, el tiempo durante el cual no se genera valor agregado.

Una función adicional de la Medición del Trabajo es la fijación de tiempos estándar (tiempos tipo) de ejecución, por ello es una herramienta complementaria en la misma Ingeniería de Métodos, sobre todo en las fases de definición e implantación. Además de ser una herramienta invaluable del coste o de las operaciones.

Así como en el estudio de métodos, en la medición del trabajo es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones humanas que nos permitan realizar el estudio de la mejor manera, dado que lamentablemente la medición del trabajo, particularmente el estudio de tiempos, adquirieron mala fama hace años, más aún en los círculos sindicales, ya que estas técnicas al principio se aplicaron con el objetivo de reducir el tiempo improductivo imputable al trabajador, y casi que pasando por alto cualquier error imputable a la dirección.

USOS DE LA MEDICIÓN DEL TRABAJO

En el proceso de fijación de los tiempos estándar quizá sea necesario emplear la medición para:

- Comparar la eficacia de varios métodos, los cuales en igualdad de condiciones el que requiera de menor tiempo de ejecución será el óptimo.
- Repartir el trabajo dentro de los equipos, con ayuda de diagramas de actividades múltiples. Con el objetivo de efectuar un balance de los procesos.
- Determinar el número de máquinas que puede atender un operario.

Una vez el tiempo estándar se ha determinado, este puede utilizarse para:

- Obtener la información de base para el programa de producción.
- Obtener información en que basar cotizaciones, precios de venta y plazos de entrega.
- Fijar normas sobre el uso de la maquinaria y la mano de obra.
- Obtener información que permita controlar los costos de la mano de obra (incluso establecer planes de incentivos) y mantener costos estándar.

ESTUDIO DE TIEMPOS

Es innegable que dentro de las técnicas que se emplean en la medición del trabajo la más importante es el estudio de Tiempos, o por lo menos es la que más permite confrontar la realidad de los sistemas productivos sujetos a medición.

"El Estudio de Tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida,

efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida".

ETAPAS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

- Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
- Registrar una descripción completa del método, descomponiendo la operación en elementos.
- Examinar una descripción para verificar que se están utilizando los mejores métodos de trabajo.
- Medir el tiempo con un instrumento apropiado, y registrar el tiempo invertido por el operario en realizar cada elemento de la operación.
- Simultáneamente con la medición, determinar la velocidad de trabajo del operario por correlación con el ritmo normal de trabajo de este.
- Convertir los tiempos observados o medidos en tiempos normales o básicos.
- Determinar los suplementos por descanso que se añadirán al tiempo normal o básico de la operación.
- Determinar el tiempo tipo o tiempo estándar de la operación.

En primer lugar se realiza un informe acerca de la tarea del operario y las condiciones que pueden influir en la ejecución del trabajo.

Los operarios encargados del paletizado trabajan al aire libre, expuestos por ello a las condiciones meteorológicas de cada día. Estas condiciones pueden influir negativamente en la ejecución del trabajo, un exceso de frío o calor dificulta la tarea del operario o en consecuencia puede bajar la producción. En cuanto a la tarea que realizan, se parte de las piezas que salen de fábrica y se colocan en los pallets, mezclándolas según unos pedidos. Por último se verifica el peso total y si es correcto se plastifica.

El proceso completo consta de un gran número de operaciones, algunas de ellas aun siendo pequeños detalles es importante analizarlos ya que de lo contrario se podría estar perdiendo mucho tiempo en el proceso. A continuación se muestra una lista de operaciones:

Llevar las piezas de producción a la campa
Almacenar los pallets en la campa
Llegada de un pedido
Mover los pallets de la campa a la plastificadora
Preparar nuevos pallets para colocar en ellos las piezas.
Dejar cerca las piezas necesarias.
Rellenar a mano el pallet con las piezas del pedido
Flejar el pallet
Comprobar hoja de pedidos
Apilar de dos en dos hasta acabarlos todos
Colocar en la báscula de uno en uno
Comprobar peso correcto en función del pedido
Añadir o quitar piezas si está mal de peso
Imprimir etiquetas y pegatinas
Mover con la carretilla el pallet de la báscula a la plastificadora.
Plastificar y colocar pegatinas
Apilar de dos en dos
Llevar pallets de dos en dos a la zona de carga del camión.

Ilustración 47: Lista de acciones para hacer los pedidos.

Después de realizar una lista completa de todos los pasos que engloba el proceso, se procede a medir el tiempo de cada proceso. La etapa de cronometraje comprende a su vez los procesos de:

- Descomposición de la tarea en elementos
- Delimitación de elementos

- Determinación del tamaño de la muestra

Descomposición de la Operación en Elementos

Lo primero que tiene lugar en la etapa de cronometraje es la descomposición de la operación en elementos, para ello hay que tener una serie de conceptos claros:

- Elemento: Elemento es la parte delimitada de una tarea definida que se selecciona para facilitar la observación, medición y análisis.
- Ciclo: Ciclo de trabajo es la sucesión de elementos necesarios para efectuar una tarea u obtener una unidad de producción. Comprende a veces elementos casuales.

La importancia de descomponer la operación en elementos radica en que este proceso nos permite:

- Separar el tiempo productivo del tiempo improductivo.
- Evaluar la cadencia de trabajo con mayor exactitud de la que es posible con un ciclo íntegro, dado que es posible que el operario no trabaje al mismo ritmo durante todo el ciclo y/o este tenga más destreza para ejecutar ciertas operaciones.
- Ocuparse de cada elemento según su tipo.
- Aislar los elementos que causan mayor fatiga y fijar con mayor precisión sus correspondientes suplementos.
- Permite verificar con mayor facilidad el método de trabajo, de manera tal que se pueda detectar la adición u omisión de elementos.
- Hacer una especificación detallada del trabajo.
- Extraer los tiempos de los elementos de mayor repetición con el objetivo de establecer datos estándar.

Según sus características los elementos se dividen en:

- Elementos repetitivos: Son los que reaparecen en cada ciclo de trabajo estudiado. Por ejemplo: Los elementos que consiste en recoger una pieza antes de la operación de montaje.
- Elementos casuales: Son los elementos que no reaparecen en cada ciclo de trabajo, sino a intervalos tanto regulares como irregulares. Son elementos que se suelen realizarse una vez ha tenido lugar más de un ciclo de trabajo. Sin embargo este elemento forma parte del trabajo provechoso y debe adicionarse a su debido tiempo y en su debida manera al tiempo tipo.
- Elementos constantes: Son aquellos cuyo tiempo básico de ejecución es siempre igual. Por ejemplo: Atornillar una tuerca, poner en marcha la máquina.

- Elementos variables: Son aquellos cuyo tiempo básico de ejecución cambia según las características del producto, equipo o proceso, como dimensiones, peso o calidad. Por ejemplo: Aserrar madera a mano (El tiempo varía según la dureza de la madera), barrer el suelo (depende de la superficie).
- Elementos manuales: Son los que realiza el trabajador.
- Elementos mecánicos: Son los realizados automáticamente por una máquina a base de fuerza motriz. Por ejemplo: La mayoría de las operaciones en máquinas - herramientas.
- Elementos dominantes: Son los que duran más tiempo de cualquiera de los elementos realizados simultáneamente.
- Elementos extraños: Son los observados durante el estudio y que al ser analizados no resultan ser una parte necesaria del trabajo.

Vale la pena aclarar que esta clasificación no excluye a los elementos que formen parte de un grupo específico, por lo tanto un elemento que se clasifique como repetitivo, bien puede ser constante o variable al mismo tiempo.

Elementos repetitivos	Tiempo (segundos)
Llevar las piezas de producción a la campa (acero)	125
Llevar las piezas de producción a la campa (hormigón)	150
Mover los pallets de la campa a la plastificadora	75
Preparar nuevos pallets para colocar en ellos las piezas.	40
Dejar cerca las piezas necesarias. (posible movimiento)	30
Rellenar a mano el pallet con las piezas del pedido	170
Flejar el pallet	65
Apilar de dos en dos hasta acabarlos todos	30
Colocar en la báscula de uno en uno	20
Comprobar peso correcto en función del pedido	50
Imprimir etiquetas y pegatinas	10
Mover con la carretilla el pallet de la báscula a la plastificadora.	20
Plastificar y colocar pegatinas	45
Apilar de dos en dos pallets acabados	15
Llevar pallets de dos en dos a la zona de carga del camión.	75

Elementos casuales	Tiempo (segundos)
Añadir o quitar piezas si está el peso erróneo	25
Comprobar hoja de pedidos	20
Parar para retirar piezas caídas	30
Cambiar bobina de plastificado	40
Cambiar bobina de fleje	30
Cambiar bobina de papel para pegatinas	30
Llevar a la zona de carga un solo pallet	75

Elementos constantes	Tiempo (segundos)
Mover las piezas desde producción a la campa (acero)	125
Mover las piezas desde producción a la campa (hormigón)	150
Mover los pallets de la campa a la plastificadora	75
Llevar a la zona de carga un solo pallet	75
Flejar el pallet	65
Apilar de dos en dos hasta acabarlos todos	30
Colocar en la báscula de uno en uno	20
Comprobar peso correcto en función del pedido	50
Imprimir etiquetas y pegatinas	10
Mover con la carretilla el pallet de la báscula a la plastificadora.	20
Plastificar y colocar pegatinas	45
Apilar de dos en dos pallets acabados	15
Cambiar bobina de plastificado	40
Cambiar bobina de fleje	30
Cambiar bobina de papel para pegatinas	30

Elementos variables	Tiempo
---------------------	--------

	(segundos)
Preparar nuevos pallets para colocar en ellos las piezas.	40
Dejar cerca las piezas necesarias. (posible movimiento)	30
Consultar hoja de pedidos	20
Añadir o quitar piezas si está el peso erróneo	25
Llevar pallets de dos en dos a la zona de carga del camión.	75
Rellenar a mano el pallet con las piezas del pedido	170
Parar para retirar piezas caídas	30
Elementos manuales	Tiempo (segundos)
Preparar nuevos pallets para colocar en ellos las piezas.	40
Rellenar a mano el pallet con las piezas del pedido	170
Flejar el pallet	65
Comprobar peso correcto en función del pedido	50
Imprimir etiquetas y pegatinas	10
Plastificar y colocar pegatinas	45
Consultar hoja de pedidos	20
Comprobar peso correcto en función del pedido	50
Añadir o quitar piezas si está el peso erróneo	25
Parar para retirar piezas caídas	30
Cambiar bobina de plastificado	40
Cambiar bobina de fleje	30
Cambiar bobina de papel para pegatinas	30
Elementos mecánicos	Tiempo (segundos)
Llevar las piezas de producción a la campa (acero)	125
Llevar las piezas de producción a la campa (hormigón)	150
Mover los pallets de la campa a la plastificadora	75

Dejar cerca las piezas necesarias. (posible movimiento)	30
Apilar de dos en dos hasta acabarlos todos	30
Colocar en la báscula de uno en uno	20
Mover con la carretilla el pallet de la báscula a la plastificadora.	20
Plastificar y colocar pegatinas	45
Apilar de dos en dos pallets acabados	15
Llevar pallets de dos en dos a la zona de carga del camión.	75
Comprobar peso correcto en función del pedido	50
Llevar a la zona de carga un solo pallet	75

Elementos dominantes	Tiempo (segundos)
Rellenar a mano el pallet con las piezas del pedido	170
Llevar las piezas de producción a la campa (acero)	125
Llevar las piezas de producción a la campa (hormigón)	150
Mover los pallets de la campa a la plastificadora	75
Llevar pallets de dos en dos a la zona de carga del camión.	75
Llevar a la zona de carga un solo pallet	75

Elementos extraños	Tiempo (segundos)
Llevar a la zona de carga un solo pallet	75
Consultar hoja de pedidos	20
Añadir o quitar piezas si está el peso erróneo	25
Parar para retirar piezas caídas	30
Apilar de dos en dos y tener que quitarlos para pesarlos	30
Mover con la carretilla el pallet de la báscula a la plastificadora.	20

En el estudio de tiempos existen dos procedimientos principales para tomar el tiempo con cronómetro, estos son:

- Cronometraje acumulativo.
- Cronometraje con vuelta a cero.

El cronometraje acumulativo consiste en hacer funcionar el reloj de forma ininterrumpida durante todo el estudio; se lo pone en marcha al principio del primer elemento del primer ciclo y no se detiene hasta finalizar todas las observaciones. Al final de cada elemento el especialista consigna la hora que marca el cronómetro, y los tiempos netos que corresponden a cada elemento se obtienen haciendo las respectivas restas una vez ha finalizado el estudio. La principal ventaja de esta modalidad es que se puede tener la seguridad de registrar todo el tiempo en que el trabajo se encuentra sometido a observación.

El cronometraje con vuelta a cero consiste en tomar los tiempos de manera directa de cada elemento, es decir, al acabar cada elemento se hace volver el reloj a cero, y se lo pone de nuevo en marcha inmediatamente para cronometrar el elemento siguiente.

Es importante consignar el horario de inicio y finalización del estudio, dado que esta información será muy relevante en un eventual estudio de fatiga, en el que se investigue el rendimiento de los trabajadores calificados en determinadas jornadas laborales

3.1.6. PEDIDOS.

A la empresa llegan gran variedad de pedidos, una vez introducidos en el sistema informático el encargado de producción debe organizarse para combinar todos los pedidos y cambiar la producción a otro modelo en el momento más oportuno. Es más rentable realizar largas tiradas de un pedido aunque se hagan más de las necesarias que estar cambiando el molde de la compactadora cada poco tiempo. Estos tiempos que está funcionando y el número de piezas que se hacen es lo que debe tener en mente el encargado de este proceso.

Los pedidos del cliente estudiado deben ir con una hoja y una pegatina en cada pallet así como una hoja en la que aparezcan todos los pallets que van en un camión y un diagrama del montaje de los contrapesos en la caja del ascensor.



EMPRESA 00001 - SIC LAZARO, S.L.U.

De camión 14680 a camión 14680

Preparación de la carga:

PAQUETES	ARTICULO1	DESCRIPCION	CNT1	ARTICULO2	DESCRIPCION	CNT2	ARTICULO3	DESCRIPCION	CNT3	ARTICULO4	DESCRIPCION	CNT4
1	10000021	HFE 715X96X96-65X97 DENG 3,7	14	13000310	OXI 720X93XE	195	13002805	OXI 720X93XMAX25MM	77	10000052	HFE 480X135X76 DENSIIDAD	2
	10000026	HFE 712X98X110 S/P Z41343586	1									
	PESO PAQUETE		671,02 Kg									
1	10000021	HFE 715X96X96-65X97 DENG 3,7	17	13000310	OXI 720X93XE	136	13002805	OXI 720X93XMAX25MM	77	10000052	HFE 480X135X76 DENSIIDAD	2
	10000026	HFE 712X98X110 S/P Z41343586	1									
	PESO PAQUETE		684,92 Kg									
7	10000021	HFE 715X96X96-65X97 DENG 3,7	18	13000310	OXI 720X93XE	78	13002805	OXI 720X93XMAX25MM	77	10000052	HFE 480X135X76 DENSIIDAD	2
	10000026	HFE 712X98X110 S/P Z41343586	1									
	PESO PAQUETE		651,22 Kg									
1	10000021	HFE 715X96X96-65X97 DENG 3,7	18	13000310	OXI 720X93XE	97	13002805	OXI 720X93XMAX25MM	77	10000052	HFE 480X135X76 DENSIIDAD	2
	10000026	HFE 712X98X110 S/P Z41343586	1									
	PESO PAQUETE		670,22 Kg									
1	10000021	HFE 715X96X96-65X97 DENG 3,7	18	13002805	OXI 720X93XMAX25MM	77	10000052	HFE 480X135X76 DENSIIDAD 3,	2	10000026	HFE 712X98X110 S/P Z41343	1
	PESO PAQUETE		573,22 Kg									
2	10000024	HFE 686X96X100-65X96 DENG 3,7	12	13000650	OXI 696X93XE	282	13002807	OXI 696X93XMAX25MM	59	10000028	HFE 686X96X115 S/P Z41343	1
	PESO PAQUETE		633,20 Kg									
1	10000324	HFE 582,5X96X99,5	36									
	PESO PAQUETE		652,68 Kg									

Ilustración 48: Hoja de pedidos.

Este modelo de hoja es en la que van indicados todos los pedidos de un camión junto con el tipo de material de cada pallet y el peso.

Por cada uno de estos paquetes hay una hoja en la que aparecen las piezas que lleva ese pallet.

Date:

Handling Unit ID HLAZ1400507801
 Handling Unit ID Description COUNTERWEIGHT FILLING MATERIAL
 Commission Number ESP0010747940
 PO number 4506430209
 Supplier reference number 14005078

From:
SIC LAZARO, S.L.U.
 CTRA ALFARO SN
 31591 - CORELLA
 España

Item	Material	Vendor Mat. No.	Material Description	Qty.	Unit of measure	
10	59316530	13000653	OXI 990X93XE Pesa acero espesor variable 990x93x33* CW filler Block steel 990x93x33* Blocco riemp. contrapp.acciaio 990x93x33 Bloc acier contrepoids 90x93x33* CW-Einlageklotz Stahl 990x93x33*	<input type="text"/>	PC	999,00 KG
20	59343582	10000023	HFE 986X99X71-55X95 DENS 3,7 Pesa Hormigón HD 3,7-986x99x71 HD-3,7- concrete block 986x99x71 Blocco cemento HD 3.7-986x99x71 Bloc beton HD 3.7- 986x99x71 HD 3.7--Betonblock 986x99x71	6	PC	144,60 KG
30	59343588	10000027	HFE 491X88X160 S/P Z41343586 Pesa Hormigón HD 3,7-491x88x160 (Yel) Blocco cemento HD 3.7-491x88x160(Giallo) HD-3,7- concrete block 491x88x160 (Yel) Bloc beton HD 3.7- 491x88x160 (jaune) HD 3.7--Betonblock 491x88x160 (Gelb)	2	PC	48,80 KG
40	59343495	10000050	HFE 480X224X62 DENSIDAD 3,7 Pesa Hormigón HD 3,7-480x224x62 (yugo) HD filler Blocks top 480x224x62 Blocchi riemp.HD 3.7-224(colloc.in alto) Blocs HD 3.7-224 places (au-dessus) HD 3.7-224-Einlageklotze(oben platziert)	2	PC	45,42 KG

ABREVIATIONS					
	EN	ES	IT	FR	DE
HD-3.7	High density 3,7 Kg/dm ³	Alta densidad 3,7 Kg/dm ³	Alta densita 3,7 Kg/dm ³	Haute densite 3,7 Kg/dm ³	Hohe Dichte 3,7 Kg/dm ³
HD-3.3	High density 3,3 Kg/dm ³	Alta densidad 3,3 Kg/dm ³	Alta densita 3,3 Kg/dm ³	Haute densite 3,3 Kg/dm ³	Hohe Dichte 3,3 Kg/dm ³
CW	Counterweight	Contrapeso	Contrappeso	Contrepoids	Gegengewicht

Ilustración 49: Hoja de pedido de un pallet.

