



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

GRADO DE INGENIERÍA EN DISEÑO MECÁNICO

Título del proyecto:

PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE
HERRAMIENTAS “LEAN” EN LA SECCIÓN
“GRANALLADO-ENCOLADO”, DENTRO DEL PROCESO
PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SIGMA BRAKES

Alumno: Juan David Rodríguez Ortiz

Tutor: Francisco Javier Jiménez Ochoa

Tudela, 26 Junio de 2014

Este Trabajo Fin de Grado va dedicado a muchas personas. En especial:

A mis padres, que simplemente, me lo han dado todo.

A todos mis familiares, amigos y personas cercanas.

A mi novia Alba, que siempre me ha apoyado en todo.

Agradecimientos por supuesto a mi tutor Francisco, una ayuda constante en todo este tiempo.

A la Universidad Pública de Navarra en general, y a todos sus profesores en concreto de los que me llevo lo mejor de cada uno.

Y a la empresa Sigma Brakes S.A. por darme la oportunidad de llevar a la práctica cosas aprendidas, y darme la oportunidad de conocer el mundo laboral en este ámbito.

Se cierra un ciclo y empieza uno nuevo, el cuál afrontaré con optimismo y muchas ganas de seguir aprendiendo.

ÍNDICE

RESUMEN	6
CONTEXTO.....	7
ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	8
DESCRIPCIÓN DEL PROCESADO DE MATERIALES DE FRICCIÓN	10
FABRICACIÓN.	19
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS PASTILLAS DE FRENO.	21
GRANALLADO.....	24
DISEÑO TRIDIMENSIONAL DE TODA LA SECCIÓN GRANALLADO-ENCOLADO.	30
FUNDAMENTOS LEAN MANUFACTURING	36
INDICADORES	46
CÁLCULO DEL OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY (OEE).....	48
INTRODUCCIÓN A LA SECCIÓN GRANALLADO	55
INTRODUCCIÓN AL PUESTO DE TRABAJO	58
CÁLCULO DEL OEE EN LA SECCIÓN DE GRANALLADO	59
IMPLANTACIÓN OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY (OEE) CON HOJA DE CÁLCULO EXCEL.....	64
ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ACTUAL DE LA MÁQUINA	77
CONCLUSIONES	78
PROPUESTAS DE MEJORA	80
<i>PROPUESTA DE MEJORA 1. CONTINUACIÓN DE LA CINTA DE RODILLOS MÓVILES HASTA EL INICIO DE LA GRANALLADORA PARA CREAR UN CIRCUITO DE BANDEJAS.....</i>	<i>80</i>
PROPUESTA DE MEJORA 1.1. INSTALACIÓN DE ESCALERA PARA PERMITIR EL PASO AL COORDINADOR AL PASILLO DEL GRANALLADO-ENCOLADO.....	84
PROPUESTA DE MEJORA 1.2. ZONA HABILITADA EXCLUSIVAMENTE AL COORDINADOR PARA PASAR MEDIANTE ELEVACIÓN DE UNA SECCIÓN DEL CAMINO DE RODILLOS	86
<i>PROPUESTA DE MEJORA 2. INSTALACIÓN DE UNA SEÑAL VISUAL PARA EVITAR SACAR CARROS DE BANDEJAS SEMILLENOS.</i>	<i>88</i>
<i>PROPUESTA DE MEJORA 3. COLOCACIÓN DE FOTOCÉLULA EN EL VOLTEADOR DE SOPORTES PARA AUTOMATIZAR LA ENTRADA DE LA GRANALLADORA.</i>	<i>91</i>
PROPUESTA DE MEJORA 3.1. SENSOR EN G (FINAL DE LA CINTA): AUTOREFLEX.....	96

PROPUESTA DE MEJORA 3.2. SENSOR EN F (INICIO DE LA CINTA): AUTOREFLEX.....	97
<i>PROPUESTA DE MEJORA 4. COLOCACIÓN DE OTRA MESA DE RODILLOS A LA ENTRADA DE LA GRANALLADORA PARA DEPOSITAR BANDEJAS EN CASO DE PARADA DE LA MÁQUINA.</i>	<i>100</i>
<i>PROPUESTA DE MEJORA 5. AMPLIACIÓN DE PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN EL PARTE DE PRODUCCIÓN ENTREGADO AL COORDINADOR.</i>	<i>102</i>
PRESUPUESTOS	103
BIBLIOGRAFÍA y WEBGRAFÍA.....	107
ANEXO I: PLANOS	108

RESUMEN

Este Trabajo Fin de Grado (TFG) tiene como causa un convenio de cooperación educativa entre la Universidad Pública de Navarra y la empresa fabricante de materiales de fricción Sigma Brakes S.A., por lo que no sólo se trata de un trabajo necesario para finalizar la carrera, sino que existe la motivación de ser un proyecto que tiene una aplicación real en la empresa.

El objeto de este proyecto es tratar de evaluar la situación en una sección en concreto, donde el soporte metálico al que se le incorpora el material de fricción, sufre dos procesos importantísimos para la vida útil y propiedades del producto final, la pastilla de freno.

Tras un exhaustivo análisis de observación, explicación de la situación de la maquinaria utilizada, así como del puesto de trabajo, se tratará de encontrar mejoras que sean significativas.

Aquí es donde entra en juego el *lean manufacturing* y sus herramientas, puesto que será un indicador clave en el nivel de eficiencia de la máquina, así como de las pautas a tomar para producir más con menos recursos.

Todo esto será representado en el diseño tridimensional de la máquina, lo que ayudará a entender las propuestas de mejora, así como su justificación.

ABSTRACT

This Thesis is because an agreement for educational cooperation between the Public University of Navarra and manufacturer of friction materials Sigma Brakes SA, so not only is a need to end the career job, but there is the motivation to be a project that has a real application in the enterprise.

The purpose of this project is to try to assess the situation in a particular section where the metal support to which we add the friction material undergoes two very important processes for the life and properties of the final product, the brake pad.

After a thorough analysis of observation, explanation of the status of the machinery used, and the job, we will try to find improvements that are meaningful.

This is where comes into play and lean manufacturing tools, since it will be a key indicator in the level of efficiency of the machine and make patterns to produce more with fewer resources.

All this will be represented in three-dimensional design of the machine, which will help you understand the proposals for improvement, as well as its justification.

CONTEXTO

La crisis situada en 2007 ha tenido consecuencias nefastas sobre las ventas e ingresos de las empresas de todo el mundo, es por ello que el movimiento Lean ha ido en aumento de manera exponencial. En tiempos de crisis el consumo se reduce, por lo que habrá que encontrar la manera de relanzar el consumo, que impulse de nuevo la producción y con ella, las ventas y los resultados de la empresa.

Todo ello implica mejorar e innovar en una dirección, en la que el *lean manufacturing* puede aportar mucho apoyo. Es evidente que, por parte de la empresa, deben de seguir los esfuerzos en trabajar bien, asegurar que los productos cumplan los requerimientos de calidad, reducir costes eliminando los gastos inútiles o reducir los exagerados.

Por otra parte, una mejora en la productividad implicará una reducción en el coste, puesto que una mayor productividad implica obtener el mismo producto con un menor consumo de recursos y/o de horas trabajadas. Pero ello exigirá, a su vez, una gestión más eficiente logrando mejoras en todos los ámbitos y acompañando a éstas con innovación, otra de las grandes claves en la ansiada salida de la crisis.

La mejora de la productividad es una solución de primer orden, y para ello, es indispensable un modelo organizativo y de gestión de la capacidad que cumpla con las condiciones anteriormente mencionadas, y que además se caracterice por una eficiencia extremadamente elevada. Este modelo, no es otro que el *lean manufacturing*.

Eficiencia y productividad se vinculan entre sí, ya que la eficiencia consiste en el logro de las metas con la menor cantidad de recursos. Productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenidos y los recursos empleados. Una forma de expresar los recursos empleados es el tiempo utilizado para obtener aquellos productos. Por lo que cuanto menos sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productividad en el sistema. En definitiva, la productividad es definida como un indicador de la eficiencia.

Para el Lean, todo consumo o actividad inútil para conferir valor al producto es considerado como desperdicio y debe ser eliminado. Lean es una forma de trabajar y organizarse en la empresas que busca maximizar el binomio eficiencia/satisfacción del cliente y llevar a las organizaciones por el camino de la excelencia operacional.

Este sistema, que tiene su origen en la industria del automóvil japonesa, está muy extendido en el sector automoción, y desde hace años se ha comenzando a aplicar con éxito en otros sectores industriales e incluso, cada vez más, en empresas de servicios.

ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La evaluación y estudio del plan de mejora se ha llevado a cabo en la empresa fabricante de materiales de fricción Sigma Brakes S.A. en Tudela (Navarra). La empresa comenzó su andadura en 1961 bajo el nombre MATERIALES DE FRICCIÓN S.A.E. fundada por un grupo de industriales con la idea de fabricar forros de freno y discos de embrague. Crearon la marca ICER BRAKES (siglas de Industrial Comercial Enrique Ruiz), nombre del primer presidente y padre del actual, Víctor Ruiz Rubio, que da nombre a su sede central situada en Pamplona (Navarra).

Desde 1968 ICER BRAKES diseña, fabrica y exporta a medio mundo pastillas de freno, pero no es hasta 1999 cuando se construye su planta de producción de materiales de fricción en Tudela, Sigma Brakes.



Imagen 1. Primer edificio de ICER BRAKES, 1961.



Imagen 2. Planta de ICER BRAKES en Pamplona, 2001.



Imagen 3. Planta de Sigma Brakes en Tudela, 1999.

ICER BRAKES, junto a su planta en Tudela, Sigma Brakes, ha consolidado en los últimos años su posición como líder en la fabricación de materiales de fricción para turismo, ferrocarril y vehículo industrial. Desde sus inicios, se han enfocado en ofrecer a sus clientes productos de alta calidad junto con el mejor servicio posible.

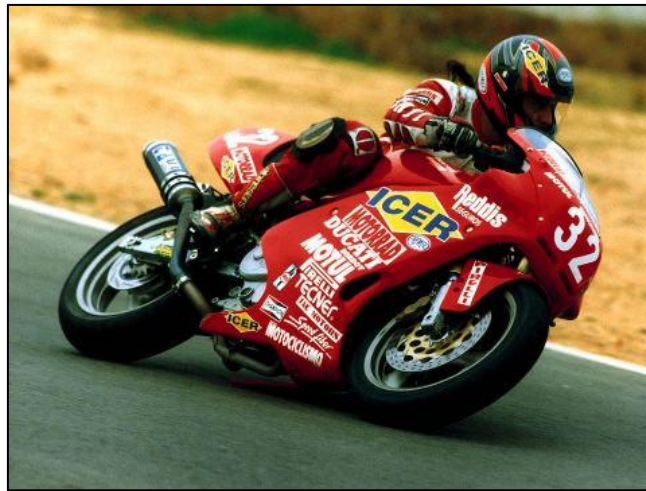


Imagen 4 y 5. ICER BRAKES patrocina a escuderías en carreras de competición.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESADO DE MATERIALES DE FRICCIÓN

EL FRENADO.

El frenado de un cuerpo en movimiento es uno de los estudios más complejos dentro de la tribología, ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación que tienen lugar durante el contacto entre superficies sólidas en movimiento.

Al frenar un vehículo lo que estamos consiguiendo por medio de la fricción entre dos materiales, es la transformación de energía cinética y/o potencial (la que lleva el objeto por moverse o por encontrarse a una determinada altura) en energía calorífica. Esta transformación de energía provoca un aumento de la temperatura global de todo el sistema.

La transformación de la energía proviene por contacto de la pinza de freno o cáliper (parte fija) y el disco (parte móvil que gira solidaria con la rueda). Cuando accionamos el pedal del freno se presuriza el circuito y los émbolos de las pinzas empujan a las pastillas contra el disco.

En el contacto entre las pastillas y el disco es donde se produce la transformación de la energía, de ahí que las características de ambos elementos sean muy peculiares, ya que deben de soportar altas temperaturas sin desgastarse en exceso pero con un buen coeficiente de rozamiento para poder conseguir frenar el vehículo.

FRICCIÓN.

Fricción es la resistencia al movimiento que existe cuando un objeto sólido se mueve tangencialmente con respecto a la superficie de otro sólido con el que está en movimiento.

La fricción se expresa en términos relativos de fuerza, como el coeficiente entre la fuerza de fricción y la carga nominal a las superficies de contacto, suele representarse por μ , que es un coeficiente adimensional, es decir, carece de unidades ya que las dos fuerzas se miden en las mismas unidades.

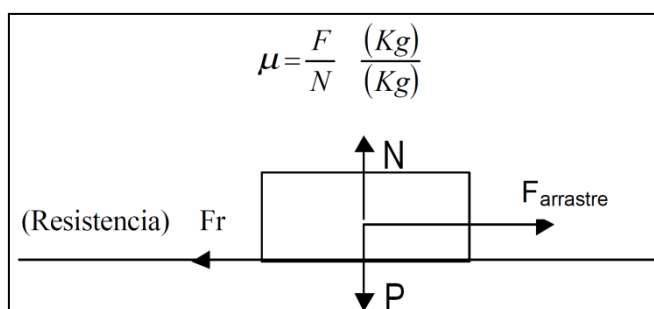


Imagen 5. Diagrama de fuerzas de un sólido en movimiento

Hay que distinguir entre dos situaciones:

- Fuerza de fricción estática. La necesaria para iniciar el movimiento. Si la fuerza tangencial aplicada es menor a este valor, no existe movimiento y la fuerza de fricción es igual o mayor a la tangencial aplicada.
- Fuerza de fricción cinética o dinámica. La necesaria para mantener el movimiento. De valor menor a la anterior.

Las leyes fundamentales de la fricción son:

- La fuerza de fricción es proporcional a la fuerza normal.
$$F = \mu \cdot N$$
- La fuerza de fricción es independiente del área aparente de contacto (A_a). Por esta razón objetos grandes y pequeños del mismo par de materiales, presentan el mismo coeficiente de fricción.
- La fuerza de fricción teóricamente es independiente de la velocidad de deslizamiento.

Los coeficientes de fricción típicos que presenta el acero cuando se desliza sobre otros materiales son los que aparecen en la siguiente tabla.

Material 1 Vs. Material 2		μ
Acero	Acero	0,62
Bronce	Acero	0,24
Grafito	Acero	0,10

Tabla 1. Ejemplos de coeficientes de fricción.

A escala microscópica, las superficies de los sólidos presentan cimas y valles, que podemos evaluar midiendo su rugosidad. Debido a esta rugosidad cuando dos superficies entran en contacto, no lo hacen en todo el área aparente de contacto (A_a), sino que el contacto se verificará solo en algunos puntos de estas rugosidades.

A la suma de las áreas de los puntos en los que se verifica el contacto, la denominaremos área real de contacto (A_r). Esta área es independiente del área aparente de contacto.

Estos puntos de contactos son los encargados de soportar la carga normal y de generar la fuerza de fricción.

Cuando la carga normal aumenta, el número de puntos en contacto aumenta, aumentando el área real de contacto a pesar de mantenerse invariable el área aparente.

La fuerza de fricción es debida a varios efectos que suponen aportación de energía:

- ✓ Adhesión: principal componente de la fricción.
- ✓ Deformación.
- ✓ A la interacción entre asperezas.

La existencia de capas contaminantes entre el disco de freno y el material de fricción reduce considerablemente las fuerzas de fricción.

La existencia de una fuerza de fricción hace aumentar el área real de contacto y aumenta el barrido de la capa intermedia (tercera capa), aumentando la adhesión respecto al simple contacto.

Es importante destacar que a altas velocidades de deslizamiento de una superficie contra la otra, se aumenta la temperatura debido a la fuerza de rozamiento entre ambos materiales que se oponen al movimiento con lo cual se produce una conversión de la energía cinética en calor (energía térmica) con el consiguiente aumento de la temperatura de ambas superficies.

EL SISTEMA DE FRENADO.

El sistema de frenos de un vehículo moderno está compuesto por los siguientes elementos:

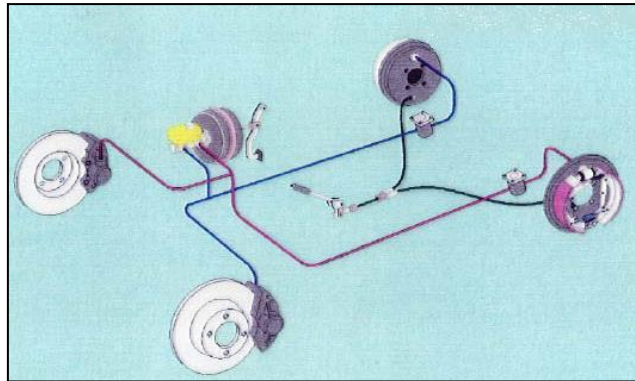


Imagen 6. Diagrama de un sistema de frenos instalado en "X".

SERVOFRENO:

El servofreno es el sistema por el cual la fuerza que hay que ejercer sobre el pedal, para presurizar el circuito a una misma presión, se reduce. Es decir, es un elemento que reduce el esfuerzo que necesita el conductor para presurizar el circuito pisando el pedal.

Las ventajas del servofreno son las de realizar una presión mayor sobre el circuito hidráulico y conseguir una mejor dosificación de la frenada.

BOMBA DE FRENO:

La bomba de freno o cilindro principal, es el encargado de presurizar el líquido por todo el circuito hidráulico.

Como la legislación actual obliga a los fabricantes de vehículos a que estos vayan provistos de doble circuito de freno, las bombas de freno son de tipo tándem (dispone de dos pistones atendiendo al suministro del líquido a una presión igual para cada uno de los dos circuitos independientes normalmente distribuciones según una "X").

CORRECTOR DE FRENADA:

Los limitadores de frenada o correctores de presión tienen la función de reducir la presión que llega al tren trasero con el fin de que no se llegue al bloqueo en esas ruedas.

PINZA DE FRENO O CÁLIPER:

La pinza de freno es el elemento encargado de soportar las pastillas además de empujarlas contra el disco cuando se presuriza el sistema. Es un elemento crítico del sistema de freno porque está sometida a esfuerzos importantes durante el frenado tales como vibraciones, excesiva temperatura y otros elementos agresivos.

Existen diferentes tipos de cáliper (pinzas) de freno según el sistema de freno y el fabricante. Sin embargo todas se basan en el hecho de que después de liberar la

presión del circuito, permiten que la pastilla de freno continúe en contacto con el disco de freno, de forma que en la próxima frenada, el efecto de esta sea inmediato sin necesitar un tiempo de aproximación entre la pastilla y el disco de freno.

EL LÍQUIDO DE FRENO:

El líquido de freno es el elemento que al ser presurizado por la bomba empuja los cilindros de las pinzas contra las pastillas, produciéndose así la acción de frenado. Sus características son las que aseguran una correcta frenada, pero es un elemento que con el uso y el paso del tiempo se degrada y debe de ser sustituido.

Las características fundamentales del líquido de freno son las siguientes:

- Es incompresible (como todos los fluidos).
- Su punto de ebullición mínimo debe ser superior a los 230°C. Así conseguirá permanecer en estado líquido, sin entrar en ebullición, cuando las sollicitaciones de frenada sean muy exigentes.
- Debe de tener baja viscosidad para desplazarse rápidamente por el circuito.
- Debe de ser lubricante para que los elementos móviles del sistema de freno con los que se encuentra en contacto no se agarroten.
- Debe de ser estable químicamente, para no corroer los elementos del sistema de freno con los que se encuentran en contacto.

En la actualidad, la mayoría de los líquidos de freno cumplen con todos los requisitos que le son demandados, pero como contrapartida, posee una propiedad que obliga a que su sustitución sea necesaria cada 2 años o 70000 km. El líquido de frenos es higroscópico, tiene gran capacidad de absorber agua.

RESEÑA HISTORICA SOBRE LA FRICCIÓN.

A finales del siglo XIX, apareció el primer automóvil de la mano de Karl Friedrich Benz, por lo que surgió la necesidad de dotarle de algún elemento que consiguiese detenerlos cuando el conductor decidiera. Las primeras soluciones aportadas fue la adaptación de los frenos de los coches de caballos. Estos sistemas consistían en un accionamiento manual de una palanca que movía una zapata, la cual rozaba contra la banda de rodadura de las ruedas produciendo así la fricción necesaria para decelerar o frenar el vehículo de forma efectiva.

En el año 1897 Herbert Froot, implementó el primer forro de fricción basado en la utilización de fibras de algodón, trenzadas en forma de correa. Lógicamente tenía unas limitaciones ya que el uso de una fibra natural como es el algodón significaba que por encima de 150°C perdía las propiedades de fricción y se rompían. Tan solo diez años después se introdujo en la formulación las fibras de amianto. Sentando las bases de los materiales de fricción durante las décadas siguientes.