Handling Unit ID Number: **HLAZ1400311301** **H-HLAZ1400311301**

Commission Number ABH4171121		Supplier LAZ	HU Nr./Total 01/02	Gross weight 1.272,00 kg
Handling Unit ID Description CONTERWEIGHT FILLING MATERIAL	Address: EFOUCAULT	Project: EHPAD LA ROCHEFOUCA ULT-RESIDENC E LA ROCH		Hotline: Procurement and Logistic Support Entity - DOC Direct Order Center
	ROUTE DE GUENROUET 44630 PLESSE			
Supplier Purchase Order Number 4506370118 P-4506370118				
Supplier Reference Information 14003113 14003113		Central Warehouse ECHZAR		

Handling Unit ID Number: **HLAZ1400312002** **H-HLAZ1400312002**

Commission Number ABH4171126		Supplier LAZ	HU Nr./Total 02/02	Gross weight 811,60 kg
Handling Unit ID Description CONTERWEIGHT FILLING MATERIAL	Address: EFOUCAULT	Project: EHPAD LA ROCHEFOUCA ULT-RESIDENC E LA ROCH		Hotline: Procurement and Logistic Support Entity - DOC Direct Order Center
	ROUTE DE GUENROUET 44630 PLESSE			
Supplier Purchase Order Number 4506370133 P-4506370133				
Supplier Reference Information 14003120 14003120		Central Warehouse ECHZAR		

Ilustración 50: Pegatinas de dos pedidos distintos.

Como he dicho este cliente manda además un diagrama de cómo irán los contrapesos colocados en el ascensor.

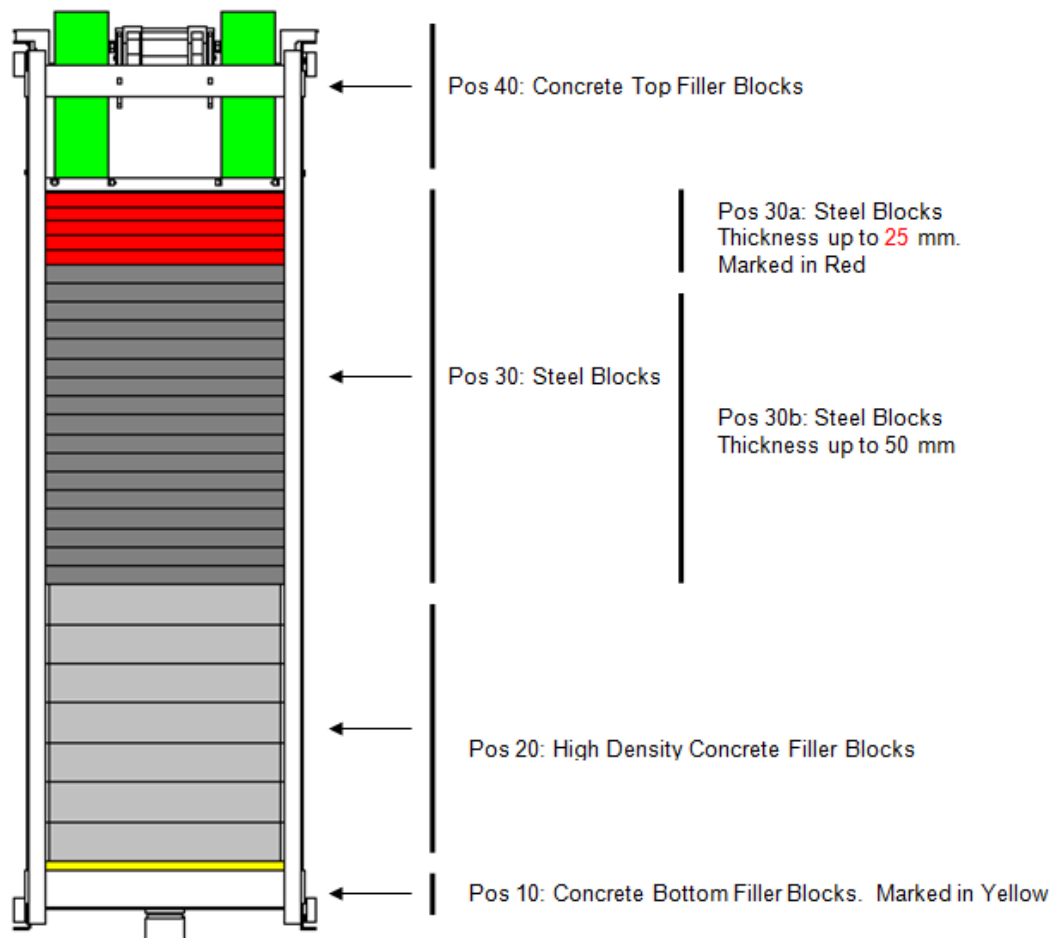


Ilustración 51: Colocación de los contrapesos en la caja del ascensor.


La imagen muestra la caja lateral donde van introducidos los contrapesos. Como se observa el hormigón va colocado en la parte más baja, por esto es por lo que al paletizarlo se coloca el hierro debajo y el hormigón arriba.

En la parte más baja de la caja se coloca una pieza de 712 mm de longitud que lleva una ranura para encajar en un perfil metálico en la parte más baja, justo encima de esta pieza se coloca el hormigón férrico de alta densidad, este ronda los 3200 kg/m³. Las piezas metálicas se colocan encima, en primer lugar unas de mayor espesor y después unas más delgadas. En la parte superior se colocan dos piezas de hormigón en vertical.

3.1.7. CONTROL DE CALIDAD.

Para verificar la calidad de las piezas en cuanto a dimensiones y peso, se realizan unos controles en varios puntos del proceso. Para ello se utilizan órdenes de trabajo en las que los trabajadores indican las piezas cortadas, si estaban dentro de las tolerancias y otros datos que puedan resultar interesantes a la hora de optimizar el proceso.

A continuación se muestran unos ejemplos de las órdenes de trabajo, una de ellas del oxicorte y la otra de limpieza de las piezas.



Orden de producción - OXICORTE

Código artículo: 13000310 Descripción: OXI 720X93XE

Número de orden: 319569 Cantidad: 71783 KG ()

Secuencia: 10 Operación: NUEVA MAQUINA

Página 1 de 2


T. Estándar: 2.793,30 UM/H

T. Estimado: 25,70 H/OP

C. de trabajo: NUEVA MAQUINA

Fecha inicio pre: 14/04/2014 Fecha fin pre: 16/04/2014

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



COTAS Y PESOS

	UTM	Nominal	Min	Máx
L (mm):		720,00	715,00	720,00
A (mm):		93,00	89,00	93,00
C (mm):				
D (mm):				
Espesor (mm):		34,00		48,00
Peso nominal (Kg):		17,10		25,00
Peso húmedo (Kg):				

STOCK: 44.631,00 FABRICACIÓN BAJO STOCK

TRABAJO DIRECTO:

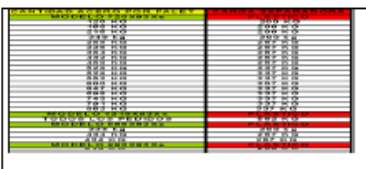
FECHA				
Operario				
Tiempo (HH:MM)				
Piezas buenas				
Piezas malas				
T. Máquina(HH:MM)				

PROXIMA OPERACION DEL ARTICULO:

Ciente: GRUPO SCHINDLER

PROGRAMAS DE OXICORTE:

Maquina	Referencia	Programa	Piezas	Sangría	Observaciones



Palet: PA 41 Alturas

Cantidad: Flejado

Observaciones: Pesado: Y

En cada palet tiene que ir la cantidad indicada en la etiqueta mas una fila de rojas (90 kg)

Palets:	Uds / Peso Pallet	Cantidad de Palets
	78	33,00
	125	1,00
	195	37,00
	389	74,00
	448	41,00
	545	27,00

Ilustración 52: Orden de trabajo del oxicorte

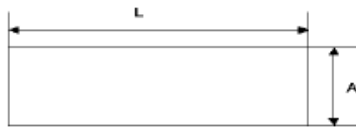


Orden de producción - LIMPIEZA PZAS OXICOR T.Estándar: UM/H

Código artículo: 13000310 **Descripción:** OXI 720X93XE **T. Estimado:** H/OP
Número de orden: 319569 **Cantidad:** 71783 KG () **C. de trabajo:** LIMPIEZA OXICORTE
Secuencia: 20 **Operación:** LIMPIEZA PZAS OXICORTE **Fecha inicio pre:** 16/04/2014 **Fecha fin pre:** 23/04/2014

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

COTAS Y PESOS



	UTM	Nominal	Min	Máx
L (mm):		720,00	715,00	720,00
A (mm):		93,00	89,00	93,00
C (mm):				
D (mm):				
Espesor (mm):		34,00		48,00
Peso nominal (Kg):		17,10		25,00
Peso Palet (Kg):				

Cliente:	GRUPO SCHINDLER		
Palets:	Uds / Peso Pallet	Cantidad de Palets	
	78	33,00	
	125	1,00	
	195	37,00	
	389	74,00	
	448	41,00	
	545	27,00	

TRABAJO DIRECTO:					
FECHA	Operario	Tiempo (HH:MM)	Piezas buenas	Piezas malas	T. Máquina(HH:MM)

Ilustración 53: Orden de trabajo de limpieza.

3.2. NUEVO LAY-OUT.

Hasta ahora se ha presentado en el trabajo cómo funciona la empresa, los productos que fabrica y sus utilidades, se han explicado también los sistemas de fabricación más importantes que se usan como son el oxicorte, la compactación del hormigón y su posterior secado o la cizalla. Se ha mencionado también la maquinaria necesaria que va desde puentes grúa a plastificadoras, puestos de soldadura o carretillas elevadoras entre otras. Se ha expuesto de manera detallada el proceso de elaboración de los contrapesos tanto para los de ascensores como para los de maquinaria pesada. En el siguiente apartado se ha definido el concepto de *lay-out* y las distribuciones productivas que puede haber en una fábrica.

En cuanto al *lay-out* de la fábrica, en primer lugar se han analizado unos datos de partida para así poder desarrollar el nuevo *lay-out* en base a estas necesidades. En primer lugar se ha recogido información sobre la materia prima que llega a la empresa, kilogramos de materiales para las piezas de hormigón y las de acero, para el primer producto llegan a la fábrica arenas, áridos, cemento y otras sustancias mientras que para las piezas metálicas se utilizan planchas de distintos espesores y dimensiones.

En segundo lugar se han estudiado los productos fabricados, se puede ver en las gráficas que la cantidad de modelos fabricados es muy grande pero casi el 30% de la producción se centra en dos modelos, una pieza de hormigón y una de acero. Por ello el trabajo se centrará principalmente en la mejora con estas dos piezas. Se presenta también una serie de los clientes más comunes, tanto de ascensor como de grúa.

Otro apartado importante es el referido a los pedidos de clientes. El trabajo se centrará en el cliente estudiado, más adelante se buscará formas de economizar el preparado de las hojas de pedidos así como su utilización por parte de los usuarios para preparar los pallets.

Con todo esto que se ha mencionado se tratará de buscar solución o mejoras a temas como la ubicación de las zonas de trabajo, la maquinaria y sistemas que se utilizarán para ello o las funciones que deban realizar los operarios.

3.2.1. UBICACION.

En el apartado de ubicación se engloban varios sectores entre los que están la explanada donde se guardan los pedidos y pallets antes de mezclar, la zona de mezcla es la zona donde los operarios realizan las mezclas de contrapesos acorde a los pedidos, actualmente se encuentra en esa zona una báscula y una plastificadora para verificar el peso y plastificar con las pegatinas y documentación referente al pedido. Por último, se menciona la zona donde el material que ya está listo se guarda a la espera de que llegue el camión que lo transportará.

3.2.1.1 EXPLANADA.

ERRORES

- La zona de almacenaje de material se encuentra lejos de donde se producen las piezas.
- Hay que mover las piezas de hormigón y acero por separado a la zona de mezclado.
- Las piezas de acero y hormigón se almacenan en zonas separadas.
- Zona de carga de los camiones se encuentra lejos de la entrada a las instalaciones.

SOLUCIONES

- Cambiar la zona de almacenaje de material a un lugar más cercano a la salida del producto.
- Evitar almacenar grandes cantidades de material.
- Almacenar las piezas de forma ordenada para que así su recogida sea lo más eficaz posible.

Como se ha mencionado antes en la lista de posibles soluciones, la ubicación del nuevo *lay-out* será la explanada que se encuentra en la parte trasera de la nave, aquí hay suficiente espacio para el almacenaje de pallets a la espera de ser mezclados o que ya estén acabados y plastificados para enviarlos a sus respectivos destinos. Esto reduce de forma considerable las distancias recorridas por las carretillas, lo que se puede ver en estos cálculos.

DISTANCIAS RECORRIDAS POR LAS CARRETILLAS ACTUALMENTE.

- Distancia de cizalla a campa: 226m
- Distancia de compactadora a campa: 126m
- Distancia de campa a paletizado: 61m
- Distancia de paletizado a zona de carga: 64m

DISTANCIAS RECORRIDAS POR LAS CARRETILLAS CON LA NUEVA SITUACION.

- Distancia de cizalla a paletizado: 0m
- Distancia de compactadora a paletizado: 88m
- Distancia de paletizado a zona de zona de carga: 10m

SUMATORIOS DE DISTANCIAS:

ACTUALMENTE: distancia total 477m ----- ida y vuelta 954m

NUEVA: distancia total 98m ----- ida y vuelta 196m

Se comprueba que el camino original constituye más del triple de distancia que el nuevo.

COMPARATIVA DE TIEMPOS:

Si las carretillas van a unos 10 km/h se ahorrara en cada viaje:

Tiempo actual en un viaje de ida y vuelta (5,74 min)

Tiempo nuevo en un viaje de ida y vuelta (1,17 min)

- En cada viaje completo de carretilla ahorraríamos 4,56 min.
- Para 10 viajes 45,66 min
- Para 50 viajes 228,3 min (casi 4 horas)
- Para 100 viajes 456,6 min (más de 7 horas y media)

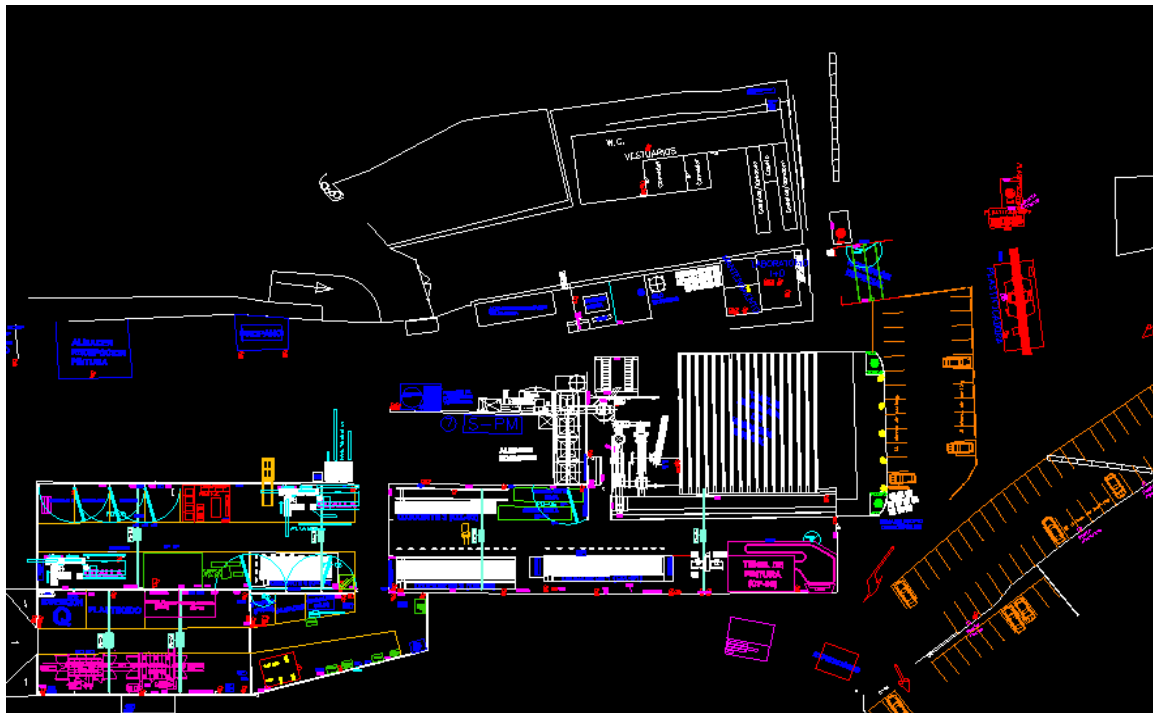


Ilustración 54: Recorridos actuales del acero (rojo) y del hormigón (verde)

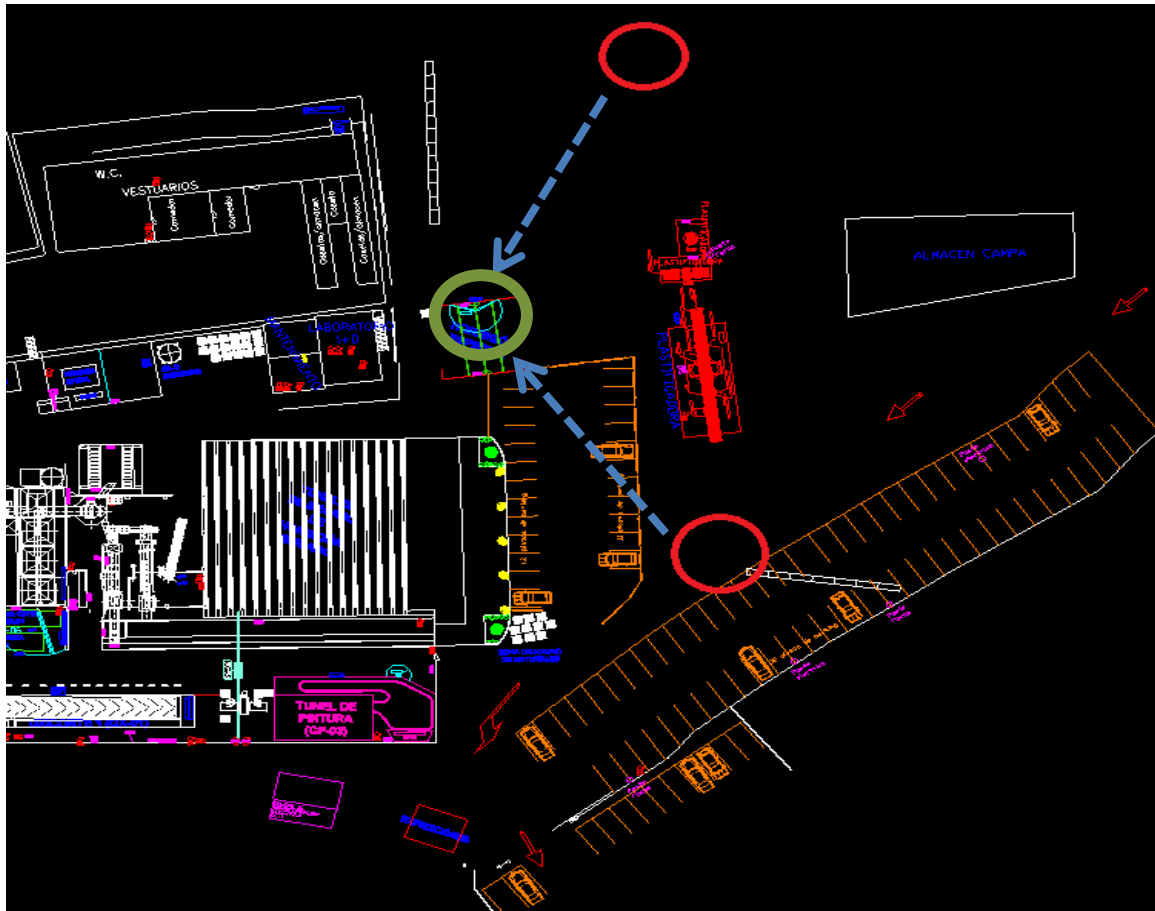


Ilustración 55: Recorridos desde los almacenes intermedios a la zona de mezclado

En la primera imagen se muestra el recorrido para llevar las piezas desde la cizalla y la compactadora a sus respectivas zonas de almacenaje, están representados respectivamente por la línea roja y la verde.