Se eligió la fibra de amianto para la mayoría de las aplicaciones, porque, eran fáciles de tejer de la misma forma que el algodón, con lo cual fue fácil sustituir las fibras de algodón. Su mayor resistencia mecánica, la resistencia a la temperatura, la flexibilidad, sus excelentes propiedades de fricción y la compatibilidad con las resinas y demás sustancias ligantes, hacían de la fibra de amianto el mejor de los componentes para aplicaciones de fricción.

A principios del siglo XX, los químicos comenzaron el estudio de sustituir los trenzados de los forros de freno por piezas moldeadas. La mayor parte de los avances posteriores fueron únicamente mejoras que se añadieron a este concepto original.

Durante la década de los 30, los químicos comenzaron a investigar en resinas flexibles con mayor resistencia al calor. Estos nuevos materiales, junto con el proceso de mezclado en seco, abrió el camino a nuevos y muchos más sofisticados componentes y con ello a un nuevo mundo de materiales de fricción que todos conocemos hoy en día.

Al mismo tiempo, otros pioneros en el desarrollo del material de fricción provenían de la industria del caucho. Los trenzados de algodón y posteriormente los trenzados de amianto fueron recubiertos con compuestos de caucho que después iban siendo apilados en capas hasta obtener el espesor requerido, todo ello se conseguía gracias a la ayuda de la maquinaria típica de la industria del caucho. Más tarde se introdujeron compuestos de fibra de amianto y caucho, que podían laminarse y plegarse o extrusionarse, también utilizando la maquinaria convencional del caucho.

Durante la década de los 50 se implementó una nueva formulación que contenía nuevas resinas que ligaban virutas metálicas, dando paso así a la aparición de las pastillas en base metálica. Esta formulación procedía del gran éxito que los materiales de fricción metálicos habían conseguido en aplicaciones industriales y aeronáuticas. Estos nuevos materiales metálicos eran una mezcla de resinas con lana de acero y grafito. Este tipo de fórmulas fueron muy usadas durante la década de los 70 en la fabricación de las pastillas.

En los años 60, a medida que se avanzaban en el diseño de los vehículos y era necesario mejorar los sistemas de frenos, muchas empresas de materiales de fricción comenzaron a buscar alternativas al amianto como principal componente de los frenos de disco. El amianto es un material que posee sus propias limitaciones; es un recurso agotable, de calidad variable y su precio subía. Como alternativa, se contempló el uso de fibras de vidrio, fibras de metal y más recientemente, fibras de carbón sintéticas.

Al mismo tiempo, comenzó a cuestionarse el efecto sobre la salud del uso del amianto. Muchos fabricantes dejaron de trabajar con este material debido a los problemas que se asociaron con él. Todo esto hizo que los materiales de fricción semi-metálicos llegaran a ser los más utilizados en los años 70 para la fabricación de frenos de disco.

Durante los años 90 hace su aparición una nueva tendencia. Se trabaja en un material orgánico que no se desintegre a altas temperaturas de frenado y mantenga sus características de fricción en un ancho rango de temperaturas. Un material que admita el desgaste sin dañar las otras superficies. Estamos ante la aparición de una nueva generación de materiales de fricción de superiores prestaciones y más respetuosos con el medio ambiente, así como con las personas que cada día están en contacto con estos materiales.

No obstante, todavía quedan en el mercado productos de fricción que contienen amianto, y se recomienda, dadas sus propiedades cancerígenas, su manipulación siguiendo las normas estrictas de seguridad que están claramente definidas en todos los países para la manipulación de productos tóxicos y peligrosos.

COMPOSICIÓN.

La obligatoriedad de eliminar el amianto supuso un cambio importante dentro de las formulaciones. El amianto era una fibra que constituía la base de cualquier formulación ya que era capaz de aportar las cualidades requeridas a cualquier material de fricción.

No obstante, aunque los primeros materiales “sin amianto” que aparecieron en el mercado eran de prestaciones y duración inferiores a los de “con amianto”, hoy en día los productos “sin amianto” han superados a aquellos en todos los requisitos exigibles a un material de fricción.

En la actualidad la mayoría de los fabricantes de fricción emplea en mayor o menor medida la base que a continuación se ofrece.

FIBRAS: Las fibras son los elementos encargados de aglutinar y ligar el resto de los elementos. Es decir, las fibras son el “armazón” de las pastillas de freno, a través de sus múltiples ramificaciones van uniendo el resto de los elementos. Existen dos tipos principales de fibras las sintéticas y las minerales. Las más usuales en el campo de la fricción son: fibras de vidrio, fibras de aramida, lana de roca...

CARGAS MINERALES: Las cargas minerales son las encargadas de dar consistencia mecánica al conjunto, es decir, le aportan resistencia a la abrasión, resistencia a cortadura... Están encargadas también, de aportar resistencia a las altas temperaturas. Las más usuales son: barita, magnesita, talco, mica, carbonato, feldespato y otros.

COMPONENTES METÁLICOS: Se añaden en forma de polvo o viruta para conseguir homogeneizar el coeficiente de fricción así como la transferencia de calor de la pastilla al cáliper. Los más usuales son, latón, cobre, bronce entre otros. No obstante una gran parte de los componentes metálicos usados en los materiales de fricción, tienen efectos nocivos sobre la salud por lo que se recomienda seguir estrictamente la legislación referente a los productos que contengan tales metales pesados.

LUBRICANTES O MODIFICADORES DE COEFICIENTE: Son los encargados de hacer variar el coeficiente de fricción normalmente a la baja, dependiendo del rango de temperatura de funcionamiento. Son empleados en forma de polvo suelen ser grafitos, coques, sulfuros, antracitas, etc.

MATERIALES ORGÁNICOS: Son los encargados de aglomerar el resto de los materiales. Cuando alcanzan una determinada temperatura fluyen y ligan el resto de componentes, hasta que se polimerizan. Las más importantes son las resinas fenólicas termoendurecibles, aunque también son empleados diferentes tipos de cauchos, ceras, aceites...

ABRASIVOS: Cumplen principalmente la misión de incrementar el coeficiente de fricción y también renuevan y limpian la superficie del disco permitiendo la formación de la capa intermedia o también conocida como tercera capa.

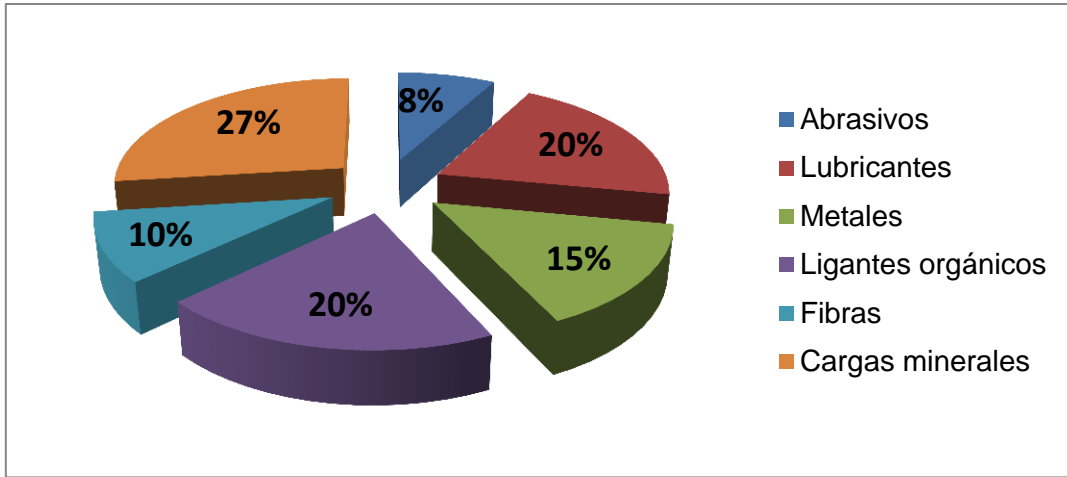


Imagen 7. Composición del material de fricción.

FABRICACIÓN.

La fabricación de material de fricción es un proceso bastante estandarizado. Las variables del proceso son las que cada fabricante define en función del tipo de materiales que emplea, es decir, de la composición que defina. A grandes rasgos los pasos fundamentales que se deben de seguir a la hora de fabricar son:

PROCESO DE MEZCLADO: Es el primer paso dentro del proceso de fabricación, ya que su misión es la de mezclar todos los componentes de forma homogénea. Para conseguir una buena homogeneización de la mezcla, el mezclador está provisto de un eje central que hace girar los componentes en forma de ochos y en otro eje dos cuchillas batidoras que son las que van homogeneizando la mezcla. En este proceso, uno de los factores críticos es el tiempo.

GRANALLADO-ENCOLADO: Antes del prensado entre la mezcla y los soportes, es necesario que éstos últimos pasen por un proceso donde se acondicione la superficie para que agarre mejor el encolado posterior, este proceso es el objeto del presente proyecto, por lo que lo explicaré más detalladamente a continuación.

PRENSADO EN CALIENTE: La misión del prensado en caliente es la de aglutinar los diferentes componentes. Por una parte, con la presión que se realiza se consiguen una reducción del volumen, pero a su vez con la temperatura lo que se hace es fundir las resinas para que estas fluyan por todo el material ligando los diferentes elementos. En esta etapa es en la que los soportes son pegados al material de fricción. Esto se produce por dos motivos principales, uno de ellos es que el soporte lleva impregnado una resina o pegamento que consigue la adhesión del material, y otro, la presión ejercida.

CURADO: El proceso de curado se realiza en hornos, su misión principal es la completa polimerización de las resinas, para conseguir una perfecta compactación del material además de ir perdiendo el contenido todavía existente de volátiles.

SCORCHADO: En esta última fase, el material de fricción se sube a temperaturas de 500°C o superiores bajo la acción de una placa caliente o bajo el efecto de una llama. En este último proceso se elimina una gran parte de materiales orgánicos aún existentes, el polímero (resina) se grafitiza y la pastilla de freno adquiere sus características definitivas. Este es un proceso caro y delicado por lo que muy pocos fabricantes lo incorporan a sus procesos de fabricación.

OPERACIONES DE MECANIZADO: En esta etapa las pastillas sufren diferentes procesos de mecanización para adaptarlas a las características dimensionales requeridas por cada aplicación. Es decir, por un lado se rectifican para conseguir el espesor de material de fricción necesario. Otro de los procesos que pueden sufrir es la realización de catas o ranuras, al igual que los chaflanes.

PUESTA DE ACCESORIOS: Durante esta etapa se le añaden a las pastillas todos los elementos complementarios tales como los muelles, resortes, avisadores...

MARCADO Y ESTUCHADO: Las pastillas están finalizadas solo queda marcarlas y estucharlas para poderlas servir a los diferentes clientes.

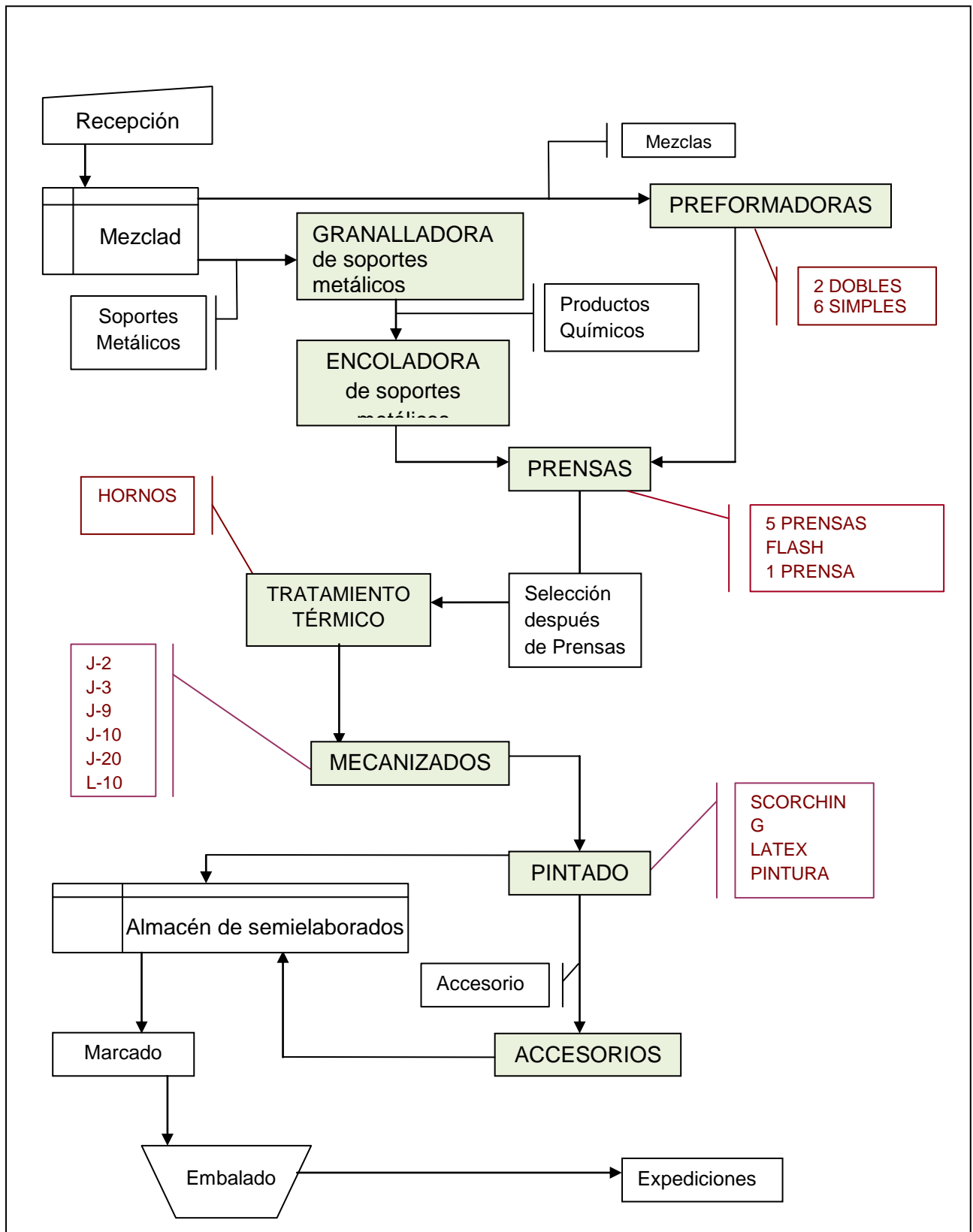


Imagen 8. Diagrama de proceso.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS PASTILLAS DE FRENO.

Los requerimientos básicos del material de fricción son los que establece la propia aplicación del producto. Los más relevantes son:

- ✓ Presentar un coeficiente de fricción adecuado y estable a cualquier rango de temperatura y presión.
- ✓ Mantener un equilibrio entre abrasión y resistencia al desgaste.
- ✓ Una cierta compresibilidad, tanto en frío como en caliente, que haga que el material absorba vibraciones e irregularidades de la otra superficie con la que entra en contacto.
- ✓ Una buena resistencia al choque y al cizallamiento.

Para conseguir satisfacer todos estos requerimientos, cada fabricante implementa sus propias formulaciones, las cuales ensaya una y otra vez hasta conseguir los resultados que le aportan la calidad que buscaban.

A continuación vamos a ver los diferentes componentes que pueden llevar consigo las pastillas de freno.

UNDERLAYER.

El “underlayer” es una capa de material cuya función es la de fijar el material de fricción en el soporte además de reducir la temperatura que llega al cáliper. Esta capa de material tiene su propia formulación, ya que no tiene los requerimientos que del material de fricción se esperan sino que sus funciones son las de unir la capa de material de fricción al soporte además de variar la conductividad térmica del material de fricción para que el calor no pase a través de ella y no se caliente el líquido de frenos en el caso de materiales de fricción con una alta conductividad térmica.

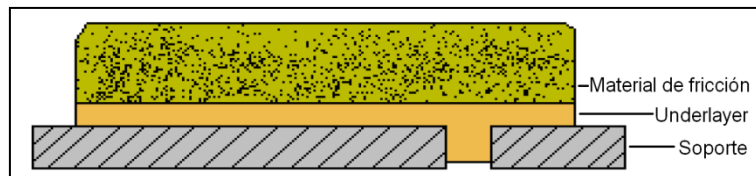


Imagen 9. Pastilla de freno con “underlayer”.

EL SOPORTE.

El soporte es el elemento metálico cuya función es la de mantener el material de fricción en el porta pastillas de las pinzas. La característica principal es que debe de ser lo más plano posible para evitar que durante en proceso de prensado en caliente y posterior curado de las pastillas surjan fisuras entre el soporte y el material de fricción.

Los soportes se fabrican por estampación a partir de un fleje del espesor requerido. Dependiendo de la complejidad del soporte se fabrican en varios pasos, aunque es uno de los procesos más automatizados de la fabricación de las pastillas.

Los soportes son pintados con un barniz de alta resistencia para prevenir la corrosión con el paso del tiempo. La impregnación del soporte metálico con una resina de gran adherencia es una fase crítica del proceso de fabricación, ya que se debe de garantizar una correcta adherencia del material de fricción al soporte.



Imagen 10. Variedades de soportes metálicos.

ANTI-RUIDOS.

Las láminas anti-ruido son accesorios cuya función principal es la de absorber las vibraciones que se producen en el contacto entre el soporte y el cáliper o pinza, evitando la aparición de ruido. Existen diferentes materiales, como son láminas de fibra de vidrio, láminas metálicas... cada aplicación lleva definida un tipo de lámina diferente dependiendo del tipo de vehículo en el cual va montada la pastilla.

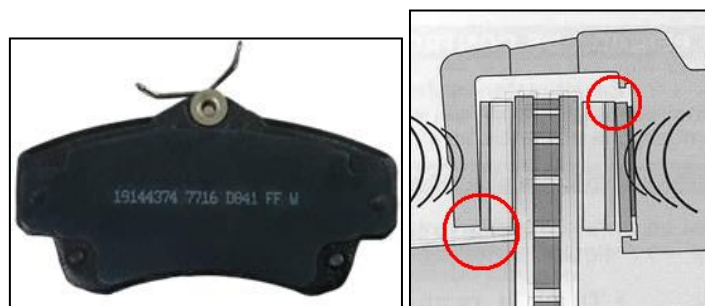


Imagen 11 y 12. Lámina anti-ruido y contacto entre soporte y pinza.

La forma de fijarlas al soporte suele variar dependiendo del tipo de material de la lámina anti-ruido. Existen láminas que van pegadas por medio de una resina fenólica las cuales tienen que ser comprimidas contra el soporte, sometido el conjunto a una

temperatura de unos 150°C. Otras láminas van remachadas a los tetones del soporte. Existe otra posibilidad de que la lámina vaya fijada al soporte por medio de patillas y embutida en dos tetones del soporte, para impedir su movimiento.

Dichas láminas permiten aumentar la compresibilidad de la pastilla de freno en frío con el consiguiente efecto positivo sobre los chirridos sin aumentar sensiblemente la compresibilidad de la pastilla de freno en caliente que pudiera dar lugar a carreras del pedal excesivas.

OTROS ACCESORIOS.

Las pastillas para absorber las vibraciones a las que son sometidas en el cáliper cuando se frena, llevan una serie de accesorios que se denominan muelles. Estos muelles están fabricados a partir de flejes. Este tipo de elementos depende de la geometría de la pastilla, del sistema de anclaje... Existen otro tipo de muelles que van situados en el propio cáliper pero cuya función es la misma que los que van situados en las pastillas. En definitiva, permiten un leve movimiento de las pastillas cuando se encuentran frenando lo que hace que las vibraciones que se producen sean absorbidas.

Otro tipo de accesorios que van incluidas en las pastillas son los avisadores de desgaste. La función de estos elementos es la de alertar al usuario del vehículo de que sus pastillas están al límite de su vida útil y debe de ser sustituidas. Existen varios tipos:

SONOROS.

Los avisadores sonoros son pequeños flejes que van alojados en los laterales del soporte, sobresalen unos dos milímetros de la superficie de fricción. Lo que produce que cuando la pastilla se ha desgastado y tan solo quedan 2 mm de material de fricción este pequeño fleje roce contra el disco y se produzca un chirrido constante que avisa al conductor de que sus pastillas deben de ser sustituidas.

LUMINOSO.

Los avisadores luminosos se componen de un cable conductor con una cabeza de polímero. Cuando este dispositivo va rozando con el disco, se debe a que a las pastillas solamente les quedan 3 mm de superficie de fricción. El roce con el disco provoca su desgaste hasta que el cable llega a tener contacto con el disco, con lo cual hace masa, cerrando el circuito. Esto produce que se encienda un testigo en el cuadro que nos indica que debemos de pasar por el taller para cambiar las pastillas.

GRANALLADO.

Es un método de trabajo en frío, que se realiza con el fin de acondicionar (mejorar) las superficies. Se trata de un sistema basado en el impacto controlado de un chorro del tipo de abrasivo adecuado al tipo de trabajo a realizar en cada caso en unas instalaciones específicas a tal efecto.

Este acondicionamiento, se efectúa por medio de un bombardeo de las superficies con granallas con características precisas de forma, dimensión, dureza y composición química, que se elegirán según los objetivos que se deseen obtener.