La segunda imagen representa el proceso comprendido entre el almacenaje intermedio y el preparado de los pallets. El círculo rojo inferior indica el almacenaje de las piezas metálicas, el círculo rojo superior el almacenaje de los contrapesos de hormigón y el verde donde se mezclan, pesan, plastifican y preparan los pallets para su envío.

Uno de los problemas es la distancia entre la cizalla y la campá y entre esta y la zona de preparado de pedidos. Para solventarlo se propone almacenar las piezas y embalarlas en el lugar más cercano posible a la salida del producto. A continuación se presentan unas imágenes de las dos soluciones más viables de donde se podría colocar la zona de almacenaje y preparado de pedidos.

En primer lugar se ve una de las posibles zonas de almacenaje y preparado de pallets y los recorridos desde la compactadora y la cizalla. La ventaja de esta configuración es que no hacen falta almacenajes intermedios para el acero cortado que repercuten en una pérdida importante de tiempo. El inconveniente es tener que transportar el hormigón hasta el fondo de la nave y posteriormente llevar los pallets empacquetados a la zona de carga.

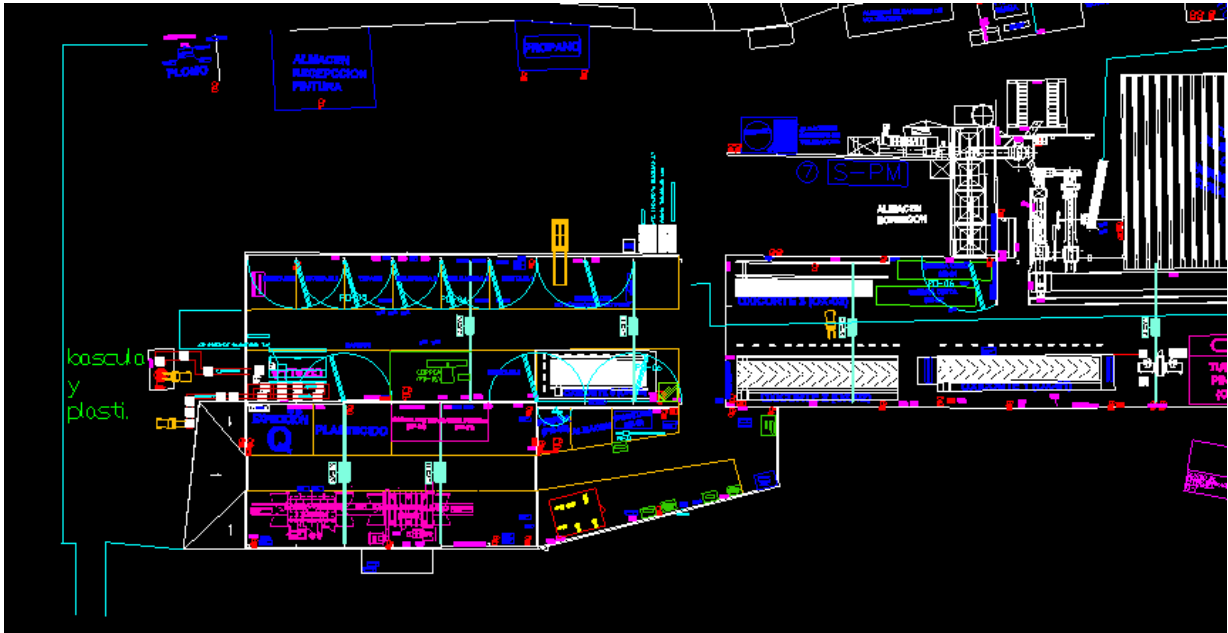


Ilustración 56: Recorrido de la compactadora a la zona de mezcla (primera solución)

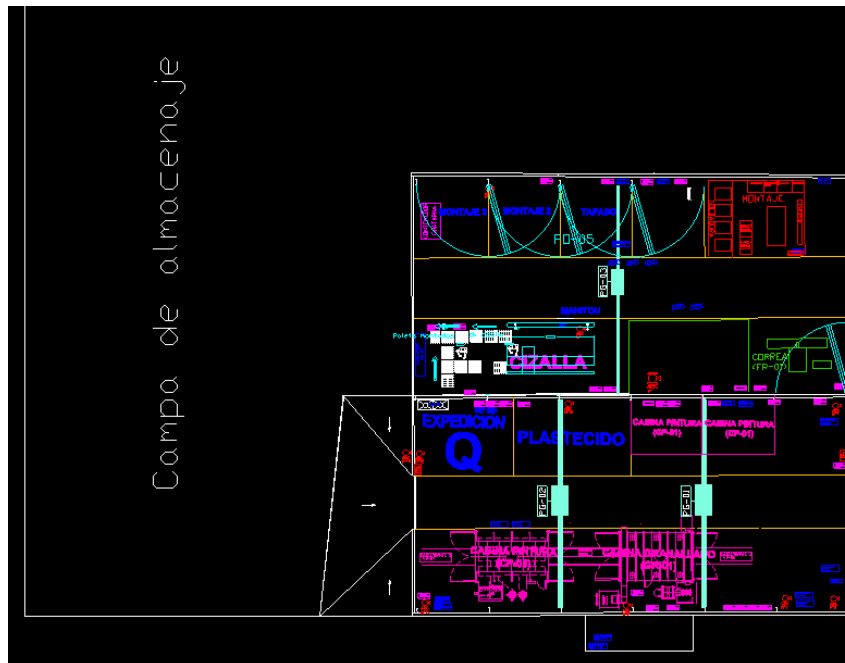


Ilustración 57: zona de la nave donde se colocarían las instalaciones

En la segunda imagen se muestra la parte trasera de la nave donde se encuentra la cizalla, puestos de soldadura, cabinas de pintura, zona de montaje etc. Como se ve, la cizalla está al fondo de la nave, hecho que facilitará la comunicación de pallets y piezas con el exterior de la nave.

Por otro lado se encuentra la segunda solución que consiste en realizar la mezcla de los contrapesos en un lateral de la nave y más cerca de la compactadora que la primera solución. Las piezas de hormigón se irán almacenando en un lateral conforme vayan llegando y se van introduciendo a la nave a través de una mesa de rodillos gracias a la cual se realizarán las mezclas con menos esfuerzo y de forma más eficaz.

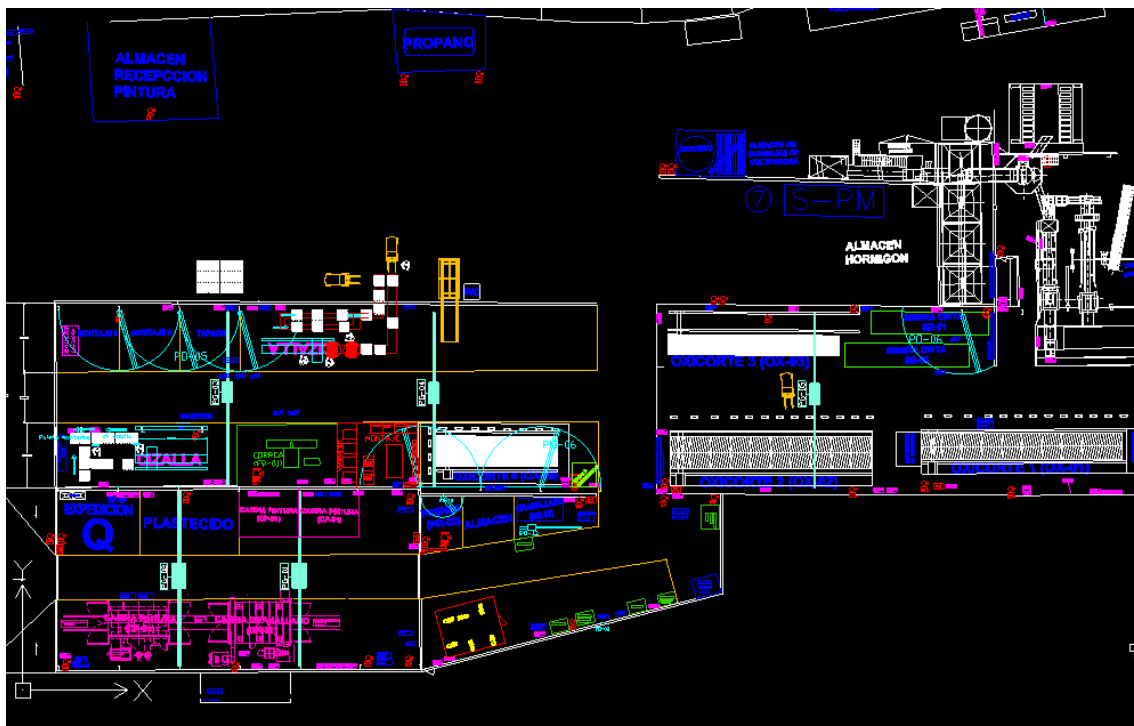


Ilustración 58: Recorrido de la compactadora a la zona de mezcla (segunda solución)

En la imagen la flecha azul señala el recorrido para llevar el hormigón desde la compactadora a la zona de almacenaje, de donde se iría cogiendo el material necesario y mezclándose en el interior de la nave gracias a una mesa de rodillos. El círculo amarillo indica la situación de la cizalla y el sistema de rodillos.

Se podría realizar la carga de los pallets en la explanada justo delante. Con este detalle el resultado sería mucho más eficaz ya que se ahorraría el transporte de los pallets terminados hasta la zona delantera de la nave donde se realiza actualmente la carga en los camiones.

3.2.1.2 ZONA DE MEZCLA

ERRORES

- Hay que traer uno a uno todos los pallets a la zona de mezclado
- Una vez terminados es necesario mover los pallets a otra zona de almacenaje donde se guardan hasta que llega el camión.

SOLUCIONES

- Utilizar un sistema de rodillos o de cinta transportadora para minimizar los movimientos con la carretilla.

A la zona de mezcla llegan las piezas de hormigón y de acero y es ahí donde se procede a formar los pallets con el número exacto de piezas o de Kg que el cliente pide en cada paquete. El hormigón se acerca desde la compactadora mediante un carro con capacidad para un gran número de pallets, de esta forma con un solo viaje se tendría suficiente material para prácticamente una jornada de ocho horas. El acero para este cliente se realiza de forma casi íntegra en la cizalla, es por ello que el mezclado se realizará justo donde se fabrica el metal y se evita de esta forma tener que moverlo.

Con el fin de optimizar el mezclado de piezas se ha pensado en un sistema de camino de rodillos que instalado al lado de la cizalla podría evitar mucho esfuerzo de los trabajadores y movimientos de pallets con las carretillas.

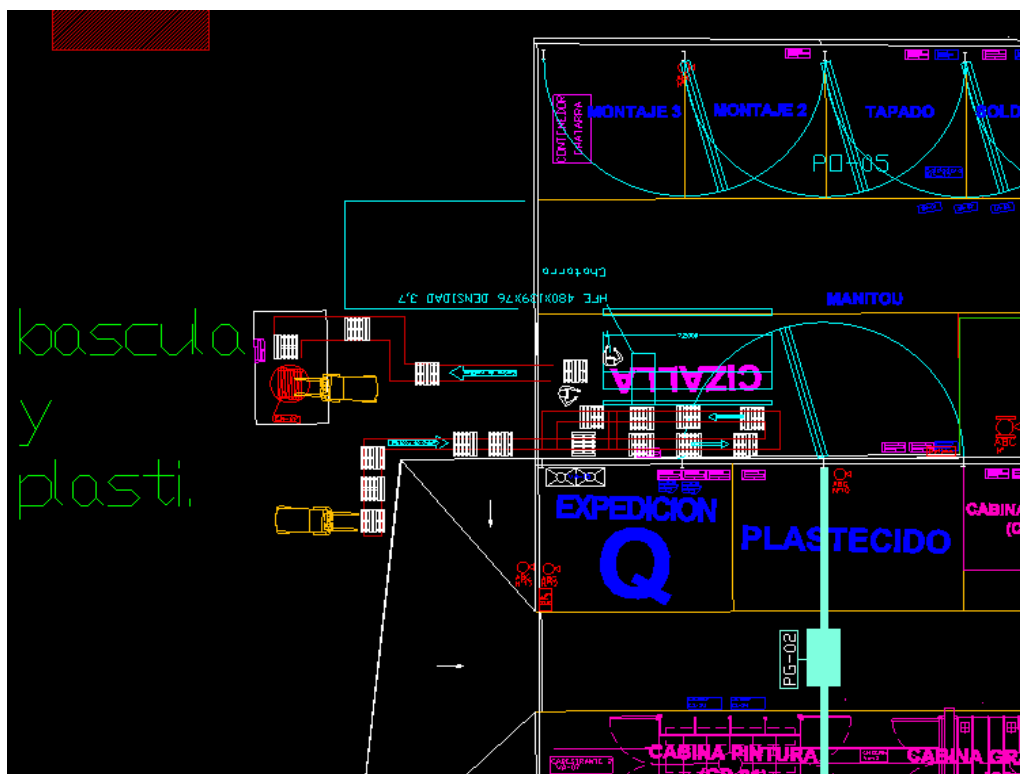


Ilustración 59: Zona de mezcla (primera solución)

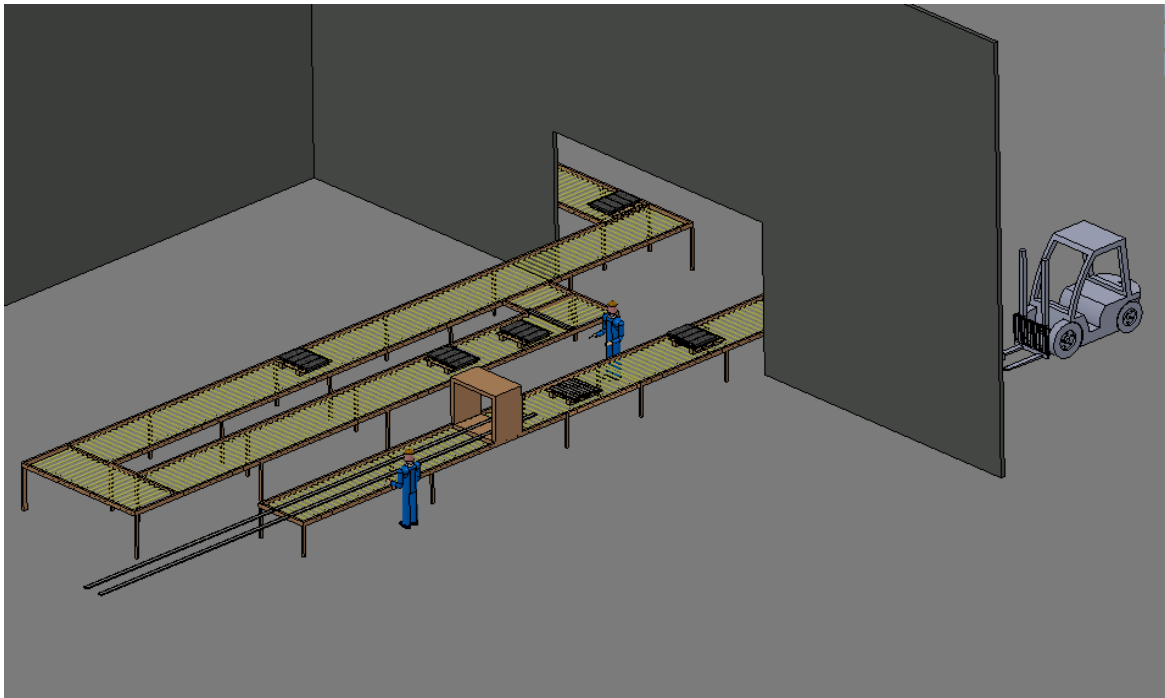
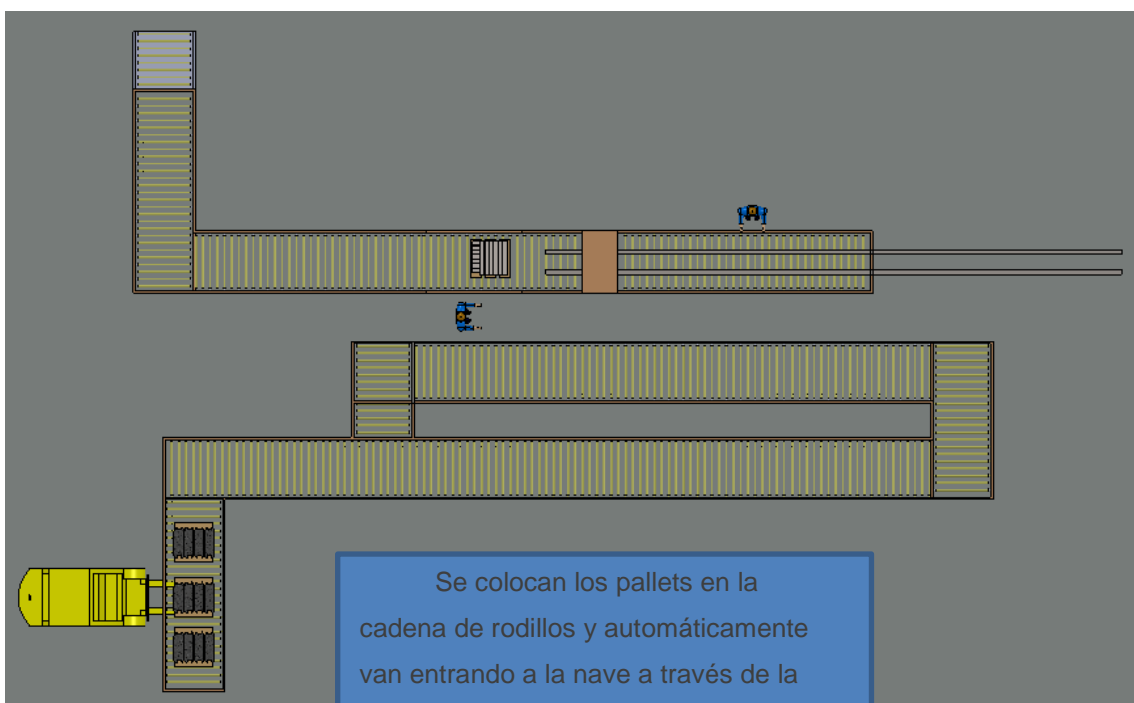


Ilustración 60: Modelo en 3d de la zona de mezcla (primera solución)

En esta imagen está representada la zona de la cizalla, se ha colocado un camino de rodillos paralelo a la cizalla de forma que se introducen los pallets con piezas de hormigón y desde el camino de rodillos el operario coge las piezas de hormigón y las pasa al pallet de la cizalla completándolo y dejándolo listo para su pesado y embalaje.