Existen diversos tipos de clasificación, basados sobre distintas bases:

TIPOS DE GRANALLADORA.

- Por presión:
 - o Por aire comprimido.
 - o Húmedo (aire + agua).
 - o Por agua.

- Por turbinas.

Se trata de sistemas mecánicos basados en la impulsión del abrasivo mediante turbinas de potencia y dimensión adecuadas a cada caso. Estos son los sistemas adecuados para casos en que la productividad deba ser elevada, generalmente para piezas de reducida o mediana dimensión.



Imagen 13. Granalladora de turbinas horizontales



Imagen 14. Granalladora con turbinas de tambor



Imagen 15. Granalladora con turbinas verticales

OBJETIVO DEL GRANALLADO.

- Limpieza (retirada del contaminante).
 - o Desarenado.
 - o Deshidroxidado.
- Obtención de rugosidad (para garantizar el correcto agarre de recubrimientos como la metalización, el cromado; o facilitar la adherencia al posterior pegamento o adhesivo, como es el caso en este proyecto).
- Control superficial (para poner de relieve defectos).

TIPOS DE GRANALLA.

- Forma de las partículas
 - o Angular.



- o Esférica, utilizada en la sección objeto del presente proyecto.



- Dimensiones de las partículas (según las normas nacionales o internacionales).
- Composición de las partículas.
 - o Metálica (férrica, no férrica).
 - o Mineral (vidrio, corindón, cerámica, granates).
 - o Vegetal (núcleos).

ELECCIÓN DE LA GRANALLA.

La elección depende de varios factores. El primer planteamiento consiste en simplificar la cuestión a la parte fundamental, es decir, en los siguientes puntos:

- Sector de utilización de la granalla.
- Objetivo a obtener.
- Búsqueda de aspecto.

En el siguiente esquema se detalla una guía para la elección de la granalla óptima.

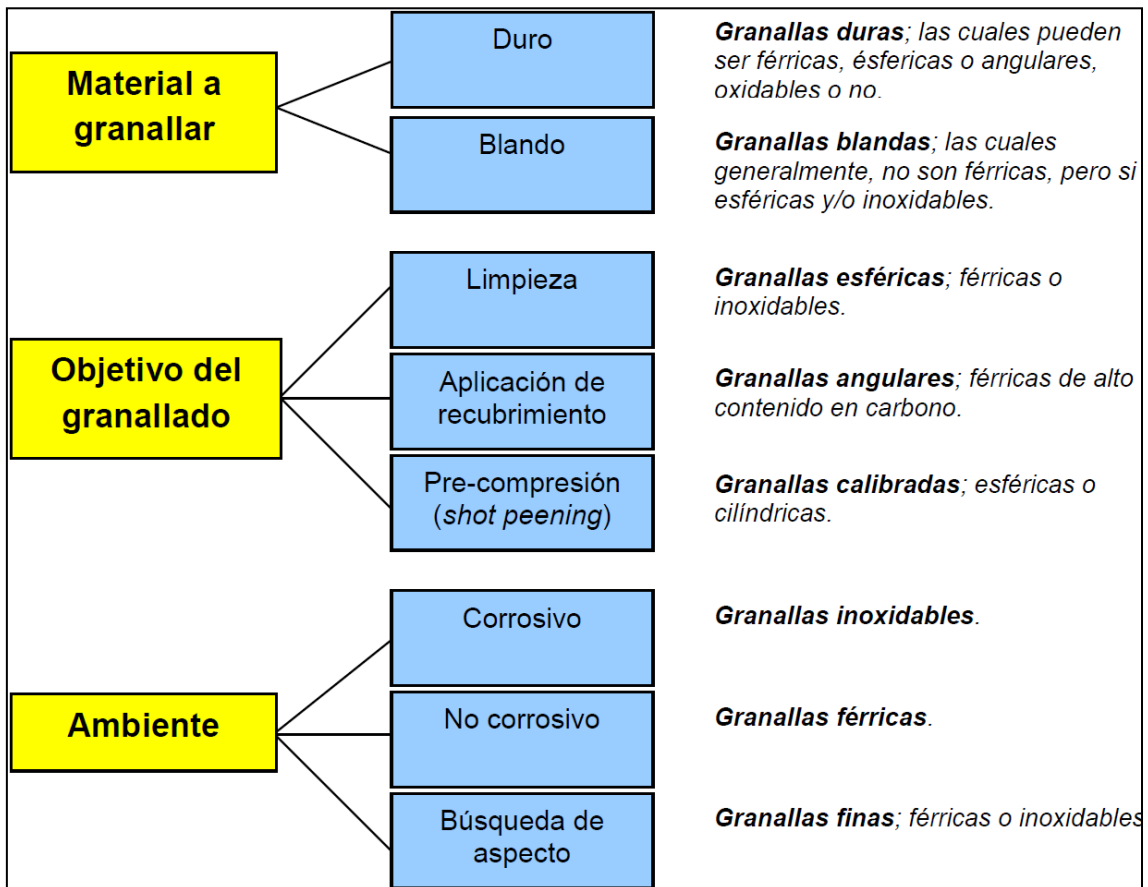


Imagen 16. Esquema resumen para la elección de la granalla.

A parte de las indicaciones anteriores, hay también consideraciones excepcionales. En efecto, varias veces los usuarios eligen soluciones que aportan un compromiso entre la solución técnica ideal y las consideraciones económicas pertinentes.

Como recomendación de carácter general respecto a la elección del tipo de granalla, se debe elegir el tipo de granalla más fina posible, siempre que se obtengan las calidades superficiales y de granallado requeridas. Con estas pautas podremos asegurar la máxima cobertura (superficie granallada) posible, así como unos óptimos resultados del granallado. A continuación podemos observar en un esquema esta teoría.

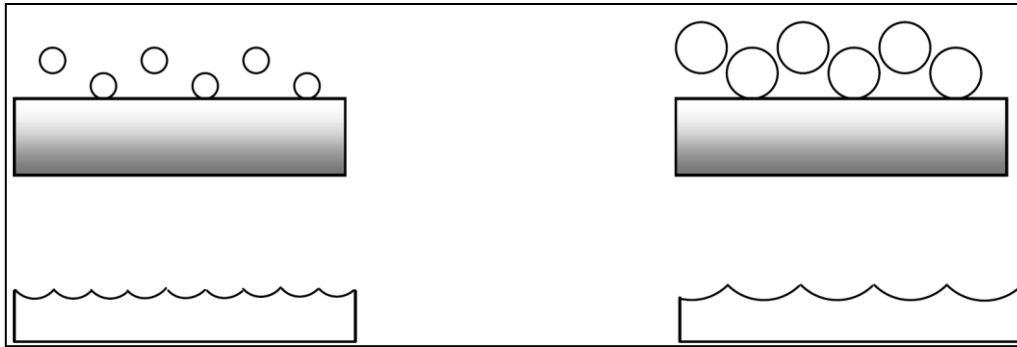


Imagen 17. Granallado con partículas finas y de mayor diámetro.

- Con el uso de granallas finas (dibujo izquierda en la *Imagen 17*), se observa que se obtendrá más rápidamente un mayor porcentaje de superficie granallada a igualdad de condiciones de trabajo que lo que se tardaría en el caso del esquema de la derecha (granalla gruesa).
- El único posible inconveniente en el caso del granallado con granalla fina se daría si en este caso no se obtuviera una rugosidad superficial suficiente.
- Por otra parte, tal como se observa en el esquema, el uso de granallas de dimensión mayor a la necesaria redundaría en una mayor profundidad del impacto y por consiguiente, en un mayor consumo de pintura para la operación posterior al granallado.

Asimismo, una vez escogida la medida óptima para realizar la aplicación concreta, cabe mantener en todo momento el interior de la granalladora con una granalla de calidad idónea, la cual debe contener partículas de dimensión nominal, aunque también partículas de medida inferior para conseguir el mayor porcentaje posible de superficie granallada y la menor rugosidad posible.

Esta situación se consigue mediante la adición de granalla nueva a la granalladora de la forma lo más fraccionada y continuada posible, evitando las adiciones de grandes cantidades demoradas en el tiempo.

PARÁMETROS.

La rugosidad se define por varios parámetros que la caracterizan y que son muy importantes para garantizar el agarre de los recubrimientos aplicados. Tales parámetros son:

- a) Rugosidad media (R_a): media aritmética, en μm , de los valores absolutos de las desviaciones del perfil real, a lo largo de un perfil de medida, respecto a la línea media.
- b) Rugosidad máxima (R_t o R_{max}): distancia entre el valle más bajo y el pico más alto, a lo largo del perfil de longitud L .
- c) Profundidad media (R_z): media aritmética de las amplitudes, medidas a lo largo de 5 puntos adyacentes del perfil.

Consideraciones energéticas

Cada partícula dotada de una masa m y de una velocidad v , aporta dos magnitudes físicas: energía cinética y cantidad de movimiento. La primera aporta la capacidad para transmitir trabajo físico, el segundo una fuerza.

- Energía cinética (E): Una partícula proyectada por una granalladora adquiere una cantidad de energía cinética que asciende a:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Si se quiere modificar la cantidad de energía que debe transmitirse, se actúa sobre la masa o sobre la velocidad; pero puesto que la segunda magnitud se presenta al cuadrado, actuar sobre ella afecta demasiado al nivel de energía, y es por eso que se prefiere cambiar la masa, es decir, la dimensión media de la granalla.

Reducir el diámetro medio de la granalla no hace reducir demasiado la energía transmitida, sino que hace aumentar el % de cobertura a igualdad de tiempo de granallado.

- Cantidad de movimiento (P): Cada grano dotado de movimiento aporta una cantidad de movimiento que es dado por la fórmula

$$p = mv$$

La proyección de un grano sobre una superficie causa un choque, el cual se traduce de una fuerza muy intensa que actúa para un tiempo muy breve.

En conclusión, la energía cinética inicial es igual a la energía cinética final más el trabajo físico de deformación plástica de los materiales, que se puede relacionar con la entidad del impacto en la superficie.

PORCENTAJE DE COBERTURA.

En 1 cm³ de volumen se pueden tener 125 granos de 2 mm. de diámetro, pero también 1000 granos de 1 mm., u 8000 de 0,5 mm.; es decir, que con un volumen constante de granalla, el % de cobertura aumenta con la reducción del diámetro. Eso puede traducirse de esta forma: con un tiempo de granallado constante, con la reducción del diámetro medio de los granos, aumenta el % de cobertura.

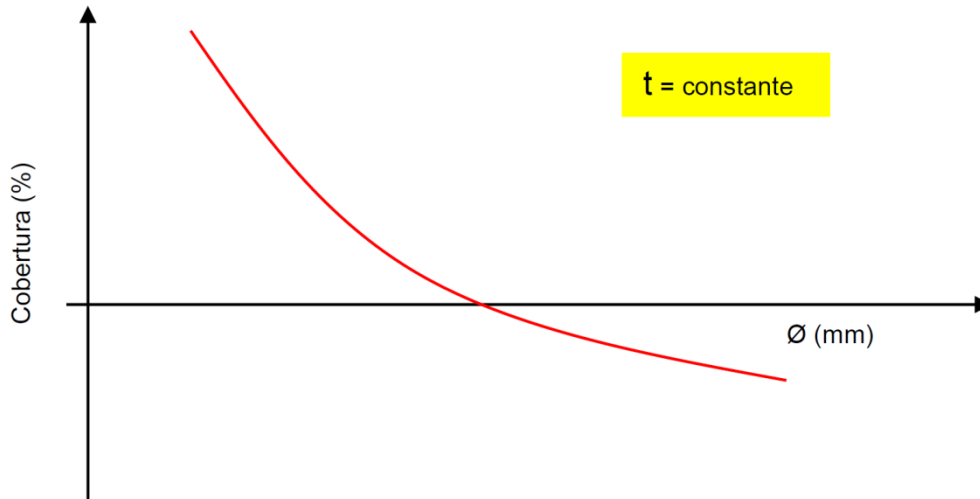


Imagen 18. Gráfica de cobertura frente a diámetro

DISEÑO TRIDIMENSIONAL DE TODA LA SECCIÓN GRANALLADO-ENCOLADO.

ZONAS QUE FORMAN EL ENSAMBLAJE FINAL.

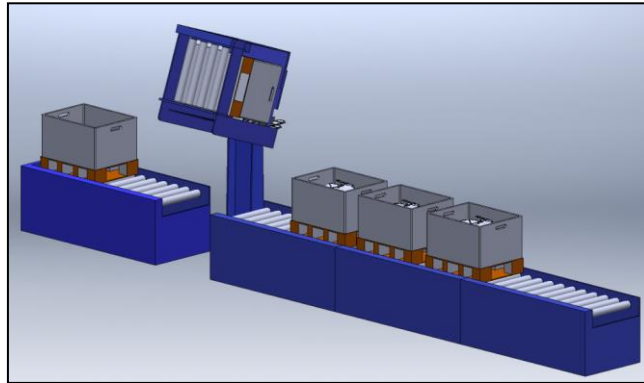


Imagen 19. Zona de carril de cubos.

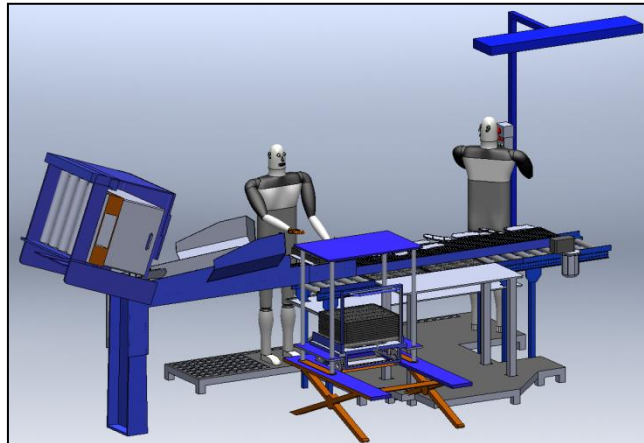


Imagen 20. Zona de entrada granalladora.

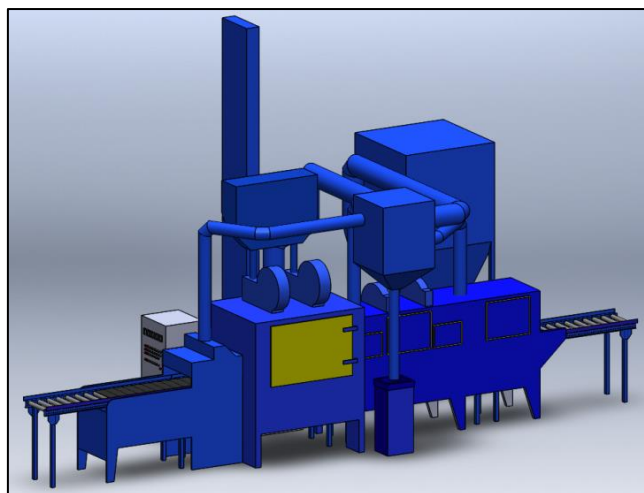


Imagen 20. Zona de granalladora.

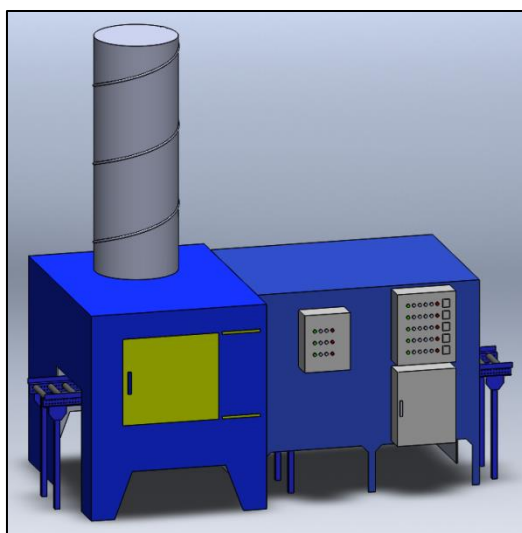


Imagen 21. Zona de encolado.

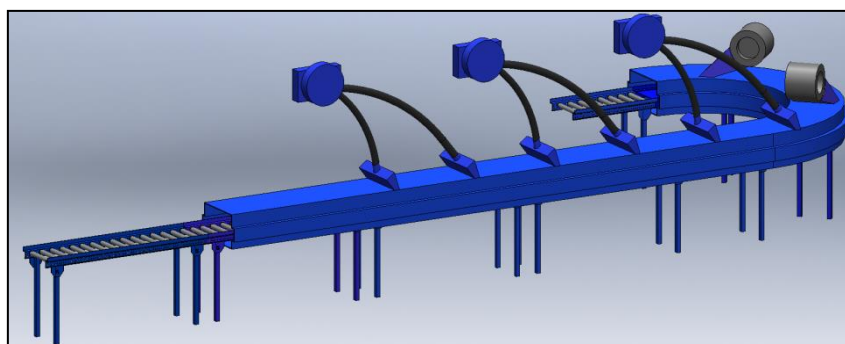


Imagen 22. Zona de carril de secado.

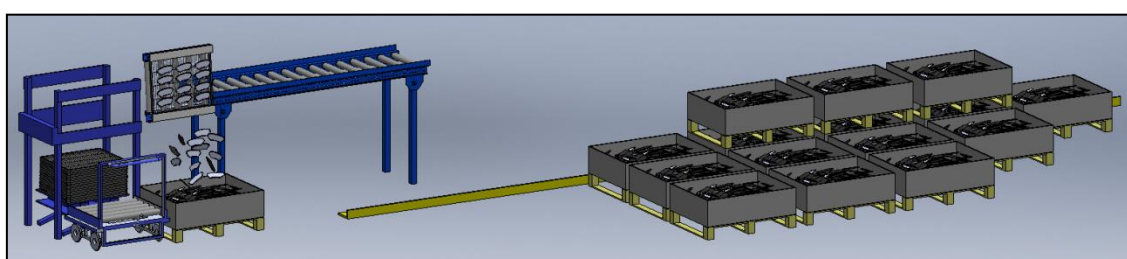


Imagen 22. Zona de volteo y cajas terminadas.

Todos los diseños tridimensionales han sido realizados personalmente, así como los planos, los cuáles pueden encontrarse al final de este documento.

ENSAMBLAJE FINAL.

La sección de granallado-encolado se encuentra instalada en un área de 138,4 m². (8 m de ancho x 17,3 m de largo). La representación en 3D de toda la máquina ha jugado un papel primordial dentro del presente proyecto, puesto que por motivos inherentes a la empresa en temas de confidencialidad y competitividad empresarial está prohibido realizar cualquier fotografía.

A pesar de ser una restricción, la creación de todas las piezas que forman parte de la máquina, y sus respectivos ensamblajes en zonas, sin contar con la medición física y búsqueda de longitudes en planos, me ha servido para poder recrear las propuestas de mejora, que forman parte del presente proyecto, que sean tangibles y visibles a los ojos de las personas en cuya responsabilidad recae la de dictaminar si se aprueba o no, el desarrollo de alguna propuesta de mejora. La exposición de los incrementos de productividad junto con el presupuesto, determinarán que propuestas se llevarán a cabo y cuáles no. Como veremos más adelante, algunas serán llevadas a cabo.

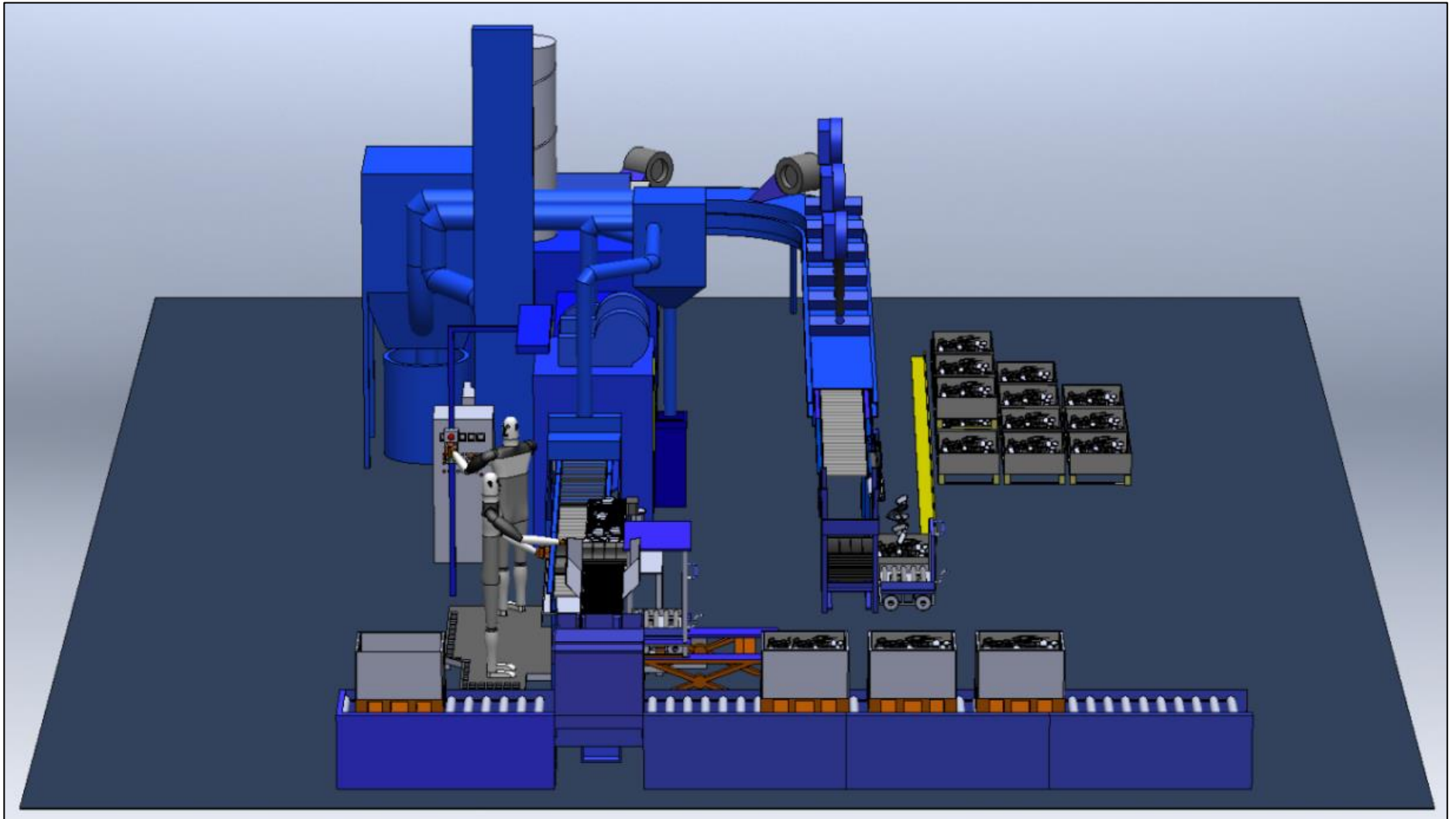


Imagen 23. Representación tridimensional del ensamblaje original.

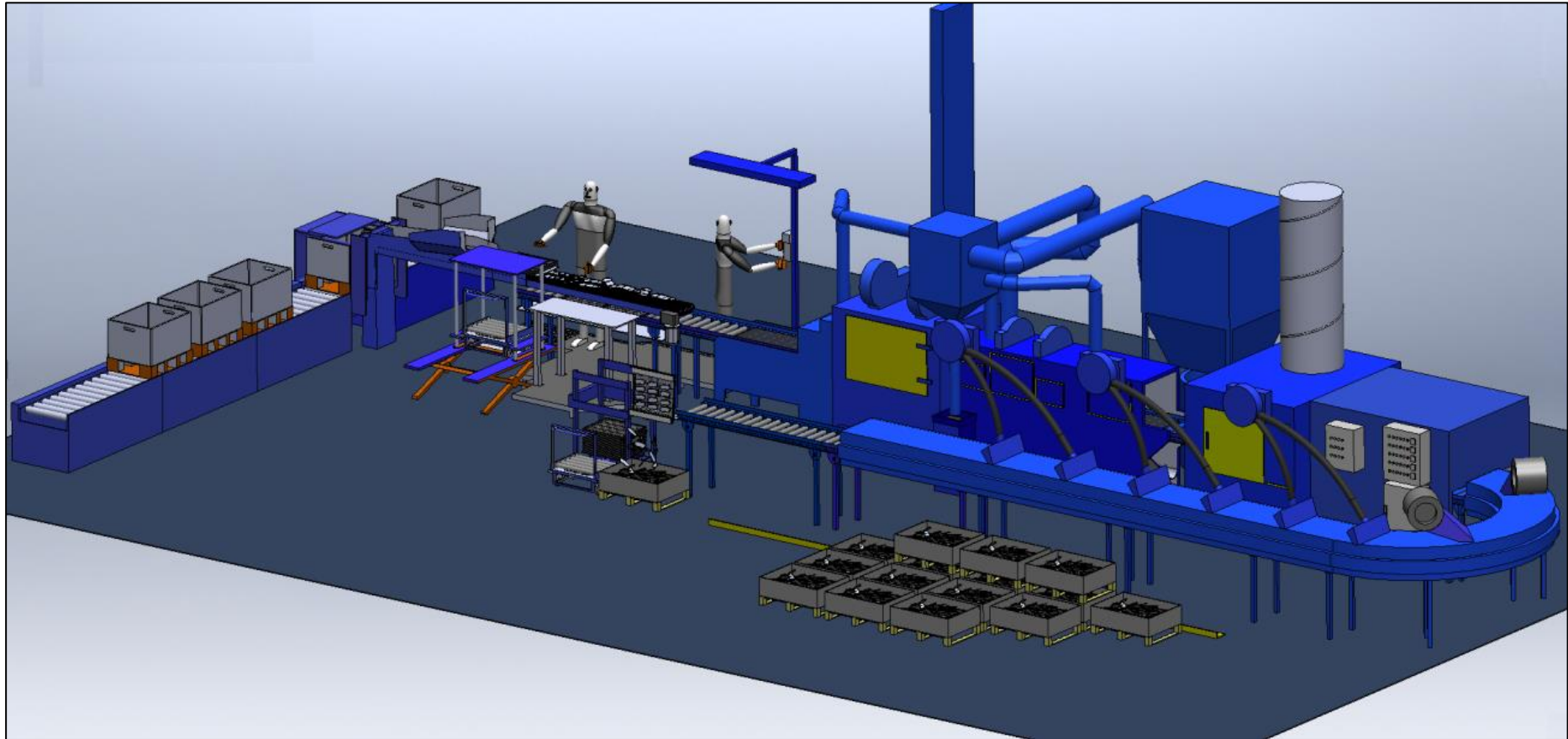


Imagen 24. Representación tridimensional del ensamblaje original vista desde otro ángulo.

DETALLES DEL ENSAMBLAJE.

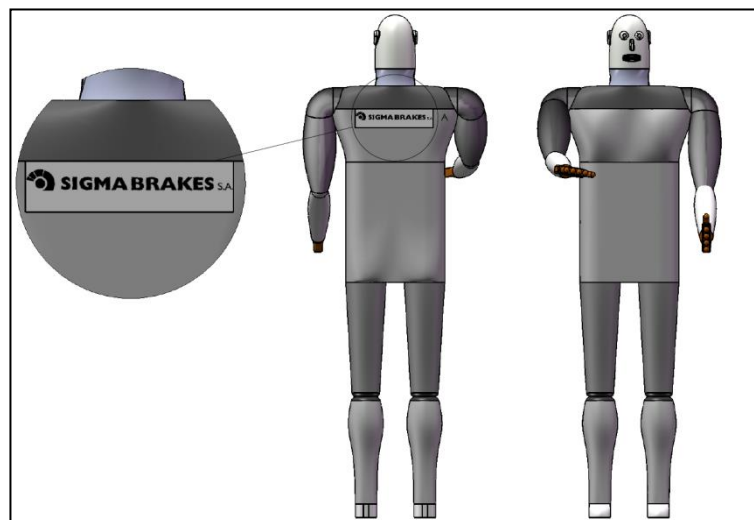
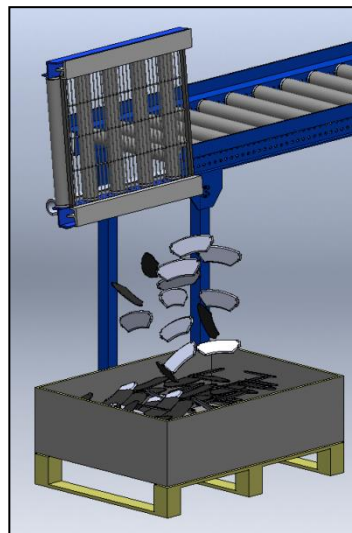
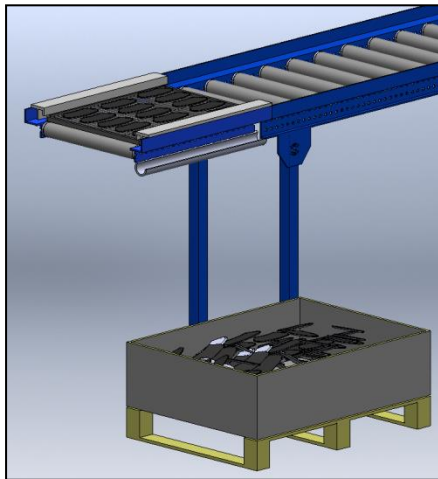
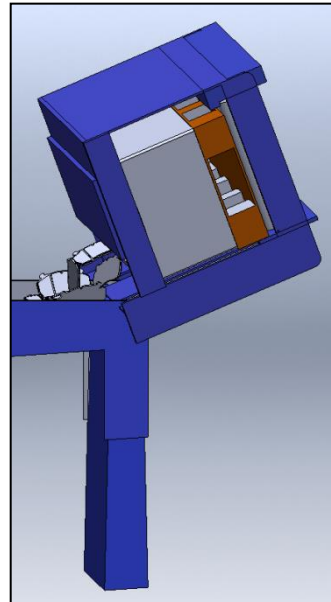
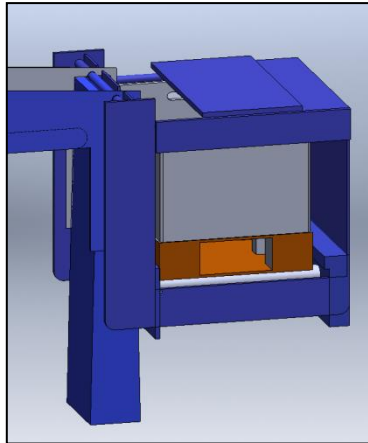


Imagen 25-29. Detalles de sistemas articulados, así como de operarios.

FUNDAMENTOS LEAN MANUFACTURING

“Lean” es una palabra inglesa que se puede traducir como "sin grasa, escaso, esbelto", pero aplicada a un sistema productivo significa "ágil, flexible", es decir, capaz de adaptarse a las necesidades del cliente.

Actualmente existe un creciente interés por el conocimiento de las herramientas *lean* por la importancia de los estudios relacionados con la Dirección de Operaciones porque:

- Constituyen un área clave para cualquier organización, y se relaciona de forma combinada con el resto de las funciones empresariales.
- En el estudio de las organizaciones existe un interés manifiesto en conocer cómo se producen los bienes y los servicios, así como las funciones que realizan los directores de operaciones.
- La producción es una de las actividades que genera más costes en cualquier empresa. Un porcentaje muy grande de los ingresos de la mayoría de las empresas se destina a la función de producción, que proporciona una buena oportunidad a las organizaciones para mejorar su rentabilidad y su servicio a la sociedad.

Entendemos por *lean manufacturing* (en castellano "producción ajustada"), la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar.

La eliminación del despilfarro se lleva a cabo mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, kanban, kaizen, heijunka, jidoka, etc.), que se desarrollaron fundamentalmente en Japón. Los pilares del *lean manufacturing* son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro y el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS



Foto 1. Frederyc Taylor

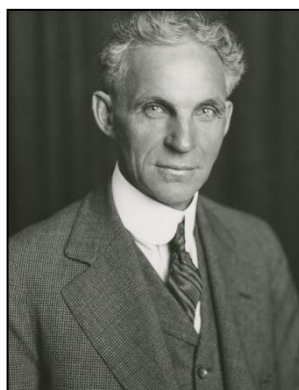


Foto 2. Henry Ford



Foto 3. Taiichi Ohno

El punto de partida de la producción ajustada es la producción en masa. Durante la primera mitad del siglo XX se propagó a todos los sectores la producción en masa, inventada y desarrollada en el sector del automóvil.

Empezó con la revolución taylorista a principios del siglo XX (impulsada por Frederick Taylor), que se caracterizaba por la estandarización de las operaciones cuyo objetivo era generalizar el método aparentemente más eficaz para producir, eliminando o reduciendo tiempos y movimientos e interrupciones en los puestos de trabajo.

Crecen así los lotes de producción, se acumulan los stocks y el ciclo de producción se alarga, por lo que en una fábrica taylorista, el plazo de producción de, por ejemplo, el cuadro de una bicicleta pueda llegar a ser de semanas, mientras que la suma de las operaciones de mecanización, soldadura y pintura no llega a una hora.

Pero tras el crack de 1929, Estados Unidos sufrió una crisis de sobreproducción, manifestada en un subconsumo de masas frente a la capacidad productiva real de la sociedad, lo que hizo necesaria la implementación de ajustes, que dieron paso al establecimiento del “fordismo”. El trabajo se simplifica al lograr la división del mismo, la fabricación de productos estandarizados y en grandes series se convierte en la norma y el resultado es una mayor producción y una aparente combinación de incremento de la productividad y de los beneficios de intensidad en el trabajo.

A finales de 1949, un colapso de las ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra después de una larga huelga, lo que les hizo replantearse la filosofía de trabajo. El reto para los japoneses fue lograr beneficios de productividad sin aprovechar los recursos de las economías de escala y la estandarización taylorista y fordiana, ya que eran conscientes de la precariedad de su posición en el escenario económico mundial.

Mientras en la industria automovilística norteamericana se utilizaba un método de reducción de costes al producir automóviles en cantidades constantemente crecientes y en una variedad restringida de modelos, en Toyota se plantea la fabricación, a un buen precio, de pequeños volúmenes de muchos modelos diferentes.

La racionalización del proceso de trabajo implicó, el principio de “fábrica mínima”, que propugna la reducción de existencias, materiales, equipos, etc., y se complementa con el principio de “fábrica flexible”, sustentada en la asignación de las operaciones de fabricación para lograr un flujo continuo y la respuesta rápida a la demanda.

Después de la crisis del petróleo de 1973, se impuso en muchos sectores el nuevo sistema de producción ajustada (*lean manufacturing*), de manera que empezó a transformar la vida económica mundial por la difusión del toyotismo como sustituto del fordismo y del taylorismo.

El propósito de la nueva forma de trabajar es eliminar todos los elementos innecesarios en el área de producción para alcanzar reducciones de costes, cumpliendo con los requerimientos de los clientes.

PILARES LEAN MANUFACTURING

El principio fundamental de *lean manufacturing* es que el producto o servicio y sus atributos deben ajustarse a lo que el cliente quiere, y para satisfacer estas condiciones anteriores propugna la eliminación de los despilfarros. En general, las tareas que contribuyen a incrementar el valor del producto no superan el 1% del total del proceso productivo, o lo que es lo mismo, el 99% de las operaciones.

Para concienciarse de ello, hay que tener claros dos conceptos muy importantes:

- ✓ Valor añadido. Es una actividad que transforma la materia prima o información para satisfacer las necesidades del cliente.
- ✓ Despilfarro. Actividades que consumen tiempo, recursos y espacio, pero no contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente (no aportan valor al cliente).

PRIMER PILAR: KAIZEN

Según su creador Masaki Imai, se plantea como la conjunción de dos palabras, “改” (kai, cambio) y “善” (zen, mejora), luego se puede decir que kaizen significa “cambio para mejorar”, que no es solamente un programa de reducción de costes, si no que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, es lo que se conoce como “mejora continua”. Según Imai “en tu empresa, en tu profesión, en tu vida: lo que no hace falta sobra; lo que no suma resta”.

Comprende tres componentes esenciales: percepción (descubrir los problemas), desarrollo de ideas (hallar soluciones creativas), y finalmente, tomar decisiones, implantarlas y comprobar su efecto, es decir, escoger la mejor propuesta, planificar su realización y llevarla a la práctica (para alcanzar un determinado efecto).

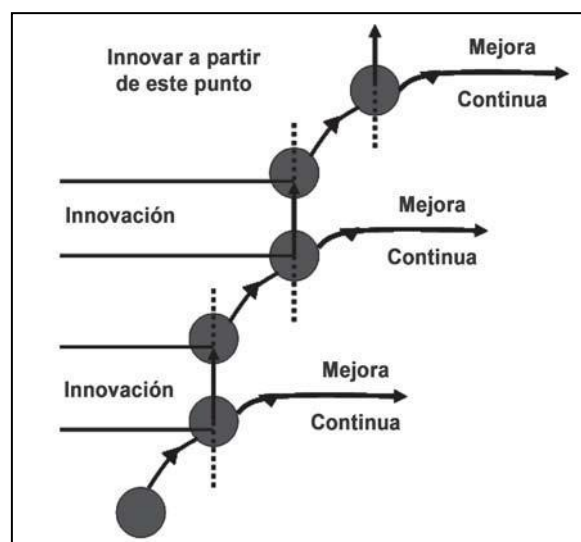


Imagen 30. Proceso de mejora continua.

SEGUNDO PILAR: CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD

Las palabras Control Total de la Calidad fueron empleadas por primera vez por el norteamericano Feigenbaum, donde exponía que todos los departamentos de la empresa, deben implicarse en el control de la calidad, porque la responsabilidad del mismo recae en los empleados de todos los niveles. El Control Total de la Calidad presenta tres características básicas:

1. Todos los departamentos participan del control de calidad. El control de calidad durante la fabricación (mediante el autocontrol y otras técnicas) reduce los costes de producción y los defectos, garantizando los costes bajos para el consumidor y la rentabilidad para la empresa.
2. Todos los empleados participan del control de la calidad, pero también se incluyen en esta actividad, proveedores, distribuidores y otras personas relacionadas con la empresa.
3. El control de la calidad se encuentra totalmente integrado con otras funciones de la empresa.

TERCER PILAR: JUST IN TIME (JIT)

Con el *JIT* se pretende fabricar los artículos necesarios en las cantidades requeridas y en el instante preciso, por lo que un proceso productivo se dice que funciona en JIT cuando dispone de la habilidad para poner a disposición de sus clientes “los artículos exactos, en el plazo de tiempo y en las cantidades solicitadas”.

No todas las empresas utilizan el término just in time, IBM utiliza el término producción de flujo continuo, Hewlett-Packard sistema de producción sin almacén y fabricación repetitiva, Motorola fabricación de ciclo corto y otras muchas empresas simplemente utilizan el término “sistema Toyota”.

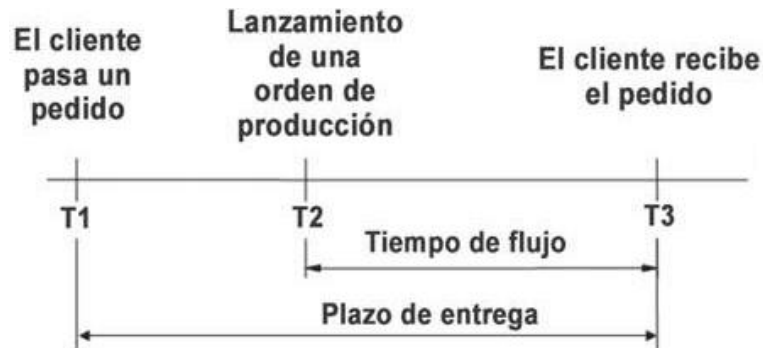
El periodo de tiempo que preocupa al cliente es el plazo de entrega (lead time), es decir el tiempo transcurrido desde que el cliente pasa un pedido hasta que recibe el material. Por otra parte, al director de producción le preocupa el tiempo de flujo, que es el que transcurre desde que se lanza una orden de producción hasta que el producto está en condiciones de ser expedido.

Estos dos intervalos, plazo de entrega y tiempo de flujo, son importantes para saber si estamos fabricando contra pedido o contra stock.

CONCEPTOS CLAVES

- Fabricar contra pedido. Sistema "Pull" (tira de la producción).

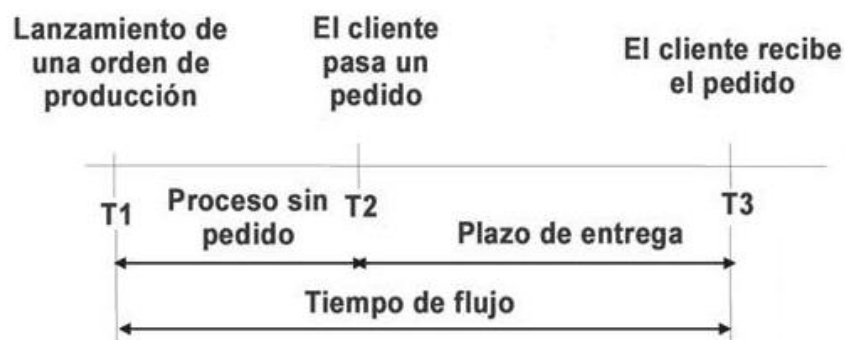
Tiempo de flujo < Plazo de entrega



Si el tiempo de flujo es menor que el plazo de entrega, la fábrica puede producir contra pedido. Un ejemplo de ello sería el del pedido de un café en un bar, el proceso de elaboración dura unos segundos, por lo que los cafés se preparan cuando un cliente realiza un pedido.

- Fabricar contra stock. Sistema "Push" (empuja la producción).