Se colocan los pallets en la cadena de rodillos y automáticamente van entrando a la nave a través de la

Ilustración 61: Modelo en 3d de la zona de mezcla (primera solución)



Ilustración 62: modelo en 3d de la zona de mezcla (primera solución)

La solución mostrada finalmente se desechó ya que había una forma de colocar la instalación más cerca de los productos y ahorrar tiempos de desplazamiento. Se piensa colocar la nueva instalación a mitad de la nave y de esta forma los contrapesos de hormigón se almacenarían a escasos metros de la compactadora. Además de esta ventaja, tenemos que en esa zona hay espacio suficiente para almacenar el hormigón e incluso se podría realizar la carga en los camiones ahí mismo.

La solución consiste en dos caminos de rodillos, uno de entrada por donde llega el hormigón que es necesario en cada momento para completar los pallets y por otro lado un camino de salida que consta de dos básculas, una estación de flejado y una de plastificado. El proceso llevado a cabo es el siguiente:

Pasos a seguir para completar un pallet.			
Operario	Operación	Operación secundaria	Tiempo estimado
Carretillero	Cargar pallet de HFE en los rodillos		30''
Cizalla 1	Alimentar cizalla	Ayudar a mezclar el hormigón	60''
Cizalla 2	Paletizar las piezas de acero cortadas	Colocar piezas de poco volumen	120''
Cizalla 3	Mover piezas de HFE a los pallets de acero	Retirar pallets del camino de rodillos	60''
Cizalla 1	Flejar pallet completo		40''
Cizalla 1	Plastificar pallets completo		40''
Cizalla 1	Colocar pegatinas		10''
Cizalla 1	Dar salida al pallet.		5''

Ilustración 63: Operaciones para formar los pallets

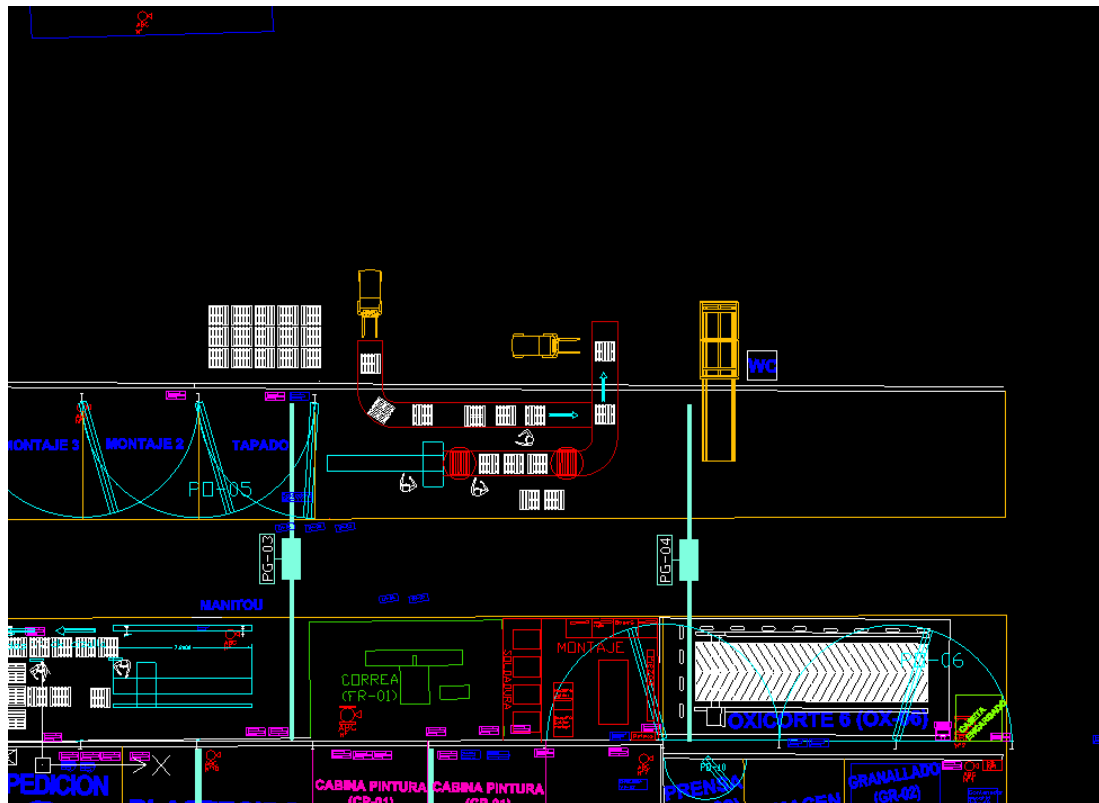


Ilustración 64: Zona de mezcla (segunda solución)

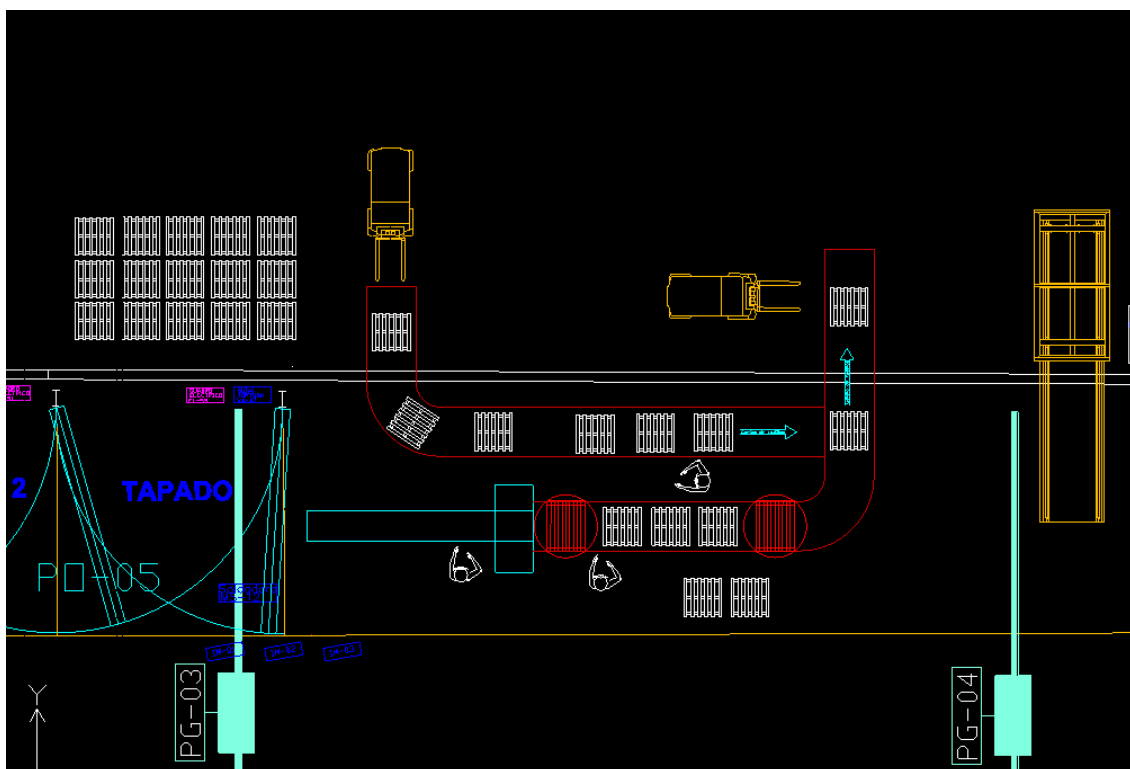


Ilustración 65: Zona de mezcla (segunda solución)

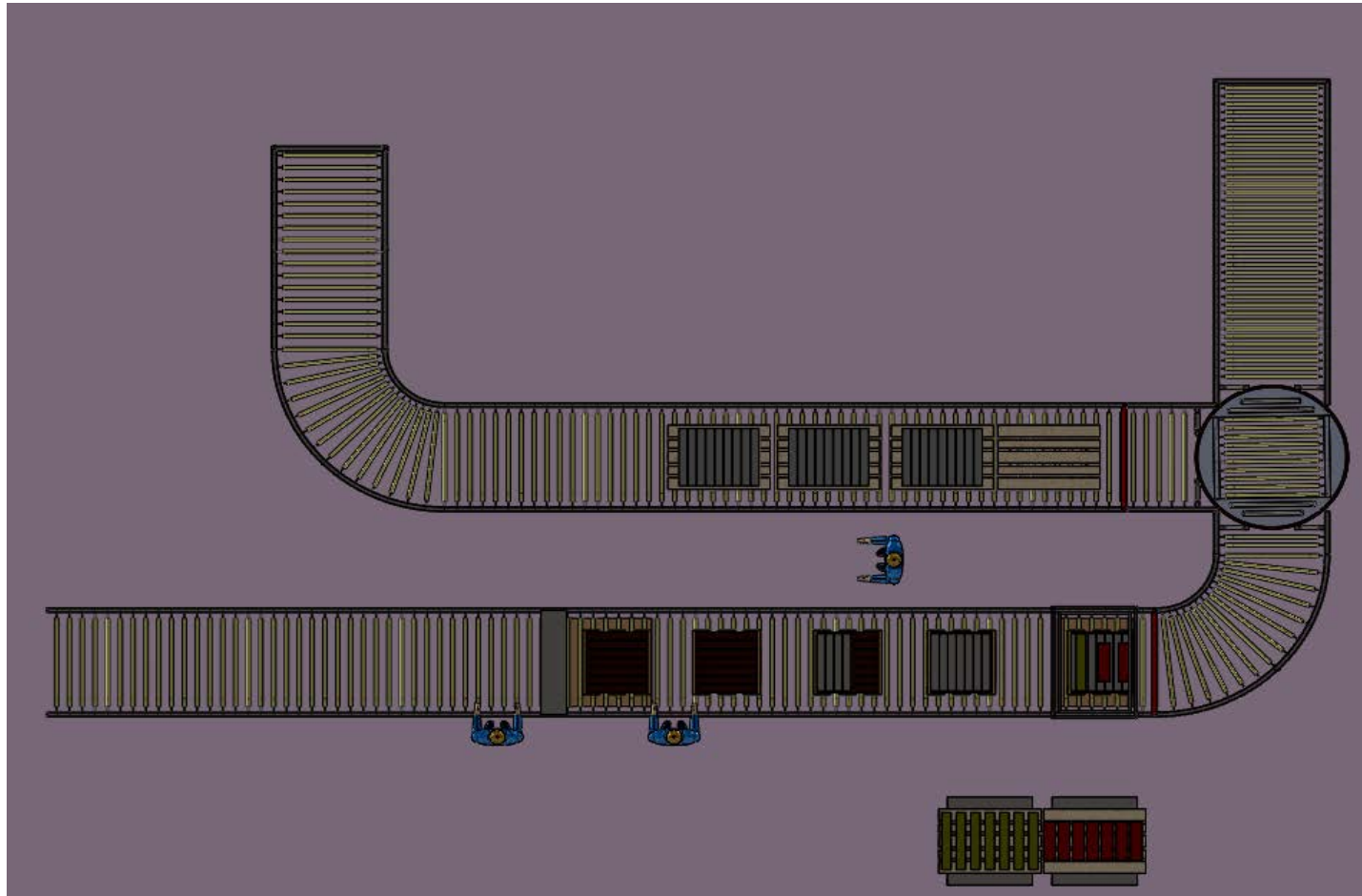


Ilustración 66: Modelo en 3d de la zona de mezcla (segunda solución)

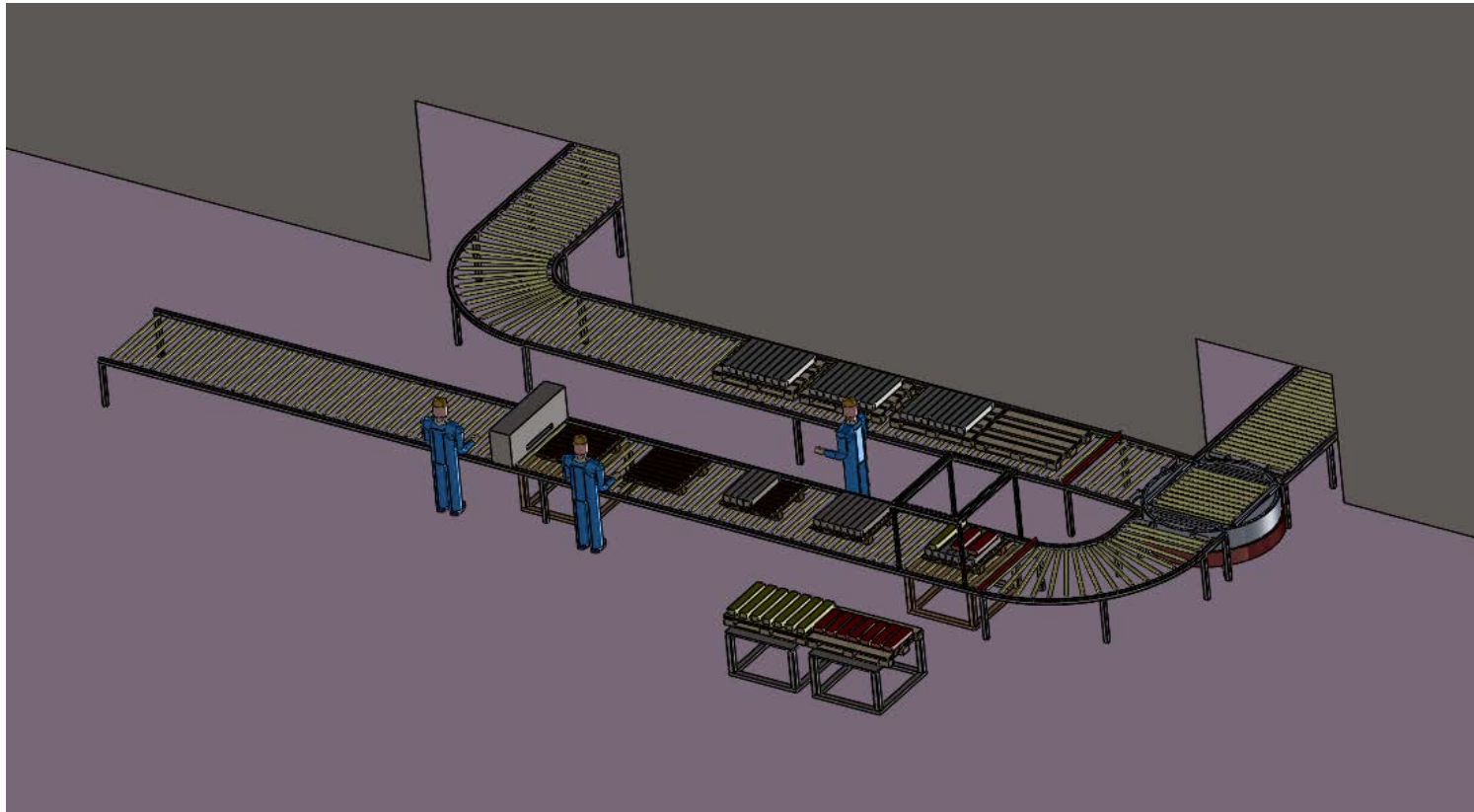


Ilustración 67: Modelo en 3d de la zona de mezcla (segunda solución)

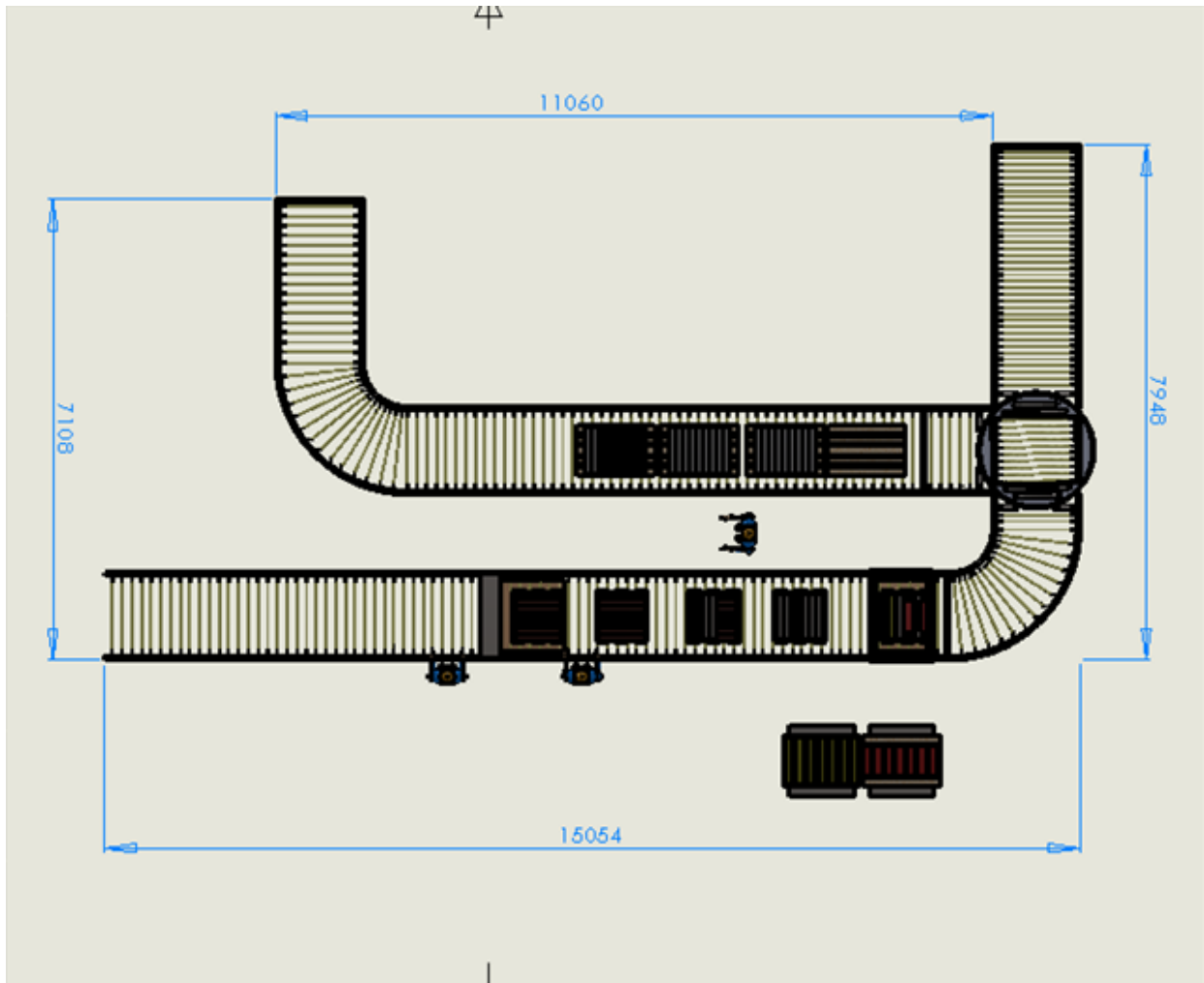


Ilustración 68: Plano acotado de la instalación definitiva

Como se observa en las imágenes, en este nuevo sistema de paletizado se realiza simultáneamente el corte de las piezas de acero y el paletizado junto con los contrapesos de hormigón. Se evita así tener que formar y transportar un pallet lleno de acero y otro lleno de hormigón para posteriormente utilizar estas piezas y crear otro pallet con mezcla de los dos tipos de piezas.