Tiempo de flujo > Plazo de entrega



Sin embargo, si el plazo de entrega marcado por el cliente es menor que el tiempo de flujo, la fabricación debe iniciarse antes de la llegada del pedido del cliente, en consecuencia, la producción se organiza contra stock y la fábrica debe mantener existencias de producto terminado o en curso. En este caso, si en un restaurante realiza el pedido de una paella, donde el proceso de elaboración es de más de 20 minutos, el restaurante debe tener alguna parte del proceso ya materializado, es decir, producto en stock.

Debe quedar claro que los sistemas push tienen que ser sustituidos por los de tipo pull, lo que permite la transición de pasar de vender lo que se produce a producir lo que se ha vendido, mediante los esfuerzos de reducción del tiempo de flujo, identificando y eliminando despilfarros.

TIPOS DE DESPILFARROS

En general los tipos de despilfarros son los siguientes: sobreproducción, tiempo de espera o tiempo vacío, transporte o movimientos innecesarios, sobreproceso, stock, defectos o errores humanos.

Cabe señalar que existen actividades necesarias en el proceso, pero sin valor añadido, y que no contribuyen a comunicar valor al producto o servicio. En este caso, estos despilfarros tendrán que ser asumidos.

- **Sobreproducción**

La sobreproducción es un desperdicio fatal porque no incita a la mejora, ya que parece que todo funciona correctamente. Además, producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita, representa un consumo inútil de material, se incrementan los transportes internos y se llenan de stock los almacenes.

Es una llave que abre la puerta de otra clase de despilfarros.

- **Tiempo de espera**

Son el resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente. Los procesos establecidos pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo.

- **Transportes o movimientos innecesarios**

Los movimientos o manipulaciones de material innecesario, se producen habitualmente por culpa de un *layout* mal diseñado. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible

- **Sobreprocesos**

Es la consecuencia de someter al producto a procesos o aplicaciones inútiles, innecesariamente complejos o pesados.

- **Exceso de inventario**

El despilfarro por stock o inventario es el resultado de tener mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas.

- **Defectos y retrabajos**

El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad, porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez.

SITUACIÓN ACTUAL (VSM, VALUE STREAM MAPPING)

Antes de iniciar un proceso de implantación de *lean manufacturing*, es necesario cartografiar la situación actual, mostrando el flujo de material y de información. El mapa de flujo de valor, VSM de sus siglas en inglés (Value Stream Mapping), persigue identificar todas las actividades que ocurren a lo largo de un flujo de valor para un producto o familia de productos. Para llevarlo a la práctica deben recogerse todos los datos de la planta, sin confiar en informes pasados. Esta tarea no es necesaria en una actividad individual, ya que sirve para conocer el proceso productivo desde el inicio hasta el final, involucrando a todos los miembros que participarán en el desarrollo del proyecto de implantación de los sistemas lean.

Sería necesario crear un VSM, en toda la empresa, pero en el presente proyecto al no disponer de la información necesaria, y a que está centrado en una sección dentro del proceso, pasaré al siguiente paso, herramientas lean.

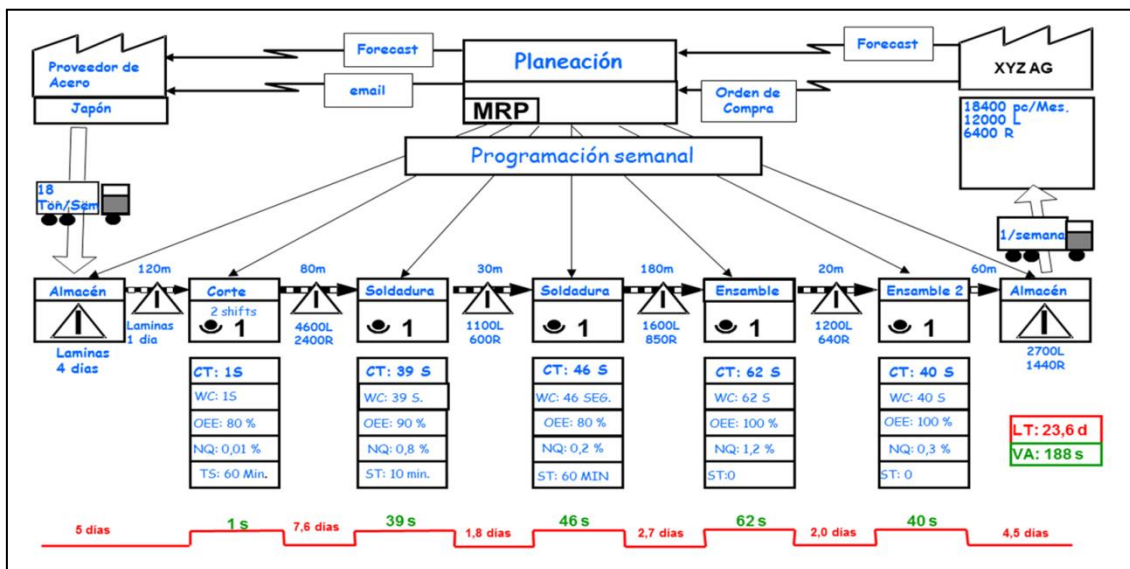


Imagen 31. Ejemplo de Value Stream Mapping

HERRAMIENTAS LEAN

LAS "5S".

Sigue un proceso establecido en cinco pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. Los principios básicos de las 5S se resumen en forma de cinco pasos o fases, que en japonés se componen con palabras cuya fonética empieza por "s": *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* y *shitsuke*; que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar (cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa), limpiar e inspeccionar, estandarizar (fijar la norma de trabajo para respetarla) y disciplina (construir autodisciplina y forjar el hábito de comprometerse).

HEIJUNKA.

Es una técnica que adapta la producción a la demanda del cliente. La palabra japonesa *heijunka* significa literalmente "trabajo llano y nivelado". La idea es producir en lotes pequeños de muchos modelos, libres de cualquier defecto, en periodos cortos de tiempo con cambios rápidos, en lugar de ejecutar lotes grandes de un modelo después de otro.

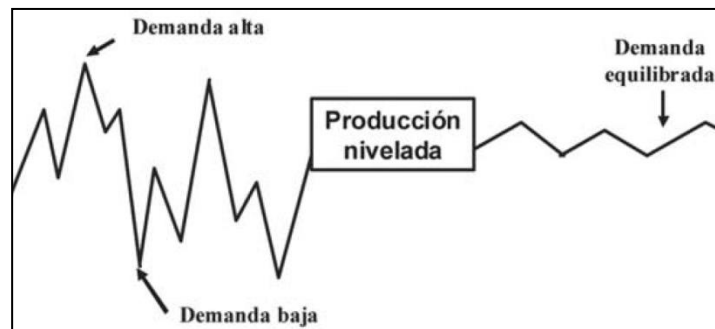


Imagen 32. Ejemplo gráfico de la herramienta heijunka.

KANBAN.

Es un sistema basado en señales. Históricamente hace uso de tarjetas para señalar la necesidad de un artículo. Sin embargo, otros dispositivos como marcadores plásticos, pelotas, o un carro vacío de transporte también pueden ser usados para provocar el movimiento, la producción, o el suministro de una unidad en una fábrica.

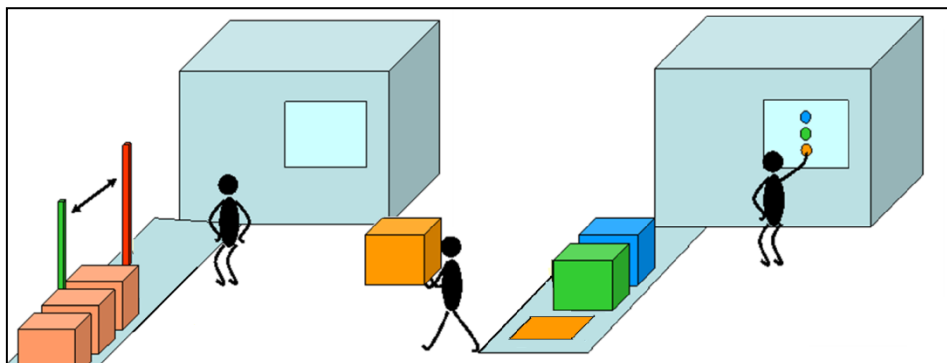
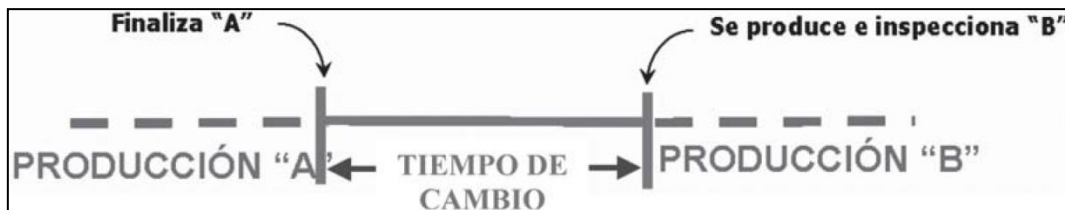


Imagen 33. Dos ejemplos de señalización kanban.

SMED (Single-Minute Exchange of Die).

Originalmente el cambio rápido de herramienta, significa que el número de minutos de tiempo de preparación tiene que tener una sola cifra, es decir, inferior a 10 minutos (tiempo competitivo en la industria automovilística, donde surgió). En la actualidad, en muchos casos, el tiempo de preparación se ha reducido a menos de un minuto. Las técnicas SMED tienen por objetivo la reducción del tiempo de cambio (*setup*) que se define como el tiempo entre la última pieza producida del producto "A" y la primera pieza producida del producto "B", que cumple con las especificaciones dadas.



JIDOKA.

Es el sistema de control autónomo de defectos, basado en que un empleado puede parar la máquina si algo va mal. Básicamente consiste en dar la responsabilidad a cada operario para aquello que él realiza en su entorno de trabajo, transfiriendo a la máquina esa característica o habilidad que la hace algo más que una máquina automática.

POKA-YOKE.

Es una técnica de calidad que podría incluirse dentro del SMED. Sirve para evitar y prevenir errores, es conocido ampliamente como a prueba de tontos (*baka-yoke*). Sus objetivos fundamentales son el de imposibilitar el error humano y resaltar el error cometido para que sea evidente y manifiesto.



Imagen 34. Modelo de poka-yoke.

TPM (Total Productive Maintenance).

El objetivo del Mantenimiento Productivo Total es el de asegurar que el equipo de fabricación se encuentre en perfectas condiciones para que produzca con calidad y en un tiempo de ciclo adecuado, es decir, que la máquina esté lista para trabajar en cualquier momento. Para ello es necesario el mantenimiento de la máquina, ya sea planificado, preventivo o predictivo.

Para asumir el difícil reto de que la máquina sea eficiente al máximo posible, es crucial contar con un indicador que advierta de las posibles pérdidas de la máquina, ya sean por averías, preparaciones y ajustes, microparos o velocidad reducida, calidad y retrabajos y puesta en marcha. Es por ello que es de vital importancia el presente proyecto para evaluar la eficiencia en la sección de granallado, y a partir de ahí, tomar decisiones. Este indicador que medirá la eficiencia de la granalladora es el Overall Equipment Efficiency o Eficiencia General de los Equipos, conocido como OEE, cuya implantación es objeto del presente proyecto.

Una vez se han visto las diferentes herramientas que pueden utilizarse para mejorar la productividad y la competitividad de la empresa, un factor clave será cómo saber que las mejoras implantadas realmente obtienen su fruto. Para ello será necesario utilizar indicadores que traduzcan a números las acciones realizadas, es decir, elementos que permitan medir el efecto de los cambios efectuados.

INDICADORES

No existe un listado definido de indicadores a utilizar, sino que en cada situación se emplean los más adecuados, pero si es cierto, que están establecidos una serie de indicadores “básicos” válidos para casi la totalidad de situaciones. Estos indicadores son:

TPU (Time per unit).

El tiempo que se necesita para fabricar una unidad se denomina "tiempo por pieza" (TPU) y para su cálculo solo se consideran los operarios de la línea y en consecuencia no se consideran los mandos intermedios o el personal encargado de las tareas de mantenimiento o aprovisionamiento de la línea.

$$\text{TPU} = \frac{\text{Tiempo funcionamiento informado (min.)} * \text{n}^{\circ} \text{ operarios}}{\text{Piezas OK}} = \text{min.}$$

SUPERFICIE LIBERADA.

La reducción de metros cuadrados utilizados determina el ahorro que supone la liberación de espacio tras la implantación de una acción de mejora. Evidentemente se mide en m².

PPM (Parts per million).

El indicador partes por millón tiene una relación inversa con el ratio de calidad de la OEE (con el cambio de la escala de % a ppm).

$$\text{PPM internas} = \frac{\text{Piezas NOK}}{\text{Piezas OK} + \text{Piezas NOK}} (1.000.000) = (\text{ppm})$$

TIEMPO DE CAMBIO DE PRODUCTO.

El tiempo de cambio es el tiempo que se tarda en realizar el cambio de fabricación de un producto A a otro producto B (que cumpla las especificaciones de fabricación). Este tiempo se mide con un cronómetro y obviamente el ahorro de tiempo representa una reducción del tiempo de cambio. Las acciones a realizar y el estudio para reducir este tiempo o, si es posible, eliminarlo, es conocido como *Single-Minute Exchange of Die*, el anteriormente mencionado SMED.

NPH (Non productive hours).

El indicador NPH considera los minutos totales de paro de operarios que se han producido en una línea (por tanto, multiplica los minutos de paro de la línea por el número de operarios que se encuentran en ella). Para homogeneizar este valor y poder analizar su evolución histórica, se expresa en “minutos por turno”.

$$\text{NPH} = \frac{\text{Tiempo paros con personas (min.)} * \text{n}^{\circ} \text{ operarios parados}}{\text{Tiempo funcionamiento informado}} [x \text{ min. /turno}] = \text{min.}$$

OEE (Overall Equipment Efficiency)

Un factor clave será cómo saber que las mejoras implantadas realmente obtienen su fruto. Es importante conocer si los esfuerzos humanos y las pequeñas inversiones materiales resultan de provecho y son técnicamente viables. Para ello será necesario utilizar indicadores que traduzcan a números las acciones realizadas.

El indicador a implantar en la sección de granallado será el OEE, debido a que de los medidores principales que existen, es el más completo y preciso para la citada sección. A continuación procederemos a su explicación y pasos de implantación, una de las actividades del presente proyecto.

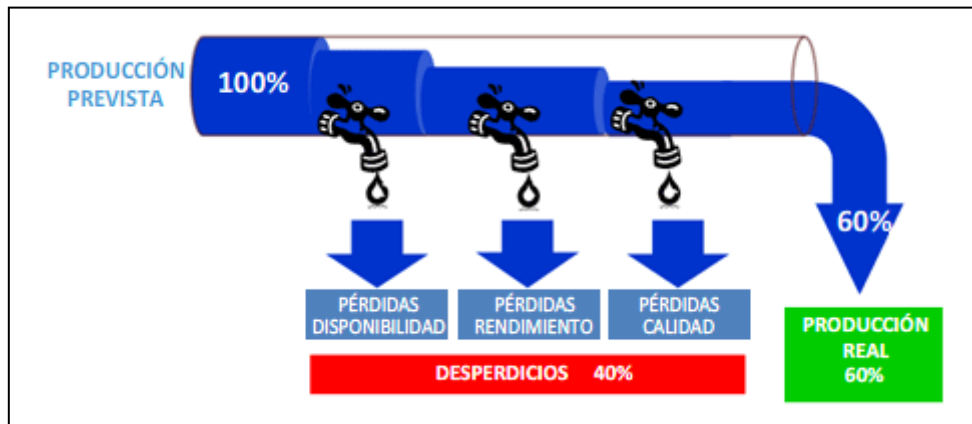


Imagen 35. Esquema-resumen de la sistemática del OEE.

CÁLCULO DEL OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY (OEE)

Para poder entender y comprender la situación en la que se encuentra la máquina, si es eficiente o no, si pudiera producir más en el mismo tiempo, o si pudiese producir lo mismo que hace hasta ahora pero en menor tiempo, es necesario hacer un estudio de las operaciones que realiza la máquina y el posterior análisis de los tiempos que éstas tardan en realizarse.

El Overall Equipment Efficiency (OEE) es una herramienta de medición (indicador) de la eficiencia de la maquinaria industrial, internacionalmente reconocida, y que se expresa como un porcentaje de tres parámetros:

- Disponibilidad. Mide el tiempo realmente productivo frente al tiempo disponible.
- Rendimiento. Mide la producción real obtenida frente a la capacidad productiva.
- Calidad. Mide las piezas buenas producidas frente al total de las producidas.

Se calcula diariamente para cada equipo, y establece la comparación entre el número de piezas que podrían haberse producido (si todo hubiera ido perfectamente) y las unidades que realmente se han producido. Para la utilización de este indicador se dispone de los siguientes índices: Índice de Disponibilidad, Índice de Eficiencia e Índice de Calidad. El OEE es el producto de estos tres índices, por tanto, las unidades se expresan como todos los rendimientos, en porcentaje o un número de 0 a 1, de manera que:

$$\text{OEE} = \text{Índice de Disponibilidad} \times \text{Índice de Eficiencia} \times \text{Índice de Calidad}; \quad \text{OEE} [\%]$$

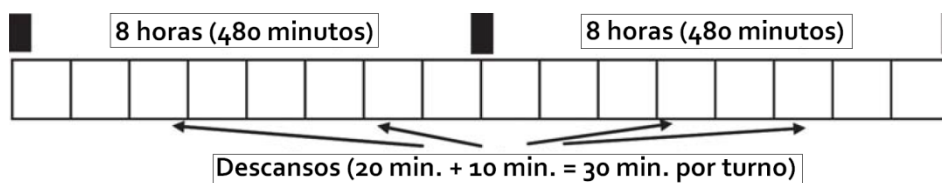
A continuación se procede a realizar un ejemplo de cálculo de OEE de una máquina en dos turnos. Empezamos calculando el Tiempo Total Disponible para hallar el Índice de Disponibilidad, todo se expresará en segundos:

$$\text{Tiempo Total Disponible} = \text{Tiempo Programado} - \text{Tiempo (paradas programadas)}$$

$$\text{Tiempo Programado} = 480 \text{ min} \cdot 2 = 960 \text{ min.}$$

$$\text{Paradas Programadas (Descansos, Limpieza Obligat. Máquina)} = 30 \text{ min} \cdot 2 = 60 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo Total Disponible} = 960 \text{ min.} - 60 \text{ min.} = 900 \text{ min.}$$

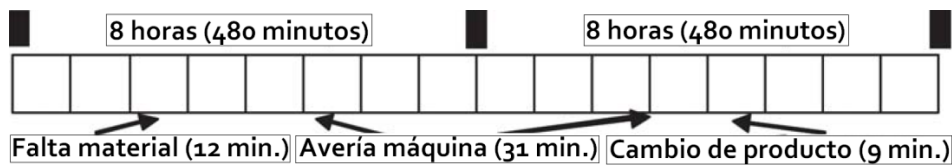


DISPONIBILIDAD

Conocido el Tiempo Total Disponible, tiempo estipulado por la empresa en el que el trabajador permanece en su puesto de trabajo, restando parones de producción, como puede ser la limpieza obligada de la máquina, o el tiempo estimado en paradas de descanso o comida, empezaremos a desglosar ese tiempo, para conocer qué porcentaje ha sido efectivo o útil.

$$\text{Tiempo Utilizado} = \text{Tiempo Total Disponible} - \text{Tiempo (paradas NO programadas)}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Utilizado}}{\text{Tiempo Total Disponible}}$$



Conocido esto, tenemos:

Tiempo Total Disponible = 900 min.

Paradas NO Programadas = 12 min. + 31 min. + 9 min. = 52 min.

Tiempo Utilizado = 900 min. – 52 min. = 848 min.

Índice de Disponibilidad = 848 min. / 900 min. = 0.9422 = 94,22%

Este índice es el que menos cálculos requiere, ya que basta con conocer el tiempo que la máquina tendría que haber estado funcionando, una vez restados los tiempos por paradas programadas y por no programadas (averías, falta de material, etc.).

Vuelvo a incidir en que el cálculo del OEE es diario, por lo que para su cálculo es necesaria la colaboración por parte del coordinador u operario (personas destinadas a trabajar en esa máquina) para apuntar ese tiempo de paradas no programadas. El tiempo de parada programada, como ya es sabido, es decidido por dirección, por lo que es conocido.

EFICIENCIA

$$\text{Tiempo Neto Operativo} = \text{Tiempo Utilizado} - \text{Tiempo (pérdidas por rendimiento)}$$

Es difícil calcular el Tiempo Neto Operativo, en la teoría parece fácil, simplemente restando las pérdidas por rendimiento al Tiempo Utilizado (ya conocido). Lo que ocurre es que la identificación del tiempo de pérdidas por rendimiento es compleja, porque va ligado con el tiempo en microparones, bajadas de velocidad, etc.