El sistema consta de un camino de entrada y otro de salida, todo ello con rodillos para facilitar el movimiento de los pallets. Parte de estos son motorizados para un mejor avance. Justo después de la cizalla se coloca una báscula para rellenar el peso justo de acero y posteriormente otro operario coloca el hormigón encima del acero y se fleja. Se vuelve a pesar en otra báscula para verificar el peso global del pallet y en ese mismo punto se plastifica automáticamente. Por último, si todo está correcto el operario le da salida al pallet.

Se dispone de dos vallas accionadas con motores eléctricos para regular el paso de los paquetes, una de ellas después de la plastificadora y otra para sacar de la línea pallets que se hayan quedado con alguna pieza suelta y no vayan a ser usadas en ese momento.

A un lado de la bancada de rodillos se colocan unas plataformas donde dejar pallets con piezas de poco volumen de pedido ya que un pallet lleno de este tipo de piezas puede durar todo un turno y resultaría un impedimento si se colocase junto con el resto de pallets en la mesa de rodillos. Otro detalle a tener en cuenta es la distancia entre rodillos, especialmente en la salida donde se ha reducido la distancia ya que los pallets que salen con alguna pieza que no se vaya a utilizar salen en sentido contrario al normal y podrían atascarse entre dos rodillos.

La intención es que la solución pueda funcionar de manera normal con tres operarios, uno de ellos se encargaría de alimentar la cizalla y completar tareas como flejar, verificar el plastificado, colocar las pegatinas o colocar piezas de bajo volumen de pedido. El segundo operario se encarga de paletizar las piezas de acero que va cortando la cizalla hasta el peso exacto del pedido. Por último el tercer operario se encarga de colocar las piezas de hormigón en los pallets que ya llevan el acero y posteriormente verificar su peso.

3.2.1.3 PLASTIFICADORA Y BÁSCULA.

- ERRORES
 - Báscula y plastificadora se encuentran separadas.
 - Se requiere la intervención de un operario para plastificar.
- SOLUCIONES
 - Colocar una báscula y plastificadora en una sola máquina.
 - Automatizar el sistema de plastificado.
 - Automatizar el sistema de verificación de pesado.

En el nuevo *lay-out* se va a colocar un centro que consta de báscula y plastificadora. De esta forma se evita tener que cambiar el pallet de una a otra como se hace actualmente, hecho

que repercute en una pérdida de tiempo y muchos casos un operario tiene que estar parado esperando a que llegue el otro con la carretilla para mover el pallet.

Otro avance es que el plastificado se realiza de forma automática y así el operario puede aprovechar para ir haciendo otra operación.

3.2.1.4. MATERIAL PREPARADO

- ERRORES
 - Tener que apilar los pallets de dos en dos para guardarlos antes de cargarlos en el camión.
 - Tener que transportarlo hasta la zona de carga de camiones.
- SOLUCIONES
 - Realizar la carga en la explanada donde salen los pallets acabados.



Ilustración 69: Zonas de carga

3.2.2. MAQUINARIA.

En este apartado se describe brevemente la maquinaria e instalaciones necesarias para el desarrollo del nuevo *lay-out*. En primer lugar se necesitan al igual que antes carretillas elevadoras para el transporte de pallets. Se utilizarán también rodillos para el transporte de los pallets, básculas, una máquina plastificadora barreras para el control de paso de los paquetes y detectores de presencia de pallets, de peso, etc.

3.2.2.1 CARRETILLAS ELEVADORAS

Gracias a esta nueva disposición se va a reducir de forma considerable la distancia recorrida por las carretillas y de esta forma bajará el consumo de combustible de las máquinas. Actualmente las carretillas están recorriendo una distancia de 954 m para llevar los pallets de acero y hormigón a la zona de mezcla y de ahí a la campa para esperar ser cargados. Con la

nueva distribución de la planta se prevee que la distancia se vea reducida a tan solo 196 m. De esta forma se ahorra un total de 758 m por cada ciclo de movimientos que realice la carretilla.

3.2.2.2 MESA DE RODILLOS

Documento consultado en la página: "Interroll", disponible en la bibliografía [4]

Rodillo transportador para cargas pesadas Serie 3950



Datos técnicos	
Diámetro de tubo	80 y 89 mm
Material del tubo	Acero inoxidable y acero zincado
Capacidad de carga máx.	5000 N
Velocidad máx. de transporte	0,5 m/s

Ilustración 70: Rodillos pensados para la instalación

Un tipo de rodillos que se podría utilizar sería este, con una capacidad de 5000 N y una velocidad máxima de transporte de 0,5 m/s.

Con que aguante cada rodillo 500 Kg es suficiente ya que siempre hay tres rodillos en contacto como mínimo y ningún pallet utilizado pesa más de 1500 Kg. Por lo tanto estos rodillos son válidos.

El camino o transportador de rodillos de acumulación sirve para transportar unidades de carga sin presión de acumulación. Mediante la desactivación sistemática de los rodillos se evita que las unidades de carga movidas choquen contra las unidades que las preceden.

Los caminos de rodillos de acumulación se utilizan preferentemente en tramos en los que hay peligro de retenciones o atascos de unidades de carga y en zonas de acumulación. El camino de rodillos de acumulación sirve para el transporte de unidades de carga sin presión de acumulación. Según este principio de transporte, se desactivan determinados segmentos del

transporte si el siguiente segmento está ocupado con una unidad de carga. Cada segmento es controlado por un palpador fotoeléctrico o sensor de peso incorporado entre los rodillos.



Ilustración 71: Sistema de rodillos de acumulación

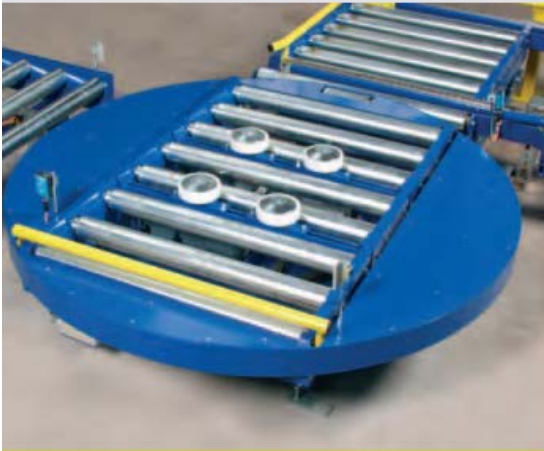
Como transportador inteligente con lógica de transporte de acumulación, el Interroll Intelliveyor simplifica el transporte de cargas unitarias. Su control interno, la Z-Card, convierte una vía de rodillos en un transportador mono puesto, que asigna a cada carga a transportar su propia zona en el flujo de transporte. Así las cargas unitarias pueden acumularse sin contacto y, según los requerimientos, seguir transportándose para lograr un flujo de transporte continuo en su totalidad. Cada línea de transporte del Intelliveyor está dividida en zonas, que están adaptadas a la longitud máxima de la carga a transportar.

Cada zona tiene:

- Un RollerDrive
- Rodillos no accionados, accionados por correa
- Una Z-Card como control interno, que controla un máximo de cuatro zonas a la vez
- Un sensor

En un determinado punto de la bancada de rodillos se necesita un mecanismo para girar los pallets ya que de lo contrario no podrían avanzar. De entre las soluciones posibles se plantea utilizar un plato giratorio con rodillos de forma que no haya problemas en el avance de las cargas.

Estación giratoria con camino de rodillos (DRB)



Descripción breve

La estación giratoria con camino de rodillos montado sirve para el cambio de dirección de las unidades de carga en el transporte longitudinal.

El giro suele ser de 90° o 180°.

El movimiento de giro se realiza por medio de un piñón montado directamente sobre el eje del motor que ajusta a través de la corona dentada de la unión giratoria sobre bolas el ángulo de giro regulable en continuo.

El apoyo giratorio se obtiene mediante una unión giratoria sobre bolas.

La alimentación de corriente de la parte superior giratoria se realiza con una cadena portacables.

Accesorios

- Soportes de sensor
- Pestañas
- Rodillos guía
- Topes finales

Datos técnicos

Tiempo de giro y posicionamiento 90°:	5 s
Ángulo de giro:	máx. 270° (+90°; -180°)
Potencia de motor:	máx. 0,37 kW
Rendimiento de transporte 90°:	máx. 180 palets/hora
Alimentación de corriente:	Cadena portacables
Motor de mesa giratoria:	- Movimot - Motor de polos conmutables
Motor de camino de rodillos:	- Motor de corriente trifásica - Movimot - Moviswitch - Motor de polos conmutables
Longitud de camino de rodillos (RB1):	1.500 mm
Altura de transportador (DS2):	mín. 450 mm (± 40 mm) máx. 1.000 mm (± 40 mm)
Ancho nominal (NB):	mín. 880 mm máx. 1.280 mm
Ancho de transportador (RB3):	NB + 200 mm
Diámetro de mesa giratoria (DT1):	1.800 mm
Diámetro de rodillos:	80 mm
Espesor de pared de rodillo:	3 mm
Separación entre rodillos (RB4):	120 – 200 mm (en pasos de 20 mm)

Ilustración 72: Mesa de rodillos giratoria

Documento consultado en: Schaefer: componentes de sistemas de transporte continuo; Disponible en la bibliografía [5]

PolyVee Correa



Descripción del producto

- Transmisión de par muy mejorada en comparación con las juntas tóricas
- Mejor aceleración y desaceleración de la carga a transportar
- Ideal para RollerDrive
- Correa para paso entre rodillos: 60; 75; 100, 120; 125
- Correa disponible con 2 y 3 nervios
- También adecuada para curvas
- Debido al núcleo elástico de la correa no se requiere ningún dispositivo tensor.
- Correa estándar según ISO 9981, DIN 7867

Ilustración 73: Sistema de transmisión mediante correas

Las correas PolyVee ofrecen ventajas decisivas en comparación con las correas redondas. Gracias a una transmisión de par hasta un 300 % más alta, la potencia de accionamiento se transmite con una gran uniformidad a todos los rodillos transportadores. Esto facilita unos trayectos de aceleración y desaceleración cortos.

Las correas PolyVee también permiten una acumulación fiable en la curva. Gracias a la excelente transmisión del par, la carga a transportar vuelve a ponerse en marcha, independientemente de que se detenga sobre un accionamiento o no.

Cantidad de rodillos a colocar

El número de rodillos transportadores requeridos resulta de la longitud total del trayecto de transporte, dividido por el paso entre rodillos + 1. El paso entre rodillos es la distancia entre dos rodillos transportadores. El paso entre rodillos queda determinado por la longitud y el tipo de los materiales a transportar, y por la capacidad de carga de los rodillos transportadores.

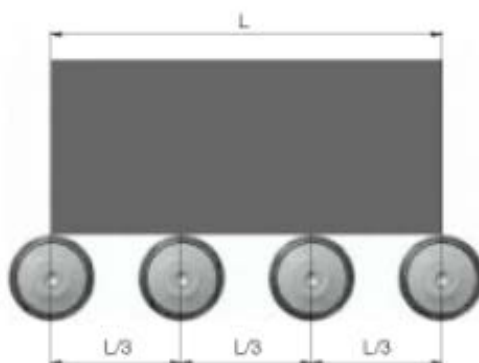


Ilustración 74: Distancia entre rodillos

Básicamente siempre deben encontrarse al menos tres rodillos transportadores debajo de la carga a transportar para garantizar un transporte fiable. Por este motivo la distancia entre rodillos debe ser, como máximo, de un tercio de la longitud de la carga a transportar más corta.

Esta fórmula empírica sólo es válida para el transporte de materiales a transportar con bases planas y con rodillos transportadores con una capacidad de carga suficiente

Por este motivo deberá comprobarse si la capacidad de carga de los rodillos transportadores es suficiente, teniendo en cuenta la distancia entre rodillos y las propiedades de la carga a transportar. Dado el caso habrá que seleccionar un paso entre rodillos menor o unos rodillos transportadores con una capacidad de carga más alta.

3.2.2.3 BÁSCULA

En la instalación diseñada se van a utilizar dos básculas, una a la salida de la cizalla para colocar en cada pallet el peso exacto de acero y otra más adelante, después de colocar el hormigón para comprobar el peso global del pallet.

3.2.2.4 PLASTIFICADORA

Existen en el mercado gran variedad de modelos de plastificadoras, en este caso se propone utilizar una automática para que así los operarios puedan encargarse de otras operaciones. La plastificadora podría colocarse justo encima de la segunda báscula aprovechando mejor el espacio pero tiene un inconveniente y es que el movimiento de la plastificadora podría dañar los sensores de la báscula. La otra opción es colocar la plastificadora justo después de la báscula.

3.2.2.5 OTROS ACCESORIOS

Para el control de los pallets por la bancada de rodillos se pueden utilizar sensores fotoeléctricos o sensores de peso para saber en qué zona se encuentra el pallet.

Kit de barrera fotoeléctrica



Ilustración 75: Kit de barrera fotoeléctrica

3.2.3. OPERARIOS.

Documento consultado en la página: “ingenierosindustriales.com”, disponible en la bibliografía [1]

Según los principios de la economía de movimientos, respecto a la utilización del cuerpo humano, los movimientos deben corresponder al orden o clasificación más baja posible, es decir reduciendo al mínimo el esfuerzo empleado en ejecutar cada acción.

Existe una clasificación de estos movimientos la cual se basa en las partes del cuerpo que sirven de eje (apoyo) a las partes que se mueven en la ejecución de la operación, tal como se puede apreciar en el tabulado siguiente:

CLASE	PUNTO DE APOYO	PARTES DEL CUERPO EMPLEADAS
Clase 1	Nudillos	Dedo
Clase 2	Muñeca	Mano y Dedos
Clase 3	Codo	Antebrazo, Mano y Dedos
Clase 4	Hombro	Brazo, Antebrazo, Mano y Dedos
Clase 5	Tronco	Torso, Brazo, Antebrazo, Mano y Dedos

Ilustración 76: Movimientos de los operarios

Como se puede observar, a medida que aumenta la clase de movimiento, las partes del cuerpo que se emplean se incrementan de forma acumulativa, es decir, que mientras más baja

sea la clase, más movimientos se ahorrarán. Por ende es evidente que los esfuerzos del especialista (encargado del estudio de movimientos) se deben enfocar en disponer al lugar, las herramientas y el equipo de manera tal que la clase de movimientos necesarios para ejecutar la operación sea los más baja posible.

PRÁCTICAS COMUNES PARA OPTIMIZAR MOVIMIENTOS

La Oficina Internacional del Trabajo recomienda como buenas prácticas para optimizar movimientos lo siguiente:

1. Si las dos manos realizan un trabajo análogo, hay que prever una reserva aparte de materiales o piezas para cada mano.

2. Cuando se utilice la vista para seleccionar el material, éste deberá estar colocado, siempre que sea posible, de manera que el operario pueda verlo sin necesidad de mover la cabeza.

3. En lugar de una disposición en un solo arco de círculo (que tenga como eje del círculo imaginario el centro de la cabeza), es preferible utilizar una disposición en dos arcos de círculo (que tengan como ejes de los círculos imaginarios los centros de los hombros respectivos); tal como se podrá observar en las siguientes ilustraciones:

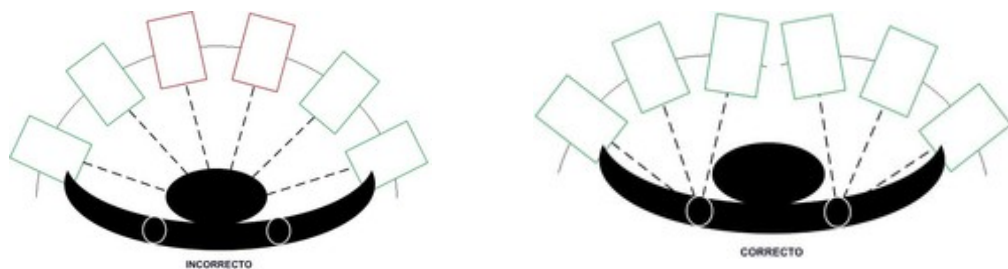


Ilustración 77: Movimientos correctos e incorrectos de los operarios

4. En la concepción del lugar de trabajo es conveniente que se adopten las reglas de la ergonomía.

5. La naturaleza y forma del material influyen en su colocación en el lugar de trabajo. Para la manipulación de las unidades es conveniente idear mecanismos como el siguiente:

Por tanto, los operarios encargados de rellenar los pallets tienen en todo momento las piezas a la vista, a una altura adecuada para no tener que realizar muchos esfuerzos, a diferencia de antes que las piezas tenían que ser recogidas desde el suelo en muchos casos. Por otro lado al operario encargado de mover las piezas entre una bancada y la otra se le facilita el trabajo colocando una de las mesas más baja que la otra.

4. SIMULACIÓN DE LOS LAY-OUTS.

A la hora de verificar la eficiencia del nuevo sistema utilizado no hay mejor manera que utilizando un simulador. De esta forma es fácil observar mediante gráficos y porcentajes el tiempo utilizado en cada proceso, la existencia de cuellos de botella, errores, etc.