Este índice será calculado de forma diferente. Es imprescindible conocer, o calcular, la cadencia ideal (piezas/h) de la máquina, es decir las piezas máximas que puede producir por hora si todo fuera perfecto. En nuestro caso personal, el de la granalladora, se ha tenido que calcular esta cadencia dependiendo de qué tipo de pieza pasa por la máquina (alrededor de 1000 variedades), ya que el tiempo de ciclo (desde que entra hasta que sale por la máquina) varía en función del tamaño. Se tarda más en hacer piezas grandes que piezas pequeñas, es decir, el tiempo de ciclo de una pieza grande es mayor que el de una pequeña.

Con esto, es evidente que también cambia la cadencia. Para procesos en los que el tiempo de ciclo no cambia (todas las piezas fabricadas son iguales o la mecánica del proceso es sencilla), el cálculo de la cadencia es más asequible porque no cambia, como en el de este ejemplo, en el que ya ha sido calculado.

Por un lado, la cadencia ideal es producir 100 piezas/h (1,6667 piezas/min), por lo tanto, en 848 min (Tiempo Utilizado), lo ideal hubiera sido fabricar 1413 piezas. Como en la realidad se han hecho 1304 piezas, obtenemos la eficiencia:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Piezas producidas (ok y nok)}}{\text{Piezas máx. teóricas}}$$

$$\text{Eficiencia} = 1304 \text{ piezas} / 1413 \text{ piezas} = 0.9229 = 92,26\%$$

De una segunda forma, la eficiencia también puede calcularse conociendo el Tiempo Neto Operativo directamente, que se deduce de la multiplicación del total de piezas producidas, por el tiempo real de ciclo de esa pieza (inversa de la cadencia real, expresado en h/piezas), lo que da como resultado el tiempo que la máquina ha estado trabajando a ciencia cierta en ese turno, en otras palabras, el tiempo neto, sin calcular, como ya hemos dicho, la dificultad de calcular las pérdidas por rendimiento. Procedo a explicar con el ejemplo seguido hasta ahora:

Si se han hecho 1304 piezas, y la cadencia ideal 100 piezas/h (es un dato, pero en la práctica tendrá que ser calculada), la multiplicación de las piezas hechas, por la inversa de la cadencia ideal (para que se vayan las unidades y quede el tiempo), da el Tiempo Neto Operativo:

$$\text{Tiempo Neto Operativo} = 1304 \text{ piezas} \cdot 1/100 \text{ (h/piezas)} = 13,04 \text{ horas} = 782,6 \text{ min.}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo Neto Operativo}}{\text{Tiempo Utilizado}}$$

$$\text{Eficiencia} = 782,6 \text{ min.} / 848 \text{ min.} = 0.9229 = 92,26\%$$

Para ambos casos, es necesario el cálculo de la cadencia ideal.

El cálculo de la eficiencia llevado a la práctica, es ajeno al operario, no tiene que ser calculado por él, es difícil justificar esos tiempos de pérdida de rendimiento ya sea por parte de la máquina (microparos, reducción de velocidad, etc.) o por parte del operario (retrasos, bajada de productividad, etc.). Por lo que es una labor asociada a los técnicos, calculando la cadencia ideal, y con los datos de producción, que son, cantidad de piezas producidas y tiempo utilizado (sin paradas programadas y no programadas), que es de lo que el operario o coordinador se encarga.

CALIDAD

Tiempo Efectivo Real = **Tiempo Neto Operativo** - Tiempo (pérdidas por calidad)

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Tiempo Efectivo Real}}{\text{Tiempo Neto Operativo}}$$

Para el cálculo del tiempo por pérdidas de calidad, deberemos restar al Tiempo Neto Operativo, el tiempo que ha costado fabricar las piezas defectuosas. Por lo tanto el Tiempo Efectivo Real será, de todas las piezas que han entrado, el porcentaje que hayan salido con calidad (cero defectos).

Calidad = 757 min. / 783 min. = 0,9668 = 96,68 %

A modo de resumen, adjunto la tabla siguiente:

Tiempo programado		960 min.	
Tiempo total disponible 900 min.		Paradas prog. 60 min.	
Tiempo utilizado 848 min.		Paradas no programadas 52 min.	
Tiempo neto operativo 783 min.	Incidencias (pérdidas por rendimiento) 65 min.	Microparos, formación,...	
Tiempo efectivo real	Pérdidas de calidad (defectuosidad)	Piezas producidas defectuosamente, piezas perdidas por desajustes de máquinas	
757 min.	26 min.		

Tabla 2. Resumen de todos los tiempos, cantidades y definiciones.

CÁLCULO OEE

OEE = Índice de Disponibilidad · Índice de Eficiencia · Índice de Calidad

CÁLCULO DEL OEE		
a	Índice de Disponibilidad:	94,2 %
b	Índice de Eficiencia:	92,3 %
c	Índice de Calidad:	96,6 %
	OEE [a] [b] [c]	84 %

Tabla 3. Resumen del cálculo del Overall Equipment Efficiency.

Como hemos ido desglosando los tiempos, puede observarse que el OEE es el cociente entre el Tiempo Neto Operativo y el Tiempo Total Disponible

Tiempo Total Disponible = Tiempo Programado - Tiempo (paradas programadas)

Tiempo Utilizado = **Tiempo Total Disponible** - Tiempo (paradas NO programadas)

Tiempo Neto Operativo = **Tiempo Utilizado** - Tiempo (pérdidas por rendimiento)

Tiempo Efectivo Real = **Tiempo Neto Operativo** - Tiempo (pérdidas por calidad)

Por lo tanto el cálculo del OEE

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \cdot \text{Eficiencia} \cdot \text{Calidad} = \frac{\text{Tiempo Efectivo Real}}{\text{Tiempo Total Disponible}}$$

$$\text{OEE} = 757 \text{ min.} / 900 \text{ min.} = 0,8411 = 84,11\%$$

PÉRDIDAS QUE AFECTAN A LA DISPONIBILIDAD

Averías:

- ✓ Tiempo de parada por avería.
- ✓ Falta de material.
- ✓ Falta de producto.
- ✓ Paradas por lanzamiento de nuevos productos.
- ✓ Diferenciación de parada por avería con y sin operarios.

Cambios y ajustes:

- ✓ Se registra el tiempo de parada por Preparación y Ajuste. Fiabilizar.
- ✓ Carga y descarga de material.
- ✓ Cambio a línea de reserva.
- ✓ Inicio de turno y almuerzo.
- ✓ Análisis de variación de tiempos de cambio formato.

PÉRDIDAS QUE AFECTAN AL RENDIMIENTO

Microparos:

- ✓ Paradas asociadas a equipos automáticos.
- ✓ Paradas que se resuelven en poco tiempo con ayuda del operario.

Pérdidas de velocidad:

- ✓ Deterioro del equipo.
- ✓ Problemas con los materiales de las piezas.
- ✓ Definición de la candencia estándar. Si varía es porque hay incidencia.

PÉRDIDAS QUE AFECTAN A LA CALIDAD

Defectos de calidad y reprocesos:

- ✓ Productos defectuosos detectados al final o en medio del proceso implican la pérdida de un ciclo.
- ✓ El reproceso se puede considerar que no afecta a la eficiencia de la línea.
- ✓ Los problemas se recogen de forma sistemática y fiable. Se analizan las causas y se establecen las acciones de mejora necesarias.

Mermas:

- ✓ Diseño producto-proceso o restricciones del equipo
- ✓ Mal ajuste de un cambio o puesta en marcha.

INTRODUCCIÓN A LA SECCIÓN GRANALLADO

Para entender la actividad que se desempeña en esta sección, procederemos a explicar las actividades que tienen lugar en esta sección para que sea comprensible.

Los soportes metálicos llegan a la empresa en cajas de cartón. El carretillero coloca el cubo vacío sobre la báscula a mano (en la pantalla de ésta, calibra la báscula) e indica el peso de un soporte para que al volcar los soportes a granel desde la carretilla, pueda conocer en todo momento que cantidad de soportes hay en el cubo (aparece el peso en la pantalla).

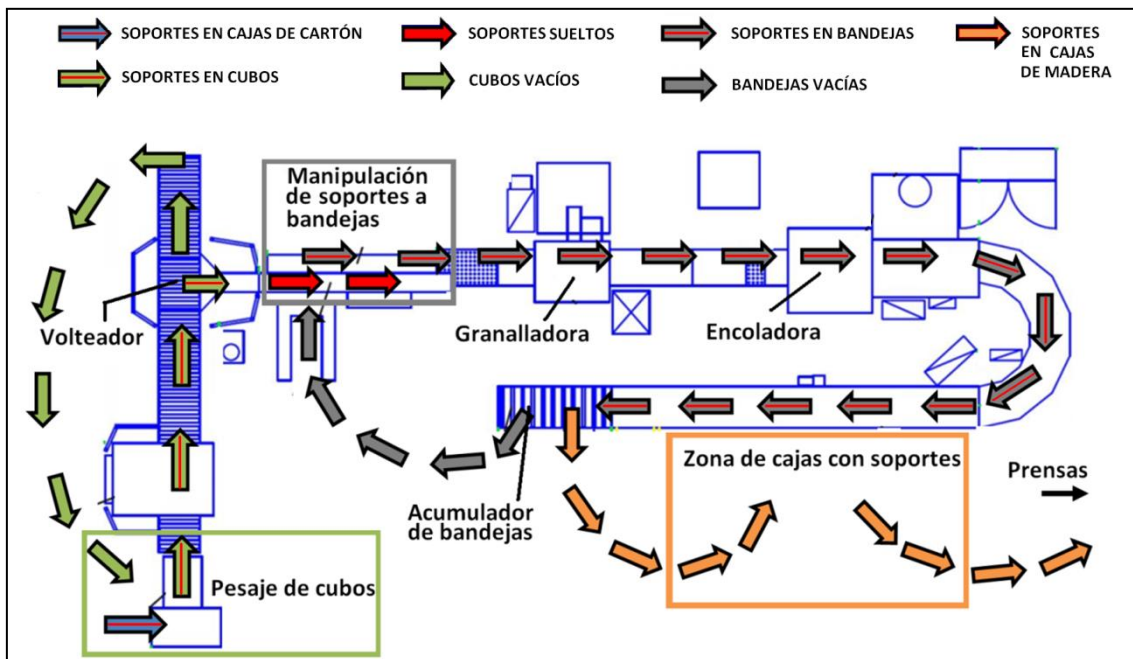


Imagen 36. Diagrama de la sección granallado-encolado desde planta y el flujo de material.

Los cubos suelen rondar las 500-900 piezas, según la orden de trabajo, que viene dada por planificación. Acto seguido, y con los soportes (en ella) justos y necesarios, deslizan por los rodillos hasta llegar al volteador, el cual agarra el cubo y lo voltea con un ángulo mayor de 90° . La inclinación de este cubo la controla el operario con un botón que se encuentra a un metro de él.

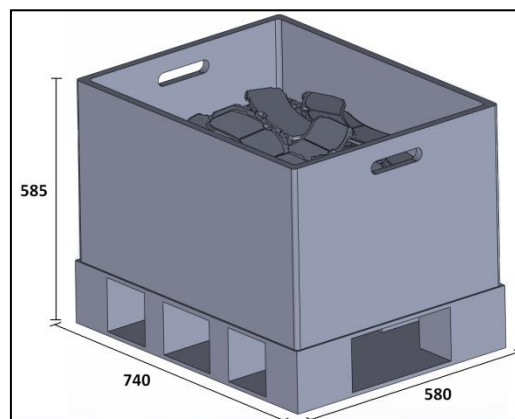


Imagen 37. Medidas del cubo de soportes representado en SolidWorks.

Los soportes caen a la cinta de salida de soportes, o cinta transportadora, a 115 cm del suelo, la cuál es controlada también por el operario con un botón (selecciona movimiento o no, la velocidad viene por defecto). Los operarios tienen preparadas bandejas vacías en una cinta de rodillos que se encuentra 22 cm por debajo de la anterior, para pasar los soportes de la cinta transportadora a las bandejas colocadas en el camino de rodillos.

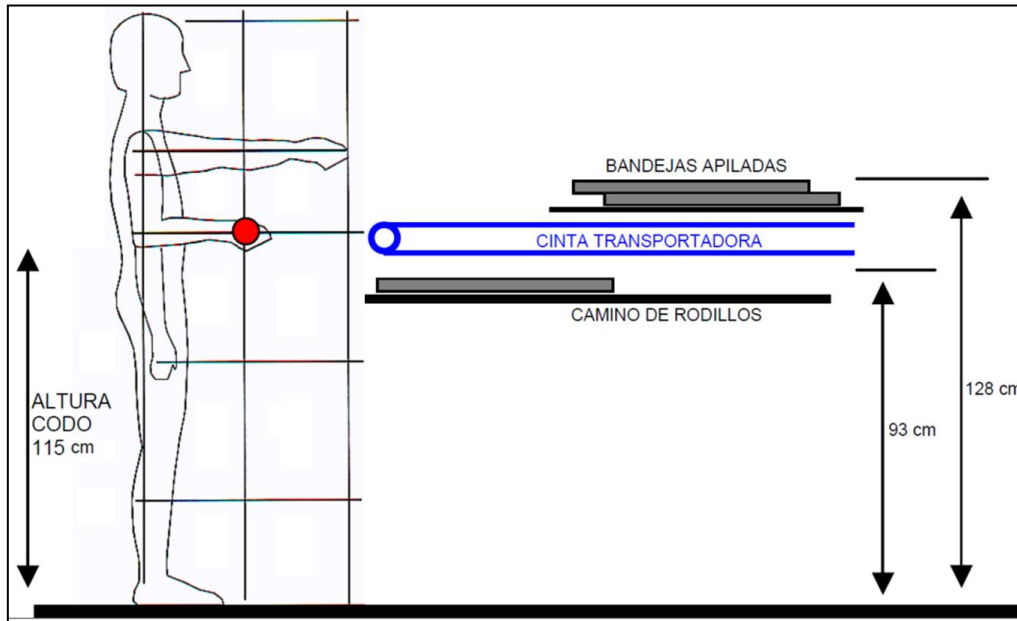


Imagen 38. Alturas a las que el operario realiza sus acciones de trabajo.

Estas bandejas vacías, han sido previamente recogidas y apiladas en una chapa que se encuentra a la altura de 128 cm.

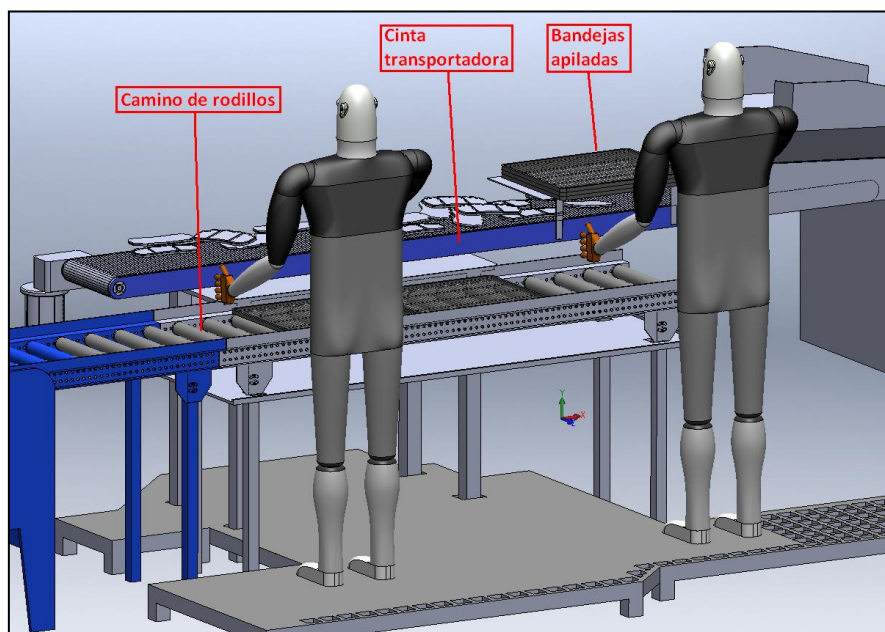


Imagen 39. Representación en SolidWorks de las partes anteriormente mencionadas.

Los soportes se colocan en las bandejas, éstas se empujan levemente para que deslicen y entren a una cinta transportadora que las hace pasar por debajo de las dos turbinas que tiene la granalladora.

Una vez los soportes están granallados, se garantiza el correcto agarre del adhesivo posterior. Continúan hacia la encoladora, cambiando de la cinta transportadora a un camino de rodillos movidos por correas y engranajes. Esta cabina contiene una pistola a presión que se mueve de un lado a otro, perpendicular al movimiento de las bandejas, disparando pegamento a presión, de forma que a su paso por ahí, los soportes se encolan.

Las bandejas siguen su recorrido por el camino de rodillos tomando una curva de 180 grados, donde unos ventiladores industriales secan el encolado. La bandeja llega a un volteador donde los soportes caen a una caja de madera colocada en una traspaleta por el operario para que al terminar la orden de trabajo, los soportes no se mezclen con otros.

La bandeja volteada continúa y se almacena en un carro, y cuando éste está lleno, pasará al elevador de carros, donde las bandejas estarán a disposición de los operarios otra vez.

Cuando se llena la caja de madera con la orden, se deja secándose en la zona de cajas de soportes. El operario de prensas, vendrá a buscar la orden para llevársela a su sección donde, una vez allí, prensará el soporte y la preforma. La preforma se comprime y queda adherida al soporte, gracias entre otras cosas, a la presión ejercida y al adhesivo

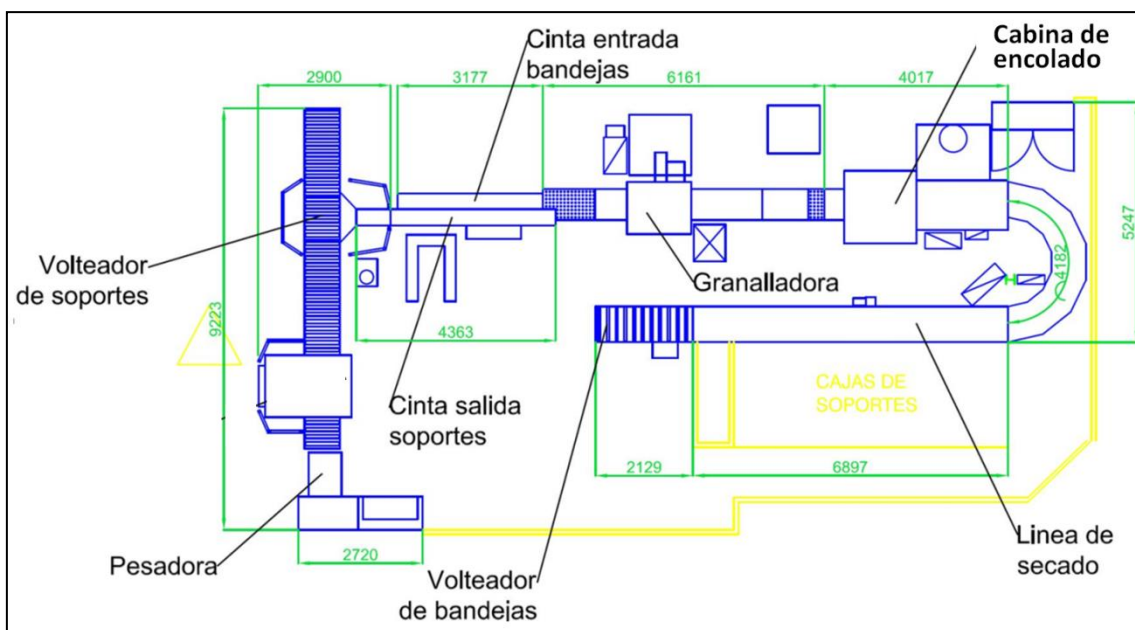


Imagen 40. Croquis de la sección granallado-encolado.

INTRODUCCIÓN AL PUESTO DE TRABAJO

Es necesario entender las funciones que desempeñan cada uno de las personas que trabajan en la sección de granallado, estos puestos son:

- Coordinador.
- Operario 1 y 2.
- Operario.

En cada uno de estos puestos se realizan las siguientes funciones:

Operario 1: Coge una parrilla, la coloca sobre la cinta transportadora; coge los soportes de la cinta superior y los coloca ordenadamente sobre la parrilla, hasta llenar ésta. Además acciona la subida del elevador de carros.

Operario 2: Coge una parrilla, la coloca sobre la cinta transportadora; coge los soportes de la cinta superior y los coloca ordenadamente sobre la parrilla. Además acciona el movimiento de la cinta transportadora y la inclinación del volteador de cubos.

Coordinador: Toma el carro con bandejas y lo coloca en el elevador. Recoge las cajas de madera que llevan soportes granallados y encolados con la traspaleta, y los coloca ordenadamente en la zona de cajas. Repone y controla el estado del adhesivo. Repone las cajas de madera, para no mezclar ordenes. Realiza la limpieza de las boquillas de pegamento. Mide la capa de adhesivo. Anota el parte, etc.

Nota: se debe llenar las bandejas al máximo, sin mezclar soportes, en el caso en que termina y se empieza una nueva orden.