En este caso se utilizará el simulador Enterprise Dynamics, una plataforma de software de simulación de eventos discretos desarrollado por "INCONTROL Simulation solutions". Se utiliza para diseñar e implementar soluciones a lay-outs.

Se han realizado dos estudios de simulación, el primero de ellos haciendo referencia al *lay-out* actual presente en la fábrica. Mediante la observación y medición de tiempos del proceso se ha podido asemejar de forma fiable el modelo simulado a la realidad, en segundo lugar se ha realizado una simulación del nuevo *lay-out* aproximándolo lo mejor posible a lo que sería la realidad. Para ello se han utilizado elementos del programa que van desde el propio producto a elementos que regulan su paso en intervalos de tiempo, así como maquinaria de transporte, ensambladores, mesas de rodillos transportadoras etc.

A los elementos utilizados en este programa se les denomina átomos y según la función que se quiera realizar se utilizan unos u otros. Los principales son product (define el producto, su tamaño, forma o color); source (este átomo es el encargado de generar los productos, se define el intervalo con el que entran al sistema); server (son los átomos encargados de realizar operaciones, se pueden introducir diferentes variables en función de lo que hagan); queue (este átomo sirve como almacén de productos); sink (es el átomo encargado de dar salida a los productos). Además de estos, que son los más habituales se han utilizado átomos para otro tipo de funciones como el assembler, unpack, transports, container, switch availability, conveyors, time schedule availability,

En primer lugar el assembler se utiliza para empaquetar componentes como piezas u objetos, en este caso contrapesos y colocarlos en un pallet o caja. Se debe indicar el número de piezas que lleva cada unidad de carga así como las dimensiones de los objetos. Por otro lado se encuentra el átomo unpack utilizado para la función inversa del átomo assembler, es decir, retirar componentes de un pallet o caja.

Los átomos transports engloban máquinas utilizadas para el transporte de pallets, se puede modificar su velocidad y pueden alternarse entre varios puntos de recogida y entrega de productos.

El átomo container se utiliza para almacenar en el otras piezas, un ejemplo utilizado aquí son los pallets que llevan contrapesos. Se introduce en el programa su tamaño y el de los objetos que lleva.

Los átomos switch availability y time Schedule availability se han utilizado en este modelo para dar mayor realidad a la llegada de camiones y recogida de pallets preparados. Se

han programado unas horas a las cuales los camiones cargan y mientras tanto las piezas se van guardando en el almacén final.

Por último los átomos conveyor hacen referencia a las mesas de rodillos transportadores, pueden ser de acumulación o no, es decir que conforme entren los pallets se detengan antes de chocar con el siguiente pallet o no.

A continuación se muestra el modelo semejante al *lay-out* actual presente en la fábrica. Como vemos a la izquierda de la imagen comienzan dos líneas de fabricación, la del acero y la del hormigón. Una vez formados los pallets se colocan en unos almacenes intermedios desde donde pasan por dos átomos un-pack los cuales retiran las piezas de cada pallet para posteriormente juntarlas mediante un átomo assembler. En la imagen, esta zona es donde se pasa de dos líneas en paralelo a una sola. A partir de ahí, el pallet es flejado, pesado y plastificado antes de llevarse a un almacén final desde donde cargará el camión.

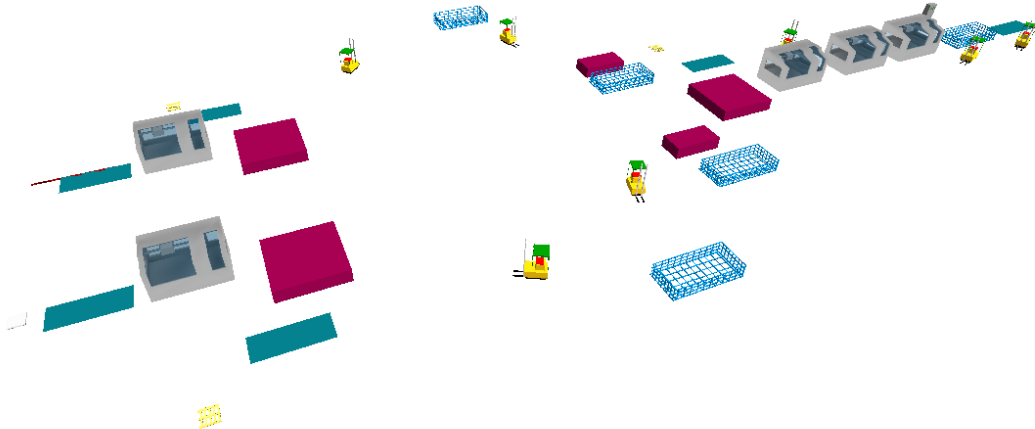


Ilustración 78: Modelo en 3d en Enterprise Dynamics (*lay-out* actual)

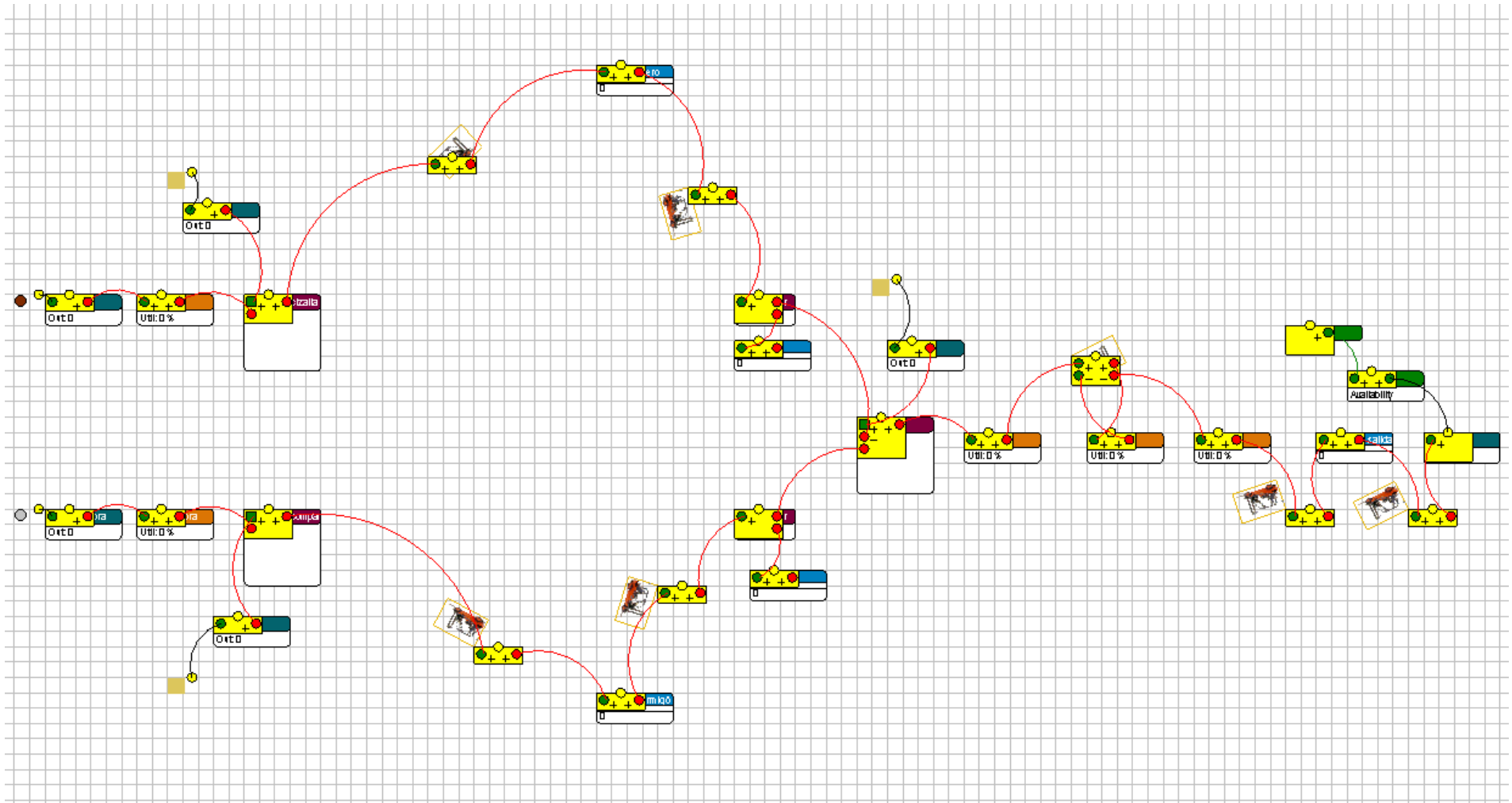
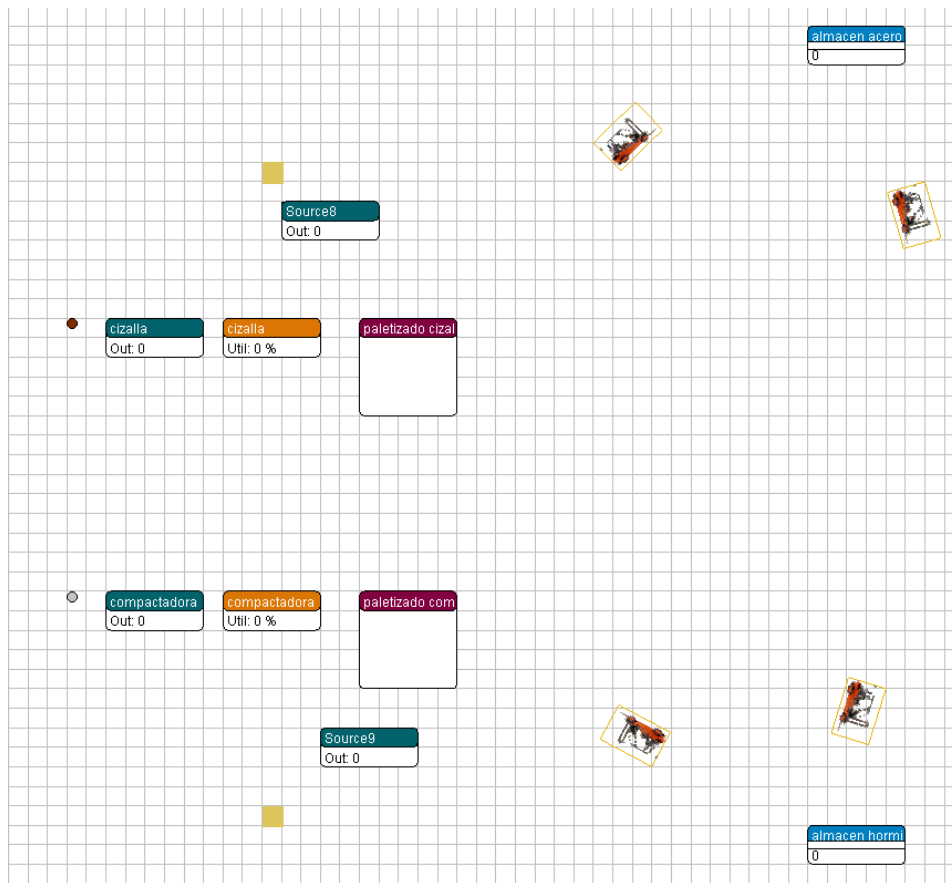


Ilustración 79: Modelo actual del *lay-out* en un simulador

Ilustración 80: Segunda mitad del *lay-out* actual

En esta primera mitad del *lay-out* se puede observar el principio de las dos líneas de producción, la de más arriba la del acero y la de abajo el hormigón. Los dos primeros átomos de cada línea se denominan source, estos generan los productos que se han definido con anterioridad, se debe indicar la frecuencia con la que llegan los productos a la fábrica entre otras variables.

En segundo lugar, ambas líneas presentan un átomo server, estos son los encargados de realizar operaciones sobre el producto, en este caso simulan la máquina de corte y la compactadora. Se deben introducir variables como el tiempo de ciclo, la cantidad de productos que salen y entran al átomo o a donde se dirigen los productos una vez que salen de estos.

A continuación de estos dos server se encuentran dos átomos assembler, estos se encargan de colocar las piezas en los pallets, se debe indicar el número de lleva cada pallet y el tiempo del ciclo completo. En este átomo los productos entran a través del segundo canal y los pallets por el primero. Los átomos source que se encuentran a los laterales son utilizados para suministrar de pallets al ensamblador.

Una vez formados los paquetes, son recogidos por carretillas elevadoras y se acumulan en sus respectivos almacenes intermedios a la espera de un pedido para pasar al siguiente punto de preparación.

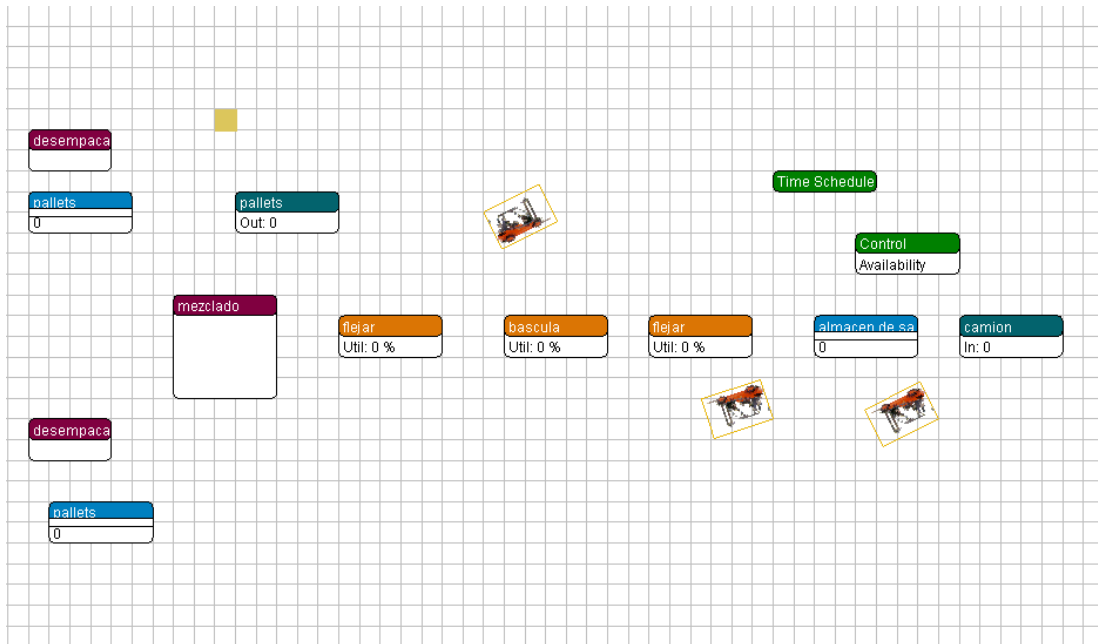


Ilustración 81: Segunda mitad del *lay-out* actual

En esta segunda imagen se muestra la segunda mitad del *lay-out* actual, se ve en primer lugar dos átomos *unpack* que realizan la operación inversa a los *assembler*, es decir, retirar las piezas de los *pallets*. Se encuentran justo ahí dos almacenes para directamente recoger los *pallets*.

El siguiente paso es el *mezclado* que lo realiza un átomo *assembler*, en el se juntan las piezas de acero con las de hormigón y deja los *pallets* para que a continuación tres átomos *server* lo flejen, pesen y plastifiquen.

Por último se almacenan los *pallets* a la espera de que llegue un camión para llevárselos. Se simula la llegada de los camiones mediante la apertura y cierre del átomo de salida.

summary report

name	content		throughput		staytime average
	current	average	input	output	
cizalla	1	1.008	315	314	173.216
compactadora	1	0.516	2972	2971	9.162
cizalla	1	2.653	2505	2504	57.189
compactadora	1	0.819	2971	2970	14.666
paletizado ciza	1	1.066	2588	2587	22.125
paletizado comp	1	1.066	3069	3068	18.445
Source8	1	1.051	85	84	671.527
Source9	1	1.048	100	99	561.715
almacen acero	23	6.841	83	60	3112.711
almacen hormigó	38	15.651	98	60	6991.742
desempacar	31	18.980	1829	1798	550.322
desempacar	31	21.439	1829	1798	623.462
pallets	58	33.383	58	0	0.000
pallets	58	33.383	58	0	0.000
mezclado	1	1.066	3596	3595	15.650
flejar	0	0.132	115	115	62.158
bascula	0	0.148	100	100	79.827
flejar	0	0.126	115	115	58.988
almacen de sali	0	10.863	115	115	5100.832
Sink22	0	0.000	115	0	0.000
control de cami	0	0.000	0	0	0.000
Time Schedule A	0	0.000	0	0	0.000
Transporter28	0	0.042	98	98	23.049
Transporter29	1	0.933	60	59	831.809
pallets	1	1.045	117	116	475.088
Transporter34	0	0.043	215	215	10.891
Transporter33	0	0.042	83	83	27.336
Container34	0	0.000	0	0	0.000
Product32	0	0.000	0	0	0.000
Product33	0	0.000	0	0	0.000
Container34	0	0.000	0	0	0.000
Container34	0	0.000	0	0	0.000
Transporter33	1	0.700	60	59	618.440

Ilustración 82: Summary report del lay-out actual

En esta lista de datos vemos todos los átomos utilizados en el diseño. La tabla nos da en primer lugar el número de productos presente en cada átomo al finalizar el estudio y de media. En segundo lugar aparece reflejado el número de productos que han entrado y salido de un átomo a lo largo de la simulación, se puede apreciar que en muchos de ellos el número de entradas y salidas es igual como es lógico pero en los almacenes intermedios suele ser el número de entradas mayor que el de salidas de forma que se genere un stock del que la empresa puede disponer en momentos de averías o falta de materia prima. Por último la tabla nos muestra el tiempo medio que pasa el producto en cada uno de los átomos.

El tiempo de simulación utilizado es de 16 horas, esto es porque en la empresa actualmente se trabaja dos turnos de 8 horas al día, uno de mañana y otro de tarde.

Observation period :	57600						
Warmup period :	3600						
Number of observations :	100						
Simulation method :	Separate runs						
Description :							
Atom :	almacen de salida						
		Average	St.Deviation	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Minimum	Maximum
media de estancia en espera		4464.94	340.65	4398.14	4531.74	3627.06	5147.22
salida de pallets		122.7	10.85	120.57	124.83	95	151

Ilustración 83: Análisis del *lay-out* actual

En esta tabla se ha realizado un tipo de experimento que consiste en repetir un elevado número de veces el proceso de forma que se obtienen resultados que se acercan más a la media. En este caso se ha repetido el experimento 100 veces con un tiempo de calentamiento de una hora y un tiempo de evaluación de 16 horas que corresponde a los turnos de mañana y tarde que se realizan en la fábrica.

El resultado que se obtiene de este análisis y que posiblemente es uno de los más importantes es el número de pallets que salen al día de la fábrica, la media está en 122.7 pallets/día. Otros valores obtenidos son el máximo y mínimo, en caso de aumentar mucho la producción se podrían llegar a producir cuellos de botella, hecho que resultaría perjudicial para la fabricación. En este caso el máximo y mínimo obtenidos son de 151 y 95 respectivamente.