Cuando todo está correcto, realiza la misma operación que los operarios 1 y 2, es decir, coge una parrilla, la coloca sobre una mesa al lado contrario de los operarios; coge los soportes de la cinta superior y los coloca ordenadamente sobre la parrilla. Una vez llena la parrilla, la pasa por debajo de la cinta transportadora para que sea empujada por alguno de los operarios por el camino de rodillos. PAINTTTTTTT

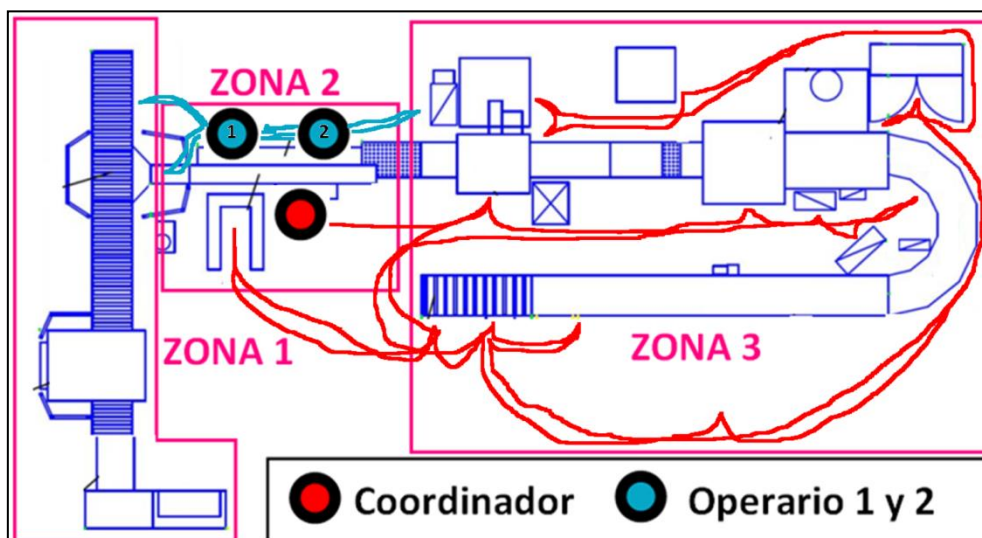


Imagen 41. Diagrama spaghetti donde se representa el movimiento de los operarios.

CÁLCULO DEL OEE EN LA SECCIÓN DE GRANALLADO

Recordamos que el *Overall Equipment Efficiency* viene dado por la fórmula:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \cdot \text{Eficiencia} \cdot \text{Calidad} = \frac{\text{Tiempo Efectivo Real}}{\text{Tiempo Total Disponible}}$$

Aclarado el funcionamiento de la sección y las actividades que realizan los trabajadores en ella, empezaremos a ir identificando los parámetros para la implantación del Overall Equipment Efficiency, y definir una hoja de datos Excel como formato para la recogida de datos manual.

DISPONIBILIDAD

Existen tres turnos, por lo que bastará con crear una hoja de datos para un turno, y reproducir la misma mecánica de introducción de datos en otras dos hojas de Excel, para los otros dos turnos.

Tiempo Total Disponible = Tiempo Programado – Tiempo (paradas programadas)

Tiempo Programado = 8 horas = 480 min.

Paradas Programadas = 30 min.

Al final del turno se reservan 30 min para pasar las bandejas vacías por la granalladora (se desactiva la pistola de encolado) y así limpiarlas, también se dedica tiempo para limpiar la zona de trabajo. Los miércoles y viernes en el turno de tarde, se dedica una hora para la limpieza de rodillos en la zona de encolado.

Tiempo Utilizado = Tiempo Total Disponible – Tiempo (paradas NO programadas)

Tiempo Total Disponible = 450 min.

Paradas no programadas = Las recogidas en el parte de trabajo anotado por el coordinador para cada turno.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Utilizado}}{\text{Tiempo Total Disponible}}$$

EFICIENCIA

Para calcular el Tiempo Neto Operativo, es necesario calcular la cadencia ideal.

La cadencia ideal resulta del número de soportes máximo que pueden pasar por esa máquina a la hora.

La velocidad de la cinta transportadora por la que los operarios han depositado las bandejas mediante impulso es siempre constante, de 3,11 m/min (velocidad medida empíricamente). Por lo que creo que sería necesario puntualizar que:

Una orden de 1000 soportes de camión (mayor área) tardarán más en hacerse que una orden de 1000 pastillas de coche (menor área).

Al ser la velocidad de la cinta constante, la velocidad a la que se mueve la bandeja cargada con soportes es siempre la misma, independientemente de que tipo de soporte sea.

Por lo que si suponemos que en una bandeja caben 6 soportes de camión y 20 de coche:

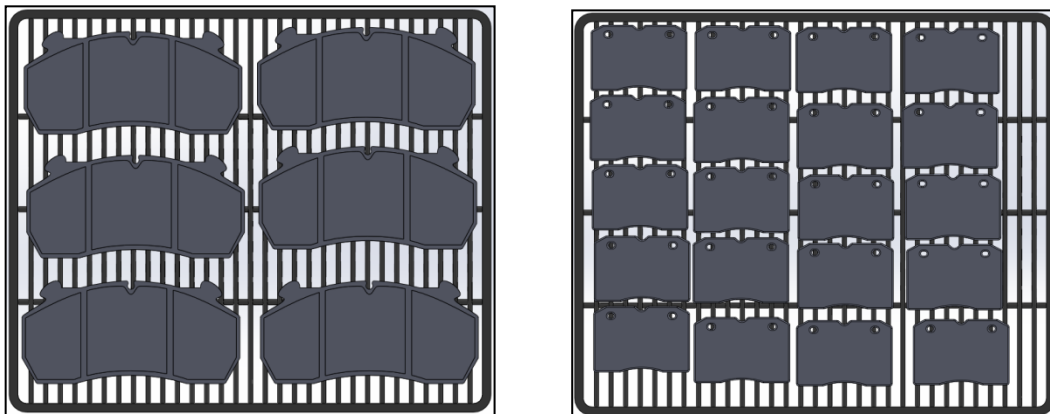


Imagen 42 y 43. Bandeja con soportes de camión (izda.) y de coche (dcha.).

En la orden de camión tendrán que llenarse 166,67 bandejas y en la orden de coche serán 50 bandejas exactas. Cabe destacar que cuando la división no sale exacta, los decimales manifiestan que la última bandeja no será llenada en su totalidad, de manera que, en la orden de camión se llenarán 166 bandejas enteras y una última con 4 soportes, 167 bandejas en total, redondeando siempre al número entero siguiente superior.

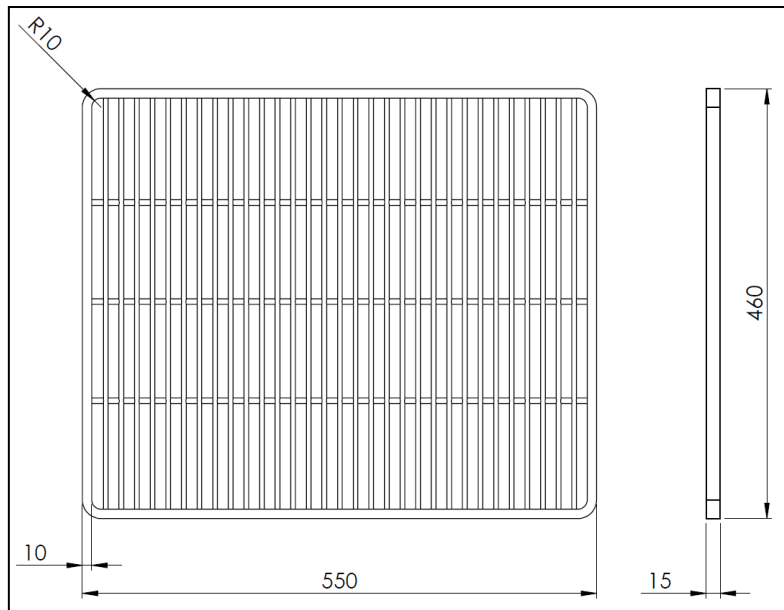


Imagen 44. Medidas de la bandeja donde se colocan los soportes.

Pasamos a centrar la atención de cuántas piezas máximas se han hecho, a cuántas bandejas se han introducido.

Que la velocidad sea 3,11 m/min implica que en un minuto se pueden introducir 5,7064 bandejas (resultado de la división de 3,11 entre el largo de la bandeja).

Lo que nos indica que el tiempo ideal en que la cinta se mueve y deja espacio para meter una bandeja es el resultado de la división de 1 min entre las bandejas que caben. $(60 \text{ seg.} / 5,7064 \text{ bandejas}) = 10,5145 \text{ seg./1 bandeja}$ (0,17524 min./bandeja). Lo que resulta la inversa de la cadencia, en este caso, los decimales no se han redondeado, puesto que las bandejas entran seguidas.

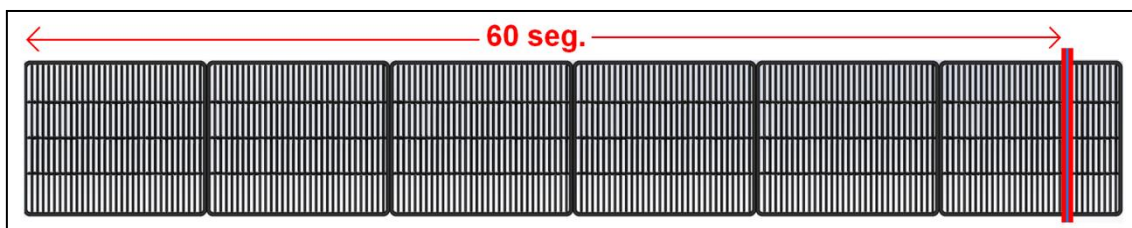


Imagen 45. Bandejas colocadas continuas.

De esta forma, ya sabemos el tiempo que tarda una bandeja, y queda por calcular cuántas bandejas han entrado al turno, la multiplicación entre estas dos magnitudes nos dará el Tiempo Neto Operativo; sabido esto, obtendremos la eficiencia.

Las bandejas que han entrado al turno se desconocen, no son contabilizadas por el coordinador u operario. Aproximadamente se hacen cerca de 1000 bandejas, pero necesitamos la cantidad exacta.

HI	HF	Nº ORDEN	REFERENCIA	RETRABAJO	CANTIDAD O.K.	CONTRARIO REBABA	OBSERVACIONES
		181784	180697000		800		

Imagen 46. Cantidad exacta de soportes granallados y encolados de la ref.: 180697.

Estos son los únicos datos que introduce el operario:

ORDEN: se asocia a una referencia (tipo de pastilla y cantidad de ésta en concreto).

REFERENCIA: es el nombre de la pastilla. Una misma referencia puede ir asociada a muchas órdenes ya que la cantidad de pedido de esa pastilla puede variar según el cliente.

CANTIDAD: el número de soportes que van a pasar por el granallado-encolado.

Nº ORDEN	REFERENCIA	RETRABAJO	CANTIDAD O.K.
181784	180697000		800
181911	151831000		1500
182152	151831000		200
181744	181748000		100
181619	141351000		400
181403	182034000ID		900

Imagen 47. Fragmento del parte de trabajo de la cantidad y ref. de soportes.

Ejemplo de parte relleno por el coordinador, es habitual ver al día siguiente en un solo turno, 3 y hasta 4 páginas escritas con datos de producción.

Para saber las bandejas que se han utilizado en la primera referencia (180697000), bastará con saber cuántos soportes caben por bandeja de esa referencia. Si caben 20, como en el ejemplo anterior de coche (Imagen 43), y se han hecho 800 en esa orden, se habrán introducido 40 bandejas.

40 bandejas · (0,1752 min/ 1 bandeja) = 7,010 min. = Tiempo ideal y capaz que la máquina puede hacer esa orden. Es evidente que para realizarla en ese tiempo se han tenido que estar introduciendo bandejas llenas y seguidas, por lo que, según la fórmula de la eficiencia, obtendremos ésta.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo Neto Operativo}}{\text{Tiempo Utilizado}}$$

El Tiempo Neto Operativo resultará del tiempo ideal, que hemos calculado en el ejemplo anterior (7,010 min), pero del sumando de todas las órdenes hechas en el turno.

CALIDAD

La calidad viene dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Tiempo Efectivo Real}}{\text{Tiempo Neto Operativo}}$$

Como ya sabemos, el Tiempo Efectivo Real se obtiene de restar al Tiempo Neto Operativo, el tiempo por pérdidas de calidad.



Imagen 48. Ejemplo de soporte mal encolado.

En esta máquina no suele ocurrir que haya soportes defectuosos o inutilizables, es decir, el porcentaje de calidad es muy elevado. Siempre que en una pieza ha salido mal el encolado por fallos en la pistola, se vuelve a introducir al final de la orden; a su paso por la granalla, se quita el pegamento, y a continuación se le vuelve a aplicar una capa de pegamento.

Las unidades producidas pueden ser buenas, o malas (rechazos). A veces, los rechazos pueden ser reprocesados y pasar a ser unidades buenas. El OEE sólo considera buenas las que se salen conformes la primera vez, no las reprocesadas. Por tanto las unidades que posteriormente serán reprocesadas deben considerarse rechazos, es decir, malas.

En el caso de que sea irrecuperable, se contabilizan la bandeja entera e introducen en una caja habilitada para estos desperdicios. Al ser acero, se recupera parte del dinero, vendiéndolo como chatarra.

Si los soportes de una bandeja han resultado mal granallados o encolados y son irrecuperables, se procederá a calcular el tiempo de esta pérdida por el método anterior y restarla al Tiempo Neto Operativo, así obtendremos el Tiempo Efectivo Real.

Por ejemplo, si una bandeja es inservible, se han perdido 10,5145 seg., así sucesivamente.

La empresa aplica la sistemática de logística inversa, dado que por un lado, muestra su faceta de compromiso con el cuidado del medio ambiente al responsabilizarse del reciclaje. Por otro, el reciclaje de piezas puede ser una gran oportunidad para optimizar inventarios al generar ganancias.

IMPLANTACIÓN OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY (OEE) CON HOJA DE CÁLCULO EXCEL

Para la implantación del OEE en la sección de granallado, es necesario crear una hoja de datos en Excel para introducir los datos importantes y la información valiosa de todo lo que ha sido apuntado en el parte de granallado por el coordinador en su respectivo turno.

El parte de datos es entregado todos los días al inicio de cada turno al coordinador.

SIGMABRAKES SA		CONTROL PRODUCCIÓN GRANALLADO-ENCOLADO				Página: 1 de 2 Nº Revisión: 02 Fecha: 23/09/2010	
FECHA		Nº OPER:	NOM. Y APELLIDO:		TURNO		
		Nº OPER:	NOM. Y APELLIDO:				
HI	HF	Nº ORDEN	REFERENCIA	RETRABAJO	CANTIDAD O.K.	CONTRARIO REBABA	OBSERVACIONES
						Sop. 14-18 Sigma	
						Sop. 14-18 Icer	
						Sop. 15-16 Icer	
						TOTAL SOPORTES	

Imagen 49. Página de “producción” del parte de trabajo.

SIGMABRAKES SA		CONTROL PRODUCCIÓN GRANALLADO-ENCOLADO							Página: 2 de 2 Nº Revisión: 02 Fecha: 23/09/10	
INCIDENCIAS	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	OBSERVACIONES	
	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	19 - 20	20 - 21	21 - 22		
	22 - 23	23 - 00	00 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6		
FALTA GRANALLA	1									
ATASCO PISTOLA - NO PINTA	2									
VARILLAS ROTAS	3									
CAMBIO / AJUSTE PEGAMENTO	4									
CINTAS-RODILLOS - CADENA	5									
OTROS	6									
OBSERVACIONES MANTENIMIENTO							OBSERVACIONES PRODUCCIÓN			

Imagen 50. Página de “incidencias” del parte de trabajo.

Por lo que la creación de la hoja de datos llamada *OEE-Granallado(2014).xlsx*, vendrá dada para introducir los siguientes parámetros (el color de relleno de los datos a introducir es el amarillo en el Excel):

- Nº ORDEN. Gracias a este dato, se completará automáticamente la columna de ARTÍCULO (el nombre de la pastilla, también llamado referencia).
- CANTIDAD. Las unidades realizadas.
- OK/NOK. Por defecto en OK, dado que como hemos dicho la calidad ronda el 99%, en el caso de ser NOK, aparecerá en el parte en la columna de observaciones y se rellenará igualmente, con la cantidad que ha salido defectuosa y cambiando el OK por un NOK.

Las 5 columnas con color de relleno gris, se autocompletarán gracias a fórmulas que a continuación procederé a detallar.

FÓRMULAS

CASILLA “ARTÍCULO”:

FECHA	ORDEN	UDS	PIEZAS	ARTICULO	Pz / Bandeja	Tiempo Oper.Netto (ok)	Tiempo Oper.Netto (nok)	Total bandejas
01-01-14	H		ok					

Imagen 51. Primera fila del archivo de datos Excel: *OEE-Granallado(2014).xlsx*

Al introducir el número de ORDEN, la letra a la izquierda, que por defecto es H, ya que la mayoría de pastillas proceden de esa categoría, cambiará si:

- El número de dígitos es 6 => El prefijo no se cambia, y seguirá siendo H.
- El número de dígitos es 5 => El prefijo cambia a X.

Lo que ocurre simultáneamente al introducir el número ORDEN es que la columna ARTÍCULO se autocompleta de la siguiente forma:

- Con una base de datos aparte facilitado por Planificación, llamada ORDENES X y otra llamada ORDENES H, en donde aparece la siguiente información en ambos casos:

A	B
Nº Orden	Referencia
H182615	181688000946 ID
H182616	181688000946 O
H182617	181608000946 O
H182618	181608000946 II
H182619	181661000946 I
H182620	181886000444 O
H182621	181886000444 O
H182622	181886000444 O
H182623	181860000444 I
H182624	181860000444 I

A	B
ORDEN	ARTICULO
X19226	180993000345
X19227	180993000345
X19228	180993000345
X19229	180993000345
X19230	180993000345
X19231	180993000345
X19232	181005000345 ID
X19233	181005000345 II
X19234	181143000345 I
X19235	181143396345 O

Imagen 52 y 53. Archivos de datos Excel: *ORDENES H.xlsx* y *ORDENES X.xlsx*

- Si el prefijo es H buscará verticalmente la orden introducida en la columna A (incluida el prefijo H) del archivo ORDENES H y nos dará la referencia situada en la columna B de la derecha.
- Si el prefijo es X buscará verticalmente la orden introducida en la columna A (incluida el prefijo X) del archivo ORDENES X y nos dará la referencia situada en la columna B de la derecha.