Observation period :	57600						
Warmup period :	3600						
Number of observations :	20						
Simulation method :	Separate runs						
Description :							
Group :	tiempo de estancia de una pieza						
Elements :	extraer piezas del pallet	extraer piezas del pallet	mezclado				
		Average	St.Deviation	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Minimum	Maximum
recorrido de una pieza		367.48	52.66	342.83	392.14	281.02	561.09

Ilustración 84: Análisis del *lay-out* actual

Por otro lado nos indica el tiempo que las piezas pasan por una manipulación hasta que están listas para enviarse. Este tiempo medio es de 367.48 segundos. Este tiempo incluye el proceso de sacar las piezas de acero y hormigón de sus respectivos pallets y colocarlas en un nuevo pallets definitivo. Como veremos más adelante este valor se reduce también de forma considerable.

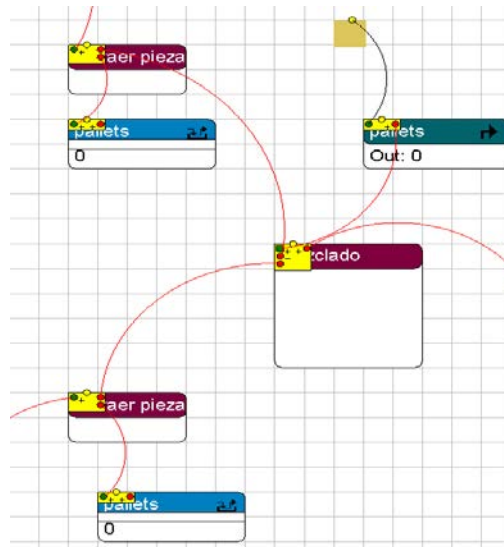


Ilustración 85: Detalle de la zona de mezcla

Esta imagen muestra más en detalle las operaciones que hay que realizar para formar los pallets completos. Se puede ver que primero hay que separar las piezas del pallet donde están para posteriormente volver a mezclarlas en un nuevo pallet. Frente a este problema se ha diseñado la nueva línea de *lay-out* para tratar de solventar el problema de la mejor forma posible. Veremos que la solución se basa principalmente en la utilización de una bancada de rodillos por los que circulan las cargas.

A continuación se presenta el futuro modelo que se pretende implantar en la fábrica. En él se utiliza un sistema de rodillos transportadores de forma que el mezclado de piezas se agilice y resulte una tarea menos laboriosa para los operarios. Además se ha conseguido realizar las mismas operaciones con un operario menos, gracias a ello y al ahorro de gasoil al ser los recorridos de las carretillas menores, la empresa puede amortizar el desembolso en un breve periodo.

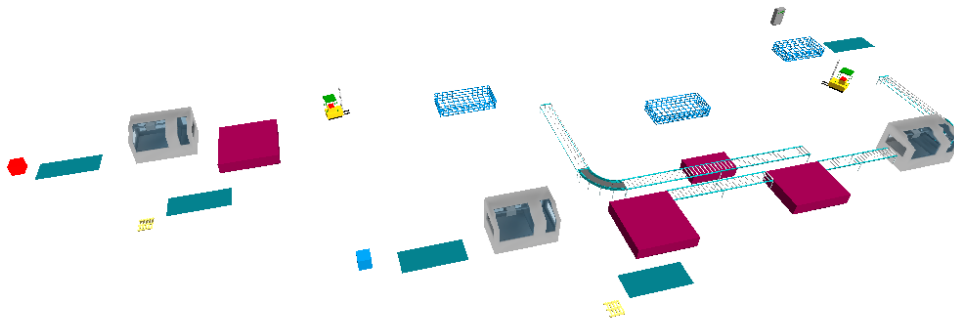


Ilustración 86: Modelo en 3d en Enterprise Dynamics (*lay-out* futuro)

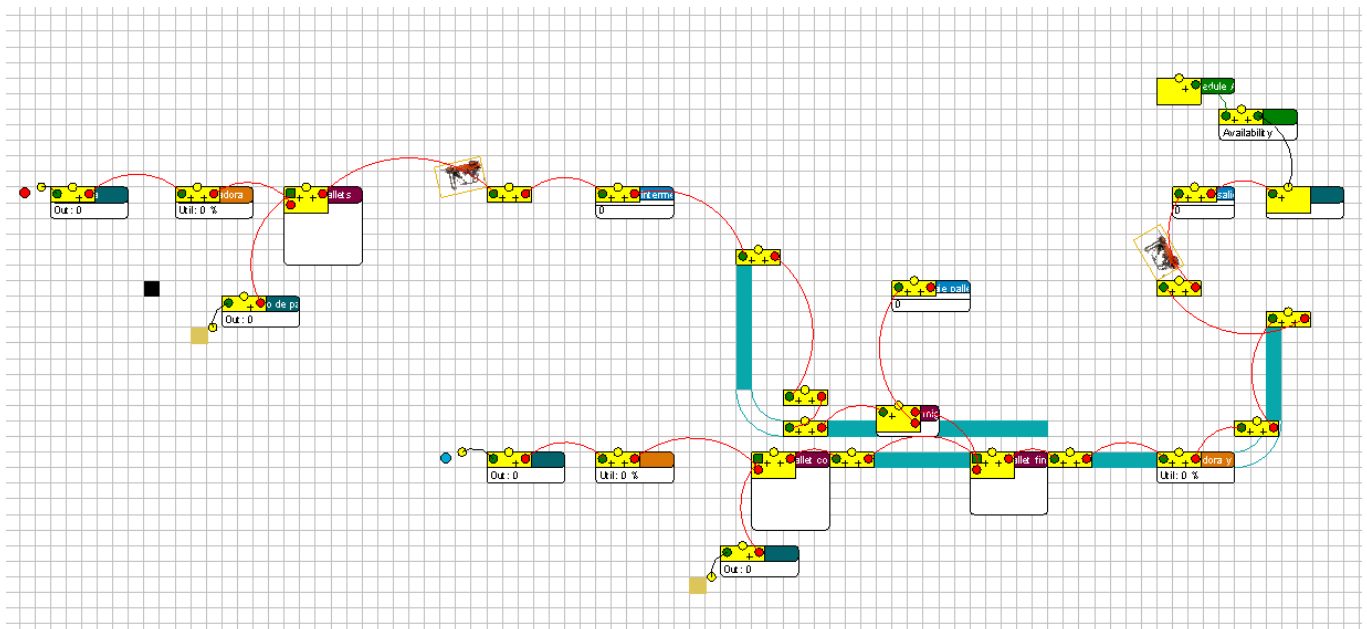


Ilustración 87: modelo en 2d en Enterprise Dynamics (*lay-out* futuro)

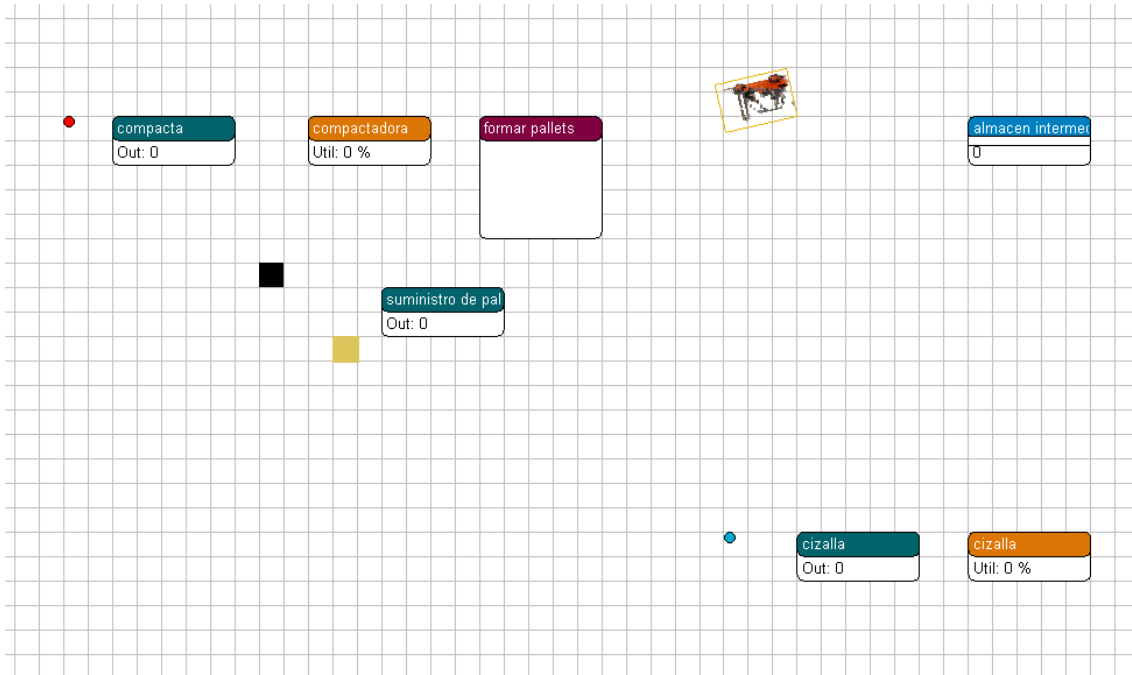


Ilustración 88: Primera mitad del *lay-out* futuro

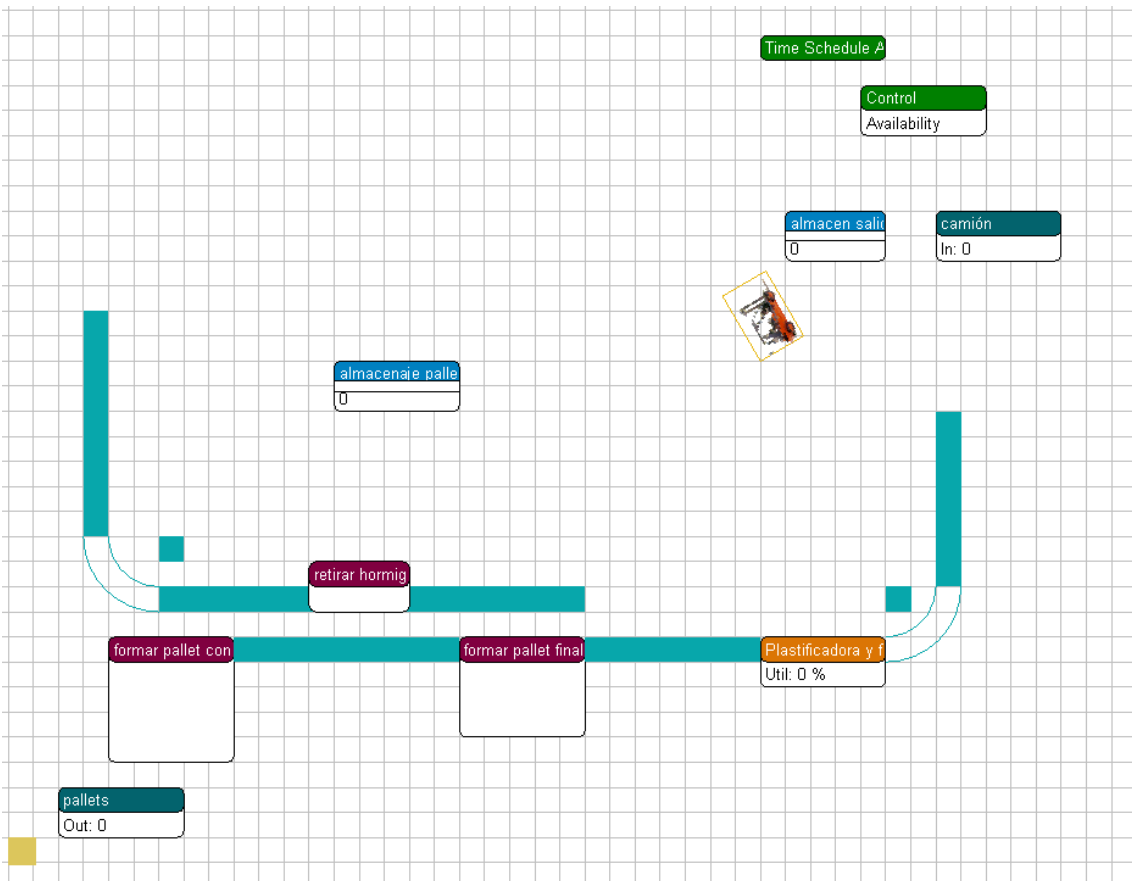


Ilustración 89: Segunda mitad del *lay-out* futuro

En estas dos imágenes se muestra la instalación de forma más detallada. En la primera se ve el principio de cada una de las dos líneas de producción y en la segunda se ve la mesa de rodillos con la zona de mezclado y la zona de salida de los productos.

Se puede apreciar el notable cambio producido en la línea de producción. Se ha colocado a continuación de la máquina de corte del acero una bancada de rodillos donde se realizan las mezclas directamente sin tener que mover el acero entre almacenes intermedios. Gracias a ello, ahora se coloca la cantidad exacta de acero en el momento de cortarlo y directamente se le añade el hormigón sin tener que descomponer los pallets como se hacía antes.

Una vez acabado el proceso los pallets salen de la línea y se dejan listos para la llegada de un camión.

summary report

name	content		throughput		staytime
	current	average	input	output	average
Product1	0	0.000	0	0	0.000
Product2	0	0.000	0	0	0.000
cizalla	1	1.004	341	340	159.185
compacta	0	0.487	3131	3131	8.396
cizalla	5	2.136	2720	2715	42.462
compactadora	1	0.807	3131	3130	13.922
formar pallets	1	1.066	3235	3234	17.776
formar pallet c	1	1.066	2896	2895	19.849
Accumulating Co	0	0.066	180	180	19.845
Container10	0	0.000	0	0	0.000
suministro de p	1	1.047	106	105	537.583
Container12	0	0.000	0	0	0.000
pallets	1	1.033	182	181	307.526
Transporter14	0	0.029	104	104	15.207
almacen interme	7	1.206	104	97	161.459
Accumulating Co	1	0.424	97	96	238.034
Accumulating Co	4	2.893	95	91	1672.284
Accumulating Co	0	0.049	178	178	14.866
retirar hormigo	31	17.522	2821	2790	338.405
almacenaje pall	90	48.781	90	0	0.000
almacen salida	0	16.736	178	178	5077.304
formar pallet f	1	0.439	2880	2879	8.202
Accumulating Co	0	0.109	179	179	33.014
camión	0	0.000	178	0	0.000
Left Curved Non	0	0.016	178	178	4.953
Left Curved Non	1	0.468	96	95	265.408
Availability Co	0	0.000	0	0	0.000
Time Schedule A	0	0.000	0	0	0.000
Plastificadora	1	0.417	179	178	126.199
Transporter1432	0	0.044	178	178	13.463

Ilustración 90: Summary report del nuevo lay-out

Al igual que con el modelo actual, en esta tabla se ven datos de todos los átomos utilizados, se pueden ver el número medio de piezas que hay en cada átomo a lo largo de la simulación. Este dato puede ser relevante si estudiamos el paso de los productos a lo largo de

todos los procesos, se podría ver fácilmente si un producto pasa demasiado tiempo en un átomo o en otro.

Observation period :	57600						
Warmup period :	3600						
Number of observations :	100						
Simulation method :	Separate runs						
Description :							
Atom :	Queue23						
		Average	St.Deviation	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Minimum	Maximum
salida de pallets modelo de rodillos		169.70	7.83	168.16	171.24	145.00	190.00

Ilustración 91: Análisis del *lay-out* futuro

Observation	57600						
Warmup per	3600						
Number of o	20						
Simulation n	Separate runs						
Description :							
Group :	tiempo de una pieza						
Elements :	formar pallet con acero	formar pallet final	retirar hormigon del pallet				
		Average	St.Deviation	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Minimum	Maximum
tiempo de una pieza		146.61		9	142.4	150.83	134.07
							166.34

Ilustración 92: Análisis del *lay-out* futuro

En las dos tablas anteriores podemos ver los mismos valores de antes pero para el nuevo modelo de rodillos. El dato de pallets que han salido en 16 horas de la fábrica se ha visto aumentado de 123 a 170. El número de pallets se ha visto aumentado en un 38 %. Este hecho verifica que con el nuevo modelo la producción aumentará en gran medida. Otro dato que podemos observar es el tiempo medio que pasa una pieza hasta que esta lista para salir de la fábrica. Este valor se ha visto reducido de 367 a 147 segundos.

Se puede ver que con el nuevo modelo el número medio de piezas fabricadas, que es de 170, es incluso mayor que el máximo con el *lay-out* actual, que llegaba a 151 pallets diarios. Por otro lado el tiempo que pasa una pieza desde que se empieza a mezclar hasta que es colocada finalmente en el pallet definitivo se ha reducido a más de la mitad.

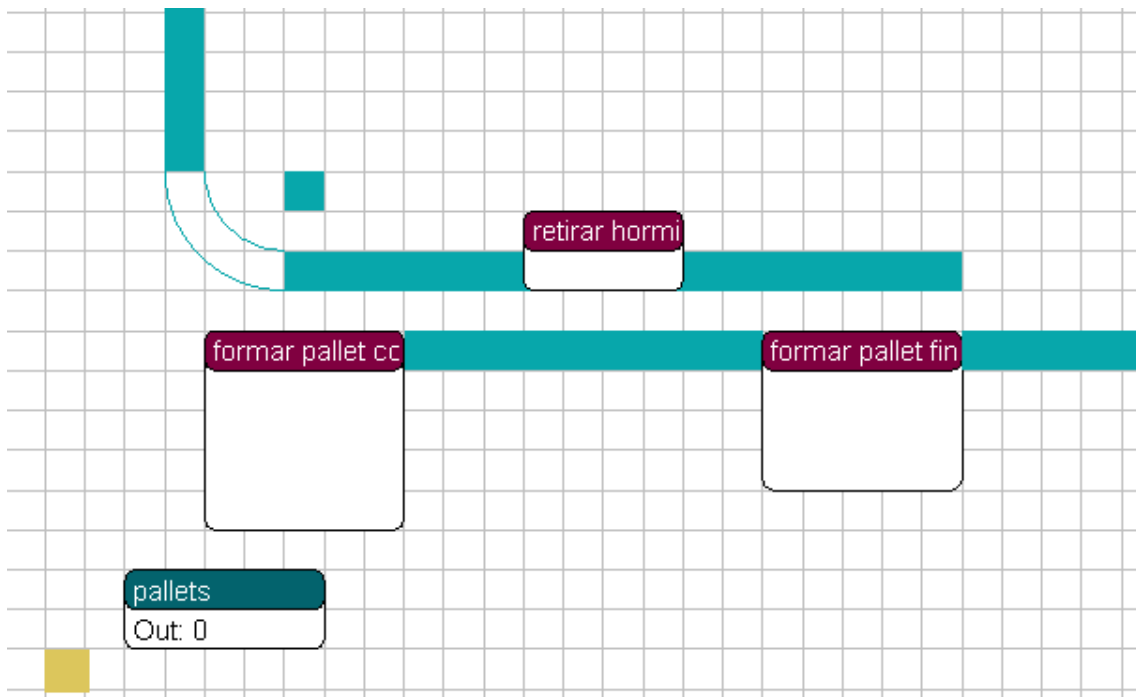


Ilustración 93: Detalle de la zona de mezcla

En esta imagen vemos de forma detallada la zona de mezcla de los productos, en primer lugar se coloca la cantidad necesaria de piezas de acero y a continuación se cogen las piezas de hormigón y se pasan al pallet que ya lleva el acero. Con esto se ahorra una gran cantidad de tiempo y viajes de carretillas.

A continuación se muestra alguna tabla de configuración utilizada en los átomos del programa.

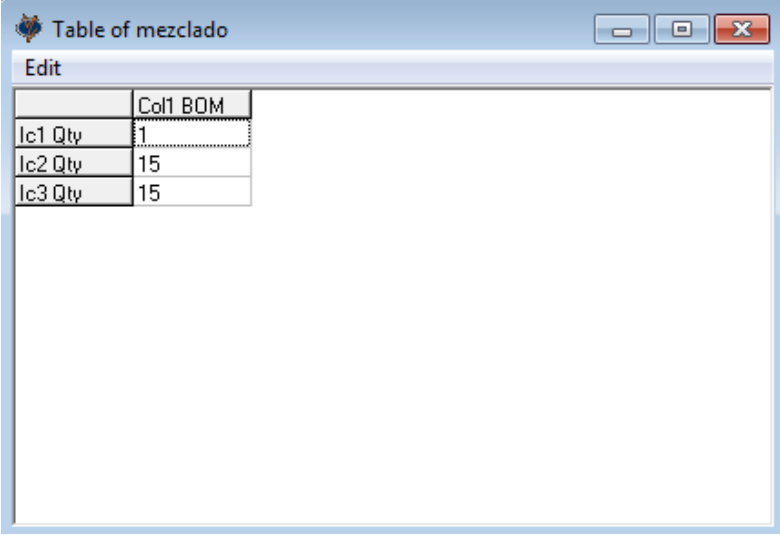
Table of Time Schedule Availability24

Edit

	Time	Down=1
1	0	1
2	hr(4)	0
3	hr(4.5)	1
4	hr(8)	0
5	hr(8.5)	1
6	hr(12)	0
7	hr(12.5)	1
8	hr(15)	0

Ilustración 94: Tabla de control de salida de productos

Esta primera tabla se utiliza al final de la cadena de producción para simular la salida de los productos en los camiones. Al terminarse los pallets estos se almacenan a la espera de ser cargados en el siguiente camión, por ello no tendría sentido que nada más acabarse saliesen de la fábrica.



	Col1 BOM
Ic1 Qty	1
Ic2 Qty	15
Ic3 Qty	15

Ilustración 95: tabla del mezclado de piezas

Esta es una de las tablas utilizadas para el mezclado de piezas, se ha simplificado para no haber muchas variedades de pallets y se han colocado en cada uno 15 piezas de acero y 15 de hormigón que podría ser un valor medio. El "1" representa el pallet utilizado para la carga.

Es importante recalcar también que en la mayoría de procesos que intervienen en el *layout* he utilizado una distribución negativa exponencial ya que se asemeja a procesos en los que varía en cierto modo los tiempos entre un ciclo y otro.

Como conclusión de la utilización de este simulador de lay-outs hay que decir que gracias a simularlo se ha visto y comprobado de manera científica que realizando estas modificaciones en el proceso se han obtenido grandes mejoras. La producción ha aumentado un 38%, para una empresa con semejante nivel de producción este valor es una mejora importantísima. Además de la mejora en la producción, se ha podido ver gracias a la utilización de un simulador que no solo se trata de realizar grandes cambios en el proceso, muchas veces pequeños detalles que no son fácilmente apreciables hacen que la producción vaya mejor o peor.

El tiempo que los productos pasan en la cadena de producción se ha reducido a más de la mitad, esto nos permitirá poder tener un menor stock de piezas ya que desde que las pida el cliente podrán estar preparadas mucho antes.

5. PRESUPUESTO.

Hace referencia y está constituido por todo el complejo de actividades que despliega la empresa para utilizar recursos con el objeto de obtener beneficios.

El presupuesto como componente del proceso de Planificación, constituye un instrumento importante, pues al utilizarlo permite alcanzar crecimiento y desarrollo en mayor grado, expresado ello entre otros por: una mayor producción, más empleos, mejor salud y otros indicadores que evidencian bienestar, progreso y mejoras en los niveles de vida.

Por otro lado facilita el proceso de toma de decisión, sobre todo cuando se va a realizar una inversión, si esta es conveniente o no. Toda inversión (privada, pública, económica y/o social) requiere de estudios previos como: verificar la viabilidad técnica, comercial, económica, legal y financiera, todo ello dentro de un contexto donde se cumplan con parámetros que conlleven a determinar si el proyecto debe ejecutarse o no.

Normalmente un presupuesto forma parte clara y distinta de un programa mayor, pudiéndose analizar como si fuera un solo proyecto, pero en términos generales, es mejor que los proyectos sean reducidos, cercanos al tamaño mínimo que resulte económica, técnica y administrativamente viable. El proyecto constituye el elemento operativo más pequeño de un plan o programa nacional de desarrollo. Presenta un punto de partida y un punto final específicos, que tiene por mira alcanzar objetivos también específicos.

5.1. ESTIMACION DE COSTES Y BENEFICIOS.

Documento consultado en: eHow en Español; Disponible en la bibliografía [7]

Prácticamente todos los negocios requieren hacer comparación de costos y beneficios. Un análisis costo-beneficio es una técnica que puede ayudar a cualquier dueño de negocio a realizar decisiones financieras documentadas. Realizar un análisis preliminar costo-beneficio es muy similar a hacerlo en cualquier otro momento. La diferencia principal radica en que se debe estimar muchas cifras en el análisis en vez de utilizar datos reales.

Lo primero que se debe hacer es crear una lista de todos los costos directos que se considera que estarán asociados al proyecto. Estos costos pueden incluir el diseño del producto o diseño, la fabricación, nóminas, publicidad, empaque y gastos de viaje y representación, así como cualquier otro gasto en el que se pueda incurrir. A continuación se le asignará una cifra a cada costo. Debido a que se trata de un análisis preliminar, se tiene que estimar cada uno de los costos en la lista.

Además de los principales gastos se realizará también una lista de todos los costos indirectos involucrados en el proyecto. Un costo indirecto es difícil de cuantificar. El tiempo, la falta de productividad y usos adicionales de las facilidades son ejemplos de costos indirectos. Hay que designar un valor estimado a cada uno de estos costos.

Costes directos asociados	Coste (euros)	Costos indirectos	Coste (euros)
Bancada mesa de rodillos	800	Mano de obra de la reforma	6000
Rodillos	22	Movimientos dentro de la nave	2000
Barreras de paso	300	Aprendizaje del nuevo sistema	1500
Sensores de peso	300	Tiempo de montaje	5000
Sensores fotoeléctricos	45	Total	14500
Habilitar zona exterior de la nave	1000		
Mesa de rodillos giratoria	disponible		
Puestos de electricidad	4000		
Señalización	300		
Básculas	disponibles		
Plastificadora	12000		
Total	24295		

Una vez que se ha estimado un coste para los gastos directos e indirectos se suman para calcular el coste total.

Coste total directo: 24295 €

Coste total indirecto: 14500 €

El segundo dato a tener en cuenta son los beneficios que generarán los cambios producidos, la rapidez con la que se amortiza la inversión inicial y las ganancias que producirá el nuevo sistema a lo largo del tiempo.

Se realizará un listado con los beneficios anticipados del proyecto. Estos pueden incluir aumentos en ventas y en eficiencia en la producción. Se debe estimar también el valor monetario de cada uno de los beneficios de la lista.

Beneficios	Valor
Ahorro de gasolina	432€/mes
Necesidad de un operario menos	1200€/mes

El cálculo del ahorro de gasoil se ha realizado de la siguiente manera:

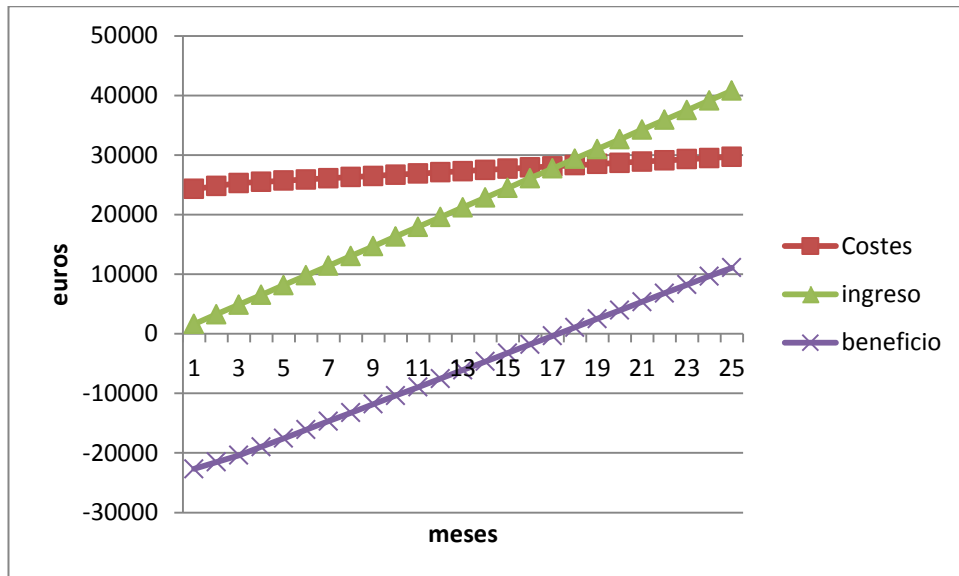
- 20 viajes al día por cada carretilla y suponiendo que intervienen en estas funciones tres carretillas.
- 758 m de ahorro por viaje gracias a la reforma.
- Total de metros al día: 45480m
- Esto equivale a unas 4.5 horas de funcionamiento al día
- Con un gasto de 4 litros /hora son 18 litros al día y 360 litros al mes
- A 1,2 €/litro son **432 €/mes**

Una vez analizados los resultados se toma una decisión. Si el valor monetario de los beneficios es claramente mayor que el de los costos, se debe considerar realizar el proyecto. Si el valor de los costos y beneficios son similares, probablemente se revisen las estimaciones y suposiciones para asegurar que las proyecciones son correctas. Si los costos son mayores que los beneficios, el proyecto no debería llevarse a cabo.

En este caso la renovación supondría a la empresa un ahorro mensual de 1632 €

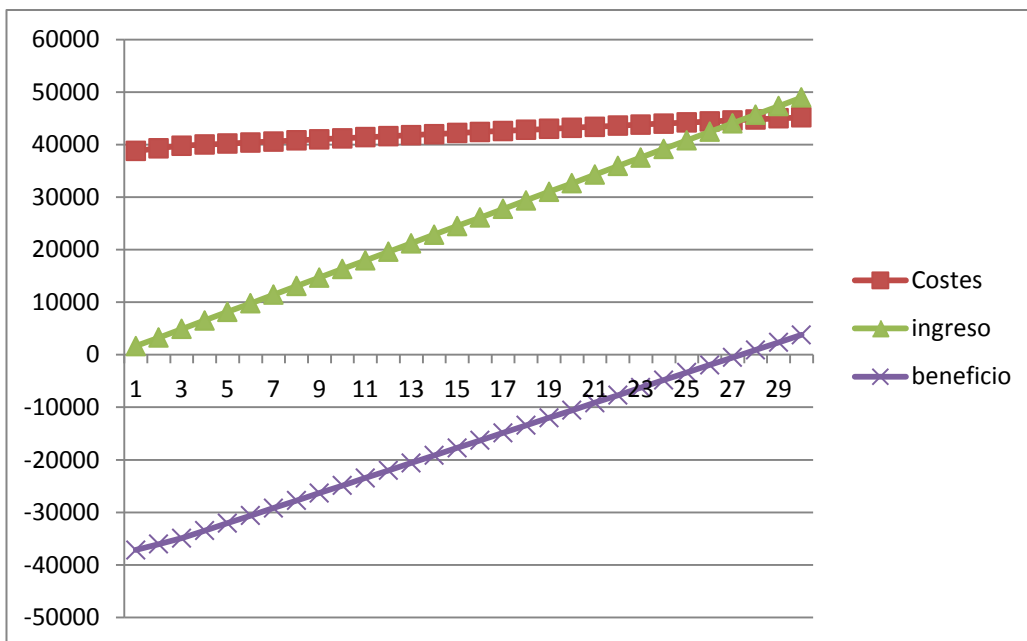
Destacar la existencia también de beneficios indirectos asociados al proyecto. Estos pueden ser una mejor reputación entre los clientes, mejoras en el producto y por consiguiente un cliente más satisfecho o una mejor distribución del producto.

5.2. DIAGRAMA DE EQUILIBRIO ENTRE COSTE E INGRESOS.



En la gráfica anterior se ve la lista de meses, los costes del proyecto, los ingresos que generará y el beneficio que aporta a la empresa. Como ya hemos visto anteriormente, el proyecto supone un coste inicial de más de 24000 euros y posteriormente he supuesto un coste de 500 euros los dos primeros meses y de 200 euros mensuales de ahí en adelante. Los ingresos son constantes a lo largo de todos los meses y se deben al ahorro de un puesto de trabajo y del combustible de las carretillas. Con este supuesto el proyecto quedaría amortizado en unos 17 meses. Esta estimación se ha realizado únicamente con los costes directos

A continuación se va a realizar el mismo estudio teniendo en cuenta los costes directos e indirectos, como es de preveer, el tiempo de amortización aumentará. Aun así es un coste asequible para una empresa a nivel internacional.



Como se puede ver, el tiempo de amortización ha aumentado de 17 a 27 meses. Se podría continuar con los ingresos mensuales mencionados o si a la empresa le interesa podría acelerar el proceso para terminar con el pago antes y empezar a obtener beneficios.

6. CONCLUSIONES.

A lo largo de este trabajo se ha evaluado en primer lugar la situación de una fábrica, su nivel de producción, sus productos fabricados, donde se encontraban las mayores pérdidas en la producción, etc. Una vez recabada toda la información se ha buscado una solución que mejore la producción y facilite el trabajo de los operarios. El trabajo desarrollado permite ver mediante los planos de la instalación y sobre todo gracias a la utilización de un simulador que la producción mejora de forma considerable

En un principio se plantearon tres soluciones, una de ellas con el almacén en la parte trasera de la nave que se desechó debido a la distancia que las carretillas elevadoras tenían que recorrer, otra solución planteada fue colocar una línea de rodillos que uniese las dos zonas de producción pero resultaría altamente costoso y con el tiempo generaría problemas de transporte por el nave, por ese motivo fue también rechazada. Finalmente se decidió estudiar la propuesta que colocaba la zona de mezclado en una zona más cercana que la primera, esta tenía como ventajas la menor distancia recorrida, la posibilidad de carga de camiones en ese mismo lugar y el amplio espacio disponible en el interior de la nave.

Antes de la mejora existían defectos en el proceso que al ser pequeños detalles, en muchas ocasiones no se aprecian pero repercuten en una pérdida considerable de tiempo. Todo esto es apreciable gracias a la utilización del simulador y al realizar los estudios se puede comprobar si realmente existe una ventaja y ahorro considerable.

Como se ha visto gracias a la utilización del programa Enterprise Dynamics, la producción ha aumentado un 38%, mejorando la salida de pallets diarios de 123 a 170 y el tiempo medio que las piezas se encontraban en la cadena de producción se redujo a más de la mitad. Con los beneficios anteriormente calculados y teniendo en cuenta costes directos e indirectos, a la empresa le constaría algo más de dos años rentabilizar la amortización y comenzar a beneficiarse de la modificación pero teniendo en cuenta el aumento de producción y lo que esto conlleva, esta estimación de dos años se podría ver reducida.

Como conclusión profesional decir que las prácticas en la empresa me han aportado otra visión de la ingeniería, he podido ver de primera mano la parte más práctica de mucho de lo que he estudiado a lo largo de estos cuatro años.

7. DESARROLLOS FUTUROS.

En un futuro, este *lay-out* se podría aplicar a los contrapesos de otros clientes. Con el tiempo se verá si para este cliente resulta beneficioso y no genera problemas a la hora de almacenar, procesar, verificar y marcar los pedidos. De ser así, conociendo la forma de trabajo es fácil aplicarlo a otros clientes mejorando en gran medida la producción.

Otro posible desarrollo futuro sería ampliar la zona de trabajo del cliente actual y colocar una segunda máquina de corte. Se iría más rápido que antes y se podría realizar con el mismo número de operarios.

Al igual que lo desarrollado en este trabajo, cualquier desarrollo nuevo habría que evaluarlo para saber si sale rentable y en cuanto tiempo.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. [1] Salazar López B A. Ingeniería Industrial [en línea]. Colombia; Disponible en: <http://ingenierosindustriales.jimdo.com/>
2. [2] Ingeniería Rural. Distribución en planta [en línea]. Disponible en: https://www.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema%205.pdf
3. [3] Blanco Blázquez V. Modernización de una instalación existente de ascensores. Madrid; 2013 Disponible en: http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/15379/PFC_Victor_Blanco_Blazquez.pdf?sequence=1
4. [4] Interroll. Soluciones postales interroll [en línea] Suiza. Disponible en: <http://www.interroll.com/es/grupo-interroll>
5. [5] Schaefer: componentes de sistemas de transporte continuo [en línea] Disponible en: http://www.ssi-schaefer.es/fileadmin/ssi/documents/media/brochure/es/br_f%C3%B6rdertechnikkomponenten_es_1_.pdf
6. [6] López Martínez A. Área de ingeniería mecánica (Universidad de Almería) Manual teórico práctico de oxicorte. Almería octubre 2008, actualizado marzo 2012. Disponible en: http://www.ual.es/personal/alm212/documentos/MANUAL_II.pdf
7. [7] eHow en Español: Jim Clayton. Como hacer un análisis preliminar de costos y beneficios. [en línea]. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/analisis-preliminar-costos-beneficios-como_332285/
8. [8] Comisión nacional de la competencia. Informe sobre el funcionamiento del mercado de mantenimiento de ascensores en España. Disponible en: http://www.cncompetencia.es/Inicio/GestionDocumental/tabid/76/Default.aspx?EntryId=149928&Command=Core_Download&Method=attachment
9. [9] Geka ironworkers [en línea] Disponible en: <http://www.geka-ironworkers.com/>

10. [10] Ingemecanica. Tutorial 44: Los fundamentos de la técnica del oxicorte. Disponible en: <http://ingemecanica.com/>