Por lo que la casilla ARTÍCULO será una función de Excel “BUSCARV” dentro de una función condicional, tal que así:

	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1									
2	ORDEN	UDS	PIEZAS	ARTICULO	Pz / Bandeja	Tiempo Oper.Net (ok)	Tiempo Oper.Net (nok)	Total bandejas	QUÉ BUSCA
3	H		ok	=SI.ERROR(SI(E3="H";BUSCARV(CONCATENAR(E3;F3);					
4	H		ok	"T:\Process\4. OEE[ORDENES H.xlsx]2014!\$A:\$C;3;0);					
5	H		ok	BUSCARV(CONCATENAR(E3;F3);"T:\Process\4.					
6	H		ok	OEE[ORDENES X.xlsx]Datos X!\$A:\$C;3;0);"")					
7	H		ok	0(FALSO)=BUSCA EL VALOR EXACTO					
				1(VERDADERO)=APROXIMA EL VALOR					

Imagen 54. Fórmulas empleadas en la casilla ARTÍCULO de OEE-Granallado(2014).xlsx

CASILLA “PZ/BANDEJA”:

FECHA	ORDEN	UDS	PIEZAS	ARTICULO	Pz / Bandeja	Tiempo Oper.Net (ok)	Tiempo Oper.Net (nok)	Total bandejas
01-01-14	H		ok					

Lo que ocurre simultáneamente al introducir el número ORDEN es que la casilla ARTÍCULO se rellena como hemos visto, esto da lugar a que la casilla PZ/BANDEJA también se rellene con la información que aparece en ARTÍCULO, se autocompleta de la siguiente forma:

PESTAÑA PARA EL CÁLCULO DE SOPORTES POR BANDEJA

- Para este cálculo, ha sido necesario crear una pestaña llamada “Largo Ref” en el archivo Excel “OEE-Granallado.xlsx” con los datos relacionados al área de cada pastilla.
- En esta pestaña he introducido una serie de datos sobre las dimensiones de todas las pastillas, y a partir de esos datos he realizado una serie de cálculos, para deducir cuántas piezas entran en una bandeja, que más adelante desarrollaré.
- Las características de todas las pastillas se encuentran registrados en una base de datos de la empresa, en donde viene información sobre ellas, cogeremos las columnas que nos sean útil, en este caso el largo y el alto, tomamos el ejemplo de la pastilla 141182 para el cálculo de piezas por bandeja mediante fórmulas:

E	G	J	K	N	O	P	Q
REFERENCIA	Area	DiamPiston	DiamDisco	EspSoporte	Largo	Alto	Espesor
141182903	51,88	57	278x32	5	148	61,2	18
141182904	51,88	57	278x32	5	148	61,2	18
141228000 ID	51,58	45.5	285.5	6.5	153,9	56,57	17,3
141228000 II	51,58	45.5	285.5	6.5	153,9	56,57	17,3
181436825 I	50,37	60	282	5	165,4	54,35	16
180773000 I	49,48	60	302	5.5	156,4	64	20,3
181626000 I	49,23	2 x 48	275 x 25	4.88	107,2	66,15	17,8

Imagen 55. Archivo Excel “base de datos.xlsx”

Esas columnas se han copiado y pegado en nuestra pestaña anteriormente mencionada, y se han añadido columnas para los cálculos que a continuación se expondrán. La pestaña “Largo Ref” del Excel “OEE-Granallado (2014)” tiene la apariencia siguiente:

	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Cód. Acceso	Largo	Alto	Nº Largo Band. Nº Largo Sop.	Nº Alto Band. Nº Alto Sop.	Nº MÍN. de sop/bandeja	Soportes cruzados	SOPORTE TOTAL
671	141182904	148	61,2	3	7	21	3	24
672	141182905	148	61,2	3	7	21	3	24
673	141315000	145	62,4	3	7	21	3	24
674	141337000	141,9	59,5	3	7	21	3	24
675	141345000	139,2	60,2	3	7	21	3	24
676	141787000	136,9	63,15	3	7	21	3	24
677	141931000	145,4	56,1	3	7	21	3	24
	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Largo	545	Ancho	445	ÁREA BANDEJA (mm ²)	242525	Vel. Cinta (m/min)	3,5

Imagen 56. Pestaña del archivo “Largo Ref” de la hoja de datos OEE-Granallado(2014).xlsx

- Las tres primeras columnas han sido recogidas de la información de la hoja “base de datos.x/sx” con ellas calcularemos las piezas que caben por bandeja de la siguiente manera:
 - o Multiplicando las que caben de largo por las que caben de alto.
 - o Si las dimensiones interiores de la bandeja son 545 mm de largo y el largo de la pastilla es 148, de largo caben 3,6824 soportes, truncamos, 3.
 - o Si las dimensiones interiores de la bandeja son 445 mm de alto y el alto de la pastilla es 61,2. Caben 7,2712 soportes, truncamos, 7.
 - o Las fórmulas Excel utilizadas son básicas: resta, multiplicación, utilización de la referencia absoluta “\$” para inmovilizar o bloquear filas, columnas o casillas, etc.

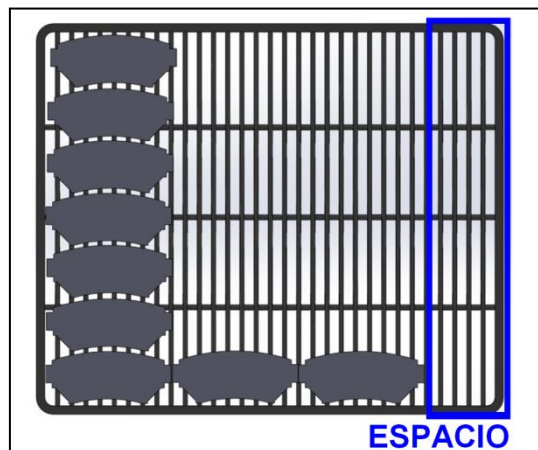


Imagen 57. Espacio sobrante una vez calculado las pastillas de largo y ancho que caben.

- o De la multiplicación de ambas, salen los soportes que caben, pero aún se puede llenar más la bandeja en el espacio que se genera a la derecha, y puede ser calculado así:
 - Si $[(\text{Largo Band.} - (\text{Soportes que caben de largo} \cdot \text{Largo Soporte})) > \text{Ancho de soporte}]$ mayor que el Ancho de soporte, implica que caben verticalmente un número de soportes.
 - Este número de soportes es: nº truncado de $(\text{Ancho Band.} / \text{Largo Soporte})$. Se calcula en la columna “Soportes Cruzados”
 - Para el cálculo de esta fórmula se ha recurrido a una condicional:

	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Cód. Acceso	Largo	Alto	Nº Largo Band. Nº Largo Sop.	Nº Alto Band. Nº Alto Sop.	Nº MÍN. de sop/bandeja	Soportes cruzados	SOPORTE TOTAL
670	141182903	148	61,2	3	7	21	=SI((((\$N\$1-E670* C670)>D670; ENTERO(\$P\$1/ C670);0)	24
671	141182904	148	61,2	3	7	21		24
672	141182905	148	61,2	3	7	21		24
673	141315000	145	62,4	3	7	21		24

	L	M	N	O	P
1		Largo	545	Ancho	445

Imagen 58. Fórmula aplicada en la casilla SOPORTES CRUZADOS de la pestaña “Largo Ref”.

- o La suma de soportes cruzados y los anteriormente calculados dará los soportes totales que caben por bandeja, para cualquier tipo de referencia, es decir, para todas las pastillas, recordemos que existen alrededor de 1000 pastillas diferentes:

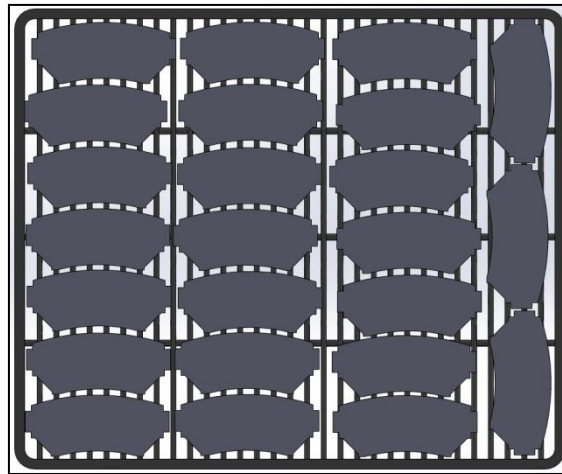


Imagen 59. Ejemplo de soportes 141182 que caben en la bandeja y que han sido calculados en el Excel mediante fórmulas.

Por lo que con la elaboración de esa pestaña “Largo Ref” terminada, podremos explicar cómo se ha obtenido la casilla “PZ/BANDEJA”.

FECHA	ORDEN	UDS	PIEZAS	ARTICULO	Pz / Bandeja	Tiempo Oper.Net (ok)	Tiempo Oper.Net (nok)	Total bandejas
01-01-14	H		ok					

- Resultaría nuevamente del uso de la función “BUSCARV”, que se explica así:

	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1									
2	ORDEN	UDS	PIEZAS	ARTICULO	Pz / Bandeja	Tiempo Oper.Net (ok)	Tiempo Oper.Net (nok)	Total bandejas	
3	H			=SI(I3=""					
4	H		ok						
5	H		ok						

Annotations in the image:
 - Red box: "QUÉ BUSCA" pointing to the formula cell in row 3, column 4.
 - Blue box: "DÓNDE LO BUSCA" pointing to the range "Largo Ref!\$B:\$I" in the formula.
 - Purple box: "BUSCA EL VALOR EXACTO" pointing to the "8" in the formula.
 - Orange box: "QUE COLUMNA TE DEVUELVE" pointing to the "8" in the formula.

Imagen 54. Fórmulas empleadas en la casilla PZ/BANDEJA de OEE-Granallado(2014).xlsx

- Busca el ARTÍCULO en la pestaña “Largo Ref” y te devuelve de esa pestaña, la columna H, que está contabilizada como la columna 8, el valor de la casilla SOPORTE TOTAL (columna 8).

Recapitulando, por ahora obtenemos esto:

- Introducimos la orden y la cantidad de piezas ok
- Instantaneamente las casillas ARTÍCULO Y PZ/BANDEJA se completan.

FECHA	ORDEN	UDS	PIEZAS	ARTICULO	Pz / Bandeja	Tiempo Oper.Netto (ok)	Tiempo Oper.Netto (nok)	Total bandejas
01-01-14	H 100001	600	ok	141182903	24			

CASILLA “TIEMPO DE OPERACIÓN NETO (OK)”:

FECHA	ORDEN	UDS	PIEZAS	ARTICULO	Pz / Bandeja	Tiempo Oper.Netto (ok)	Tiempo Oper.Netto (nok)	Total bandejas
01-01-14	H		ok					

Se calcula, como sabemos, multiplicando la inversa de la cadencia (min. /1 bandeja) por las bandejas realizadas, obteniendo así el tiempo ideal y capaz en que la máquina puede hacer esa orden, es decir:

- Empieza con una condicional SI.ERROR, quiere decir, si la orden es OK, realizará las siguiente fórmulas, si es NOK pasaremos a la siguiente columna.
- El número de bandejas que se han empleado en la orden es la división de las piezas realizadas entre las piezas que caben por bandeja, como estas dos casillas ya están completadas, este cociente puede realizarse.
- Hay que tener en cuenta que el cociente anterior debe ser aproximado al entero mayor, por ello, utilizamos la fórmula REDONDEAR.MAS.
- El tiempo que tarda una bandeja es siempre el mismo (0,1752 min/ 1 bandeja), al multiplicar por la cantidad de bandejas, nos quedan los min.
- 0,1752 min/ 1 bandeja es una casilla que al no cambiar, se mantiene inmovilizada en la pestaña “Largo Ref”, por lo que utilizamos referencia absoluta “\$” para la fórmula.

FECHA	ORDEN	UDS	PIEZAS	ARTICULO	Pz / Bandeja	Tiempo Oper.Netto (ok) Nº BANDEJAS	Tiempo Oper.Netto (nok)	Total bandejas
01-01-14	H		ok	=SI.ERROR(SI(H3="ok";REDONDEAR.MAS(G3/J3;2)*				
02-01-14	H		TIEMPO DE UNA BANDEJA *Largo Ref!\$T\$10;"");"")					

Imagen 55. Fórmulas empleadas en la casilla TIEMPO DE OPERACIÓN NETO (OK) de OEE-Granallado(2014).xlsx

CASILLA “TIEMPO DE OPERACIÓN NETO (NOK)”:

Es deducido de la misma manera que la anterior columna y únicamente funciona si las bandejas han sido defectuosas o son reprocesos, por lo tanto, se ha marcado la casilla NOK.

- Se trata de buscar el tiempo por pérdidas de calidad. De igual manera que antes, se multiplican las bandejas defectuosas por el tiempo que tarda cada una.

1	A	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2	FECHA	ORDEN	UDS	PIEZAS	ARTICULO	Pz / Bandeja	Tiempo Oper.Net (ok)	Tiempo Oper.Net (nok)	Total bandejas	
3	01-01-14	H		ok						=SI(H3="nok";
4	02-01-14	H		ok						REDONDEAR.MAS(G3/J3;2)*
5	03-01-14	H		ok						'Largo Ref!\$T\$10;")

Imagen 56. Fórmulas empleadas en la casilla TIEMPO DE OPERACIÓN NETO (NOK) de OEE-Granallado(2014).xlsx

➤ CASILLA “TOTAL BANDEJAS”:

1	A	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
2	FECHA	Pz / Bandeja	Tiempo Oper.Net (ok)	Tiempo Oper.Net (nok)	Total bandejas	ORDEN	UDS	PIEZAS	ARTICU	
3	01-01-14								ok	

Imagen 57. Fórmulas empleadas en la casilla TOTAL BANDEJAS de OEE-Granallado(2014).xlsx

Nos muestra las bandejas realizadas en una orden, mediante el cálculo previamente comentado:

- Aproximación al número mayor del cociente de la casilla UDS y PZ/BANDEJA.

Este formato se repite en horizontal y vertical, en la misma fila se encuentran las órdenes del mismo día. En vertical para los de los posteriores días.

PESTAÑA PARA JUSTIFICAR LAS PARADAS NO PROGRAMADAS

Una vez que el operario ha tenido algún contratiempo, debe ser justificado en el parte de incidencias que se le entrega al inicio del turno. Este cuenta con 5 incidencias que se consideran habituales:

- Falta granalla.
- Atasco pistola.
- Varillas rotas.
- Ajuste pegamento.
- Atasco cinta, rodillos o cadena.

Cuando una de estas ocurre, el coordinador apunta el tiempo que esa incidencia ha durado, o que no ha permitido producir.

INCIDENCIAS		6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	OBSERVACIONES
		14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	19 - 20	20 - 21	21 - 22	
		22 - 23	23 - 00	00 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	
FALTA GRANALLA	1		15				10			30 min paro por limpieza (PARADA PROGRAM.)
ATASCO PISTOLA - NO PINTA	2			10						
VARILLAS ROTAS	3									
CAMBIO / AJUSTE PEGAMENTO	4				25					
CINTAS-RODILLOS - CADENA	5									
OTROS	6									
OBSERVACIONES MANTENIMIENTO							OBSERVACIONES PRODUCCIÓN			

Imagen 59. Ejemplo de datos apuntados por el coordinador en la hoja de incidencias.

Esto debe ser imputado también en nuestro archivo Excel, para calcular el Tiempo Utilizado (Tiempo Programado – Tiempo (paradas programadas y no programadas)).

	A	E	I	M	Q	U	Y	AC
1		TIEMPO PROGRAMADO	PARADA PROGRAMADA	FALTA GRANALLA	ATASCO PISTOLA	VARILLAS ROTAS	AJUSTE PEGAMENTO	ATASCO CINTA/RODILLOS /CADENA
2	FECHA	TURNO 1	TURNO 1	TURNO 1	TURNO 1	TURNO 1	TURNO 1	TURNO 1
6	04/01/2014	480 min	30 min	25 min	10 min		25 min	
7	05/01/2014							
8	06/01/2014							
9	07/01/2014							

	A	BJ	BN	BR	BV	BZ
1		TIEMPO TOTAL DISPONIBLE	TIEMPO UTILIZADO	TIEMPO NETO OPERATIVO	TIEMPO EFECTIVO REAL	OEE
2	FECHA	TURNO 1	TURNO 1	TURNO 1	TURNO 1	TURNO 1
6	04/01/2014	450 min	390 min	360 min	350 min	78%
7	05/01/2014	0 min	0 min	0 min	0 min	-
8	06/01/2014	0 min	0 min	0 min	0 min	-
9	07/01/2014	0 min	0 min	0 min	0 min	-

Imagen 60. Pestaña del Excel donde se apuntan las paradas anotadas en la parte de incidencias y ejemplo del cálculo del OEE en un turno.

El Tiempo Total Disponible y el Tiempo Utilizado se calculan de restarle a las 8 horas (480 min) las paradas programadas en el caso del primero, y las paradas programadas y no programadas en el caso del segundo.

- El Tiempo Neto Operativo se calcula con una función Excel “sumatorio” de los Tiempos Netos Operativos (OK) de todas las órdenes realizadas en ese turno.

The image shows a large Excel spreadsheet with multiple columns and rows. A callout box points to a cell containing the formula `=SUMAR.SI.CONJUNTO` and the result **4,82**. The spreadsheet appears to be a detailed log of work orders, with columns for order ID, status, and time. The formula is applied across the entire row of data to sum up the 'Tiempo Oper. Neto (ok)' for all orders in that specific shift.

Imagen 61. Tiempo Neto Operativo de las órdenes de trabajo realizadas en un turno.

- Por lo cual, la fórmula en la casilla para el cálculo de Tiempo Neto Operativo de todo el turno (en este caso el 1) será de un SUMAR.SI.CONJUNTO, seleccionando el Rango (toda la fila) y el Criterio (Tiempo Oper. Neto (ok)).
- El Tiempo Efectivo Real resulta del anterior: Tiempo Neto Operativo menos el sumatorio de las órdenes defectuosas, columna Tiempo Oper. Neto (nok), calculadas de igual manera con SUMAR.SI.CONJUNTO.

Para el cálculo del OEE basta con dividir el Tiempo Efectivo Real entre el Tiempo Total Disponible, las unidades serán en forma de porcentaje.

Esta columna de OEE será representada mediante una gráfica en el que el eje de abscisas son las semanas y el eje de ordenadas el porcentaje de OEE de esa semana.

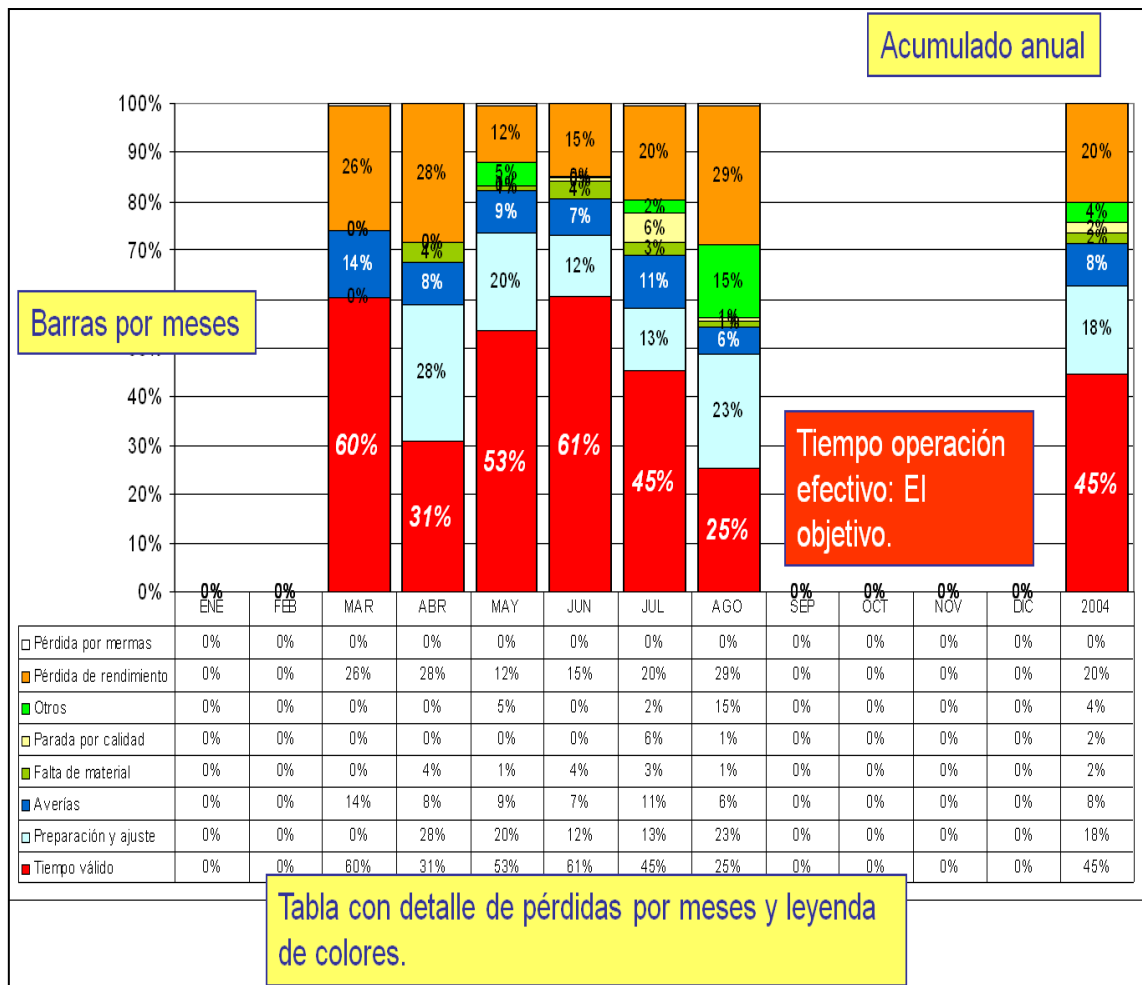


Imagen 62. Ejemplo de gráfica donde se representa el OEE al mes.

Una vez procesada la información, y con gráfica en mano, se analizan los datos en reuniones para valorar los parámetros, ver dónde falla, identificar las pérdidas productivas, y puntos de mejora.

	A	B	E	H	K
1		DISPONIBILIDAD	EFICIENCIA	CALIDAD	OEE
2	FECHA	TURNO 1	TURNO 1	TURNO 1	TURNO 1
148	26-05-14	65%	47%	98%	30%
149	27-05-14	89%	38%	96%	33%
150	28-05-14	97%	32%	94%	29%
151	29-05-14	87%	32%	97%	27%
152	30-05-14	79%	31%	96%	24%
153	31-05-14	-	-	-	-
154	01-06-14	-	-	-	-
155	02-06-14	56%	41%	99%	23%
156	03-06-14	83%	63%	98%	51%
157	04-06-14	100%	45%	99%	44%
158	05-06-14	66%	62%	94%	38%
159	06-06-14	97%	51%	96%	47%
160	07-06-14	-	-	-	-
161	08-06-14	-	-	-	-
162	09-06-14	100%	28%	99%	28%

Imagen 63. Cálculo del Overall Equipment Efficiency en la sección de granallado-encolado en la empresa SigmaBrakes desde el 26 de Mayo de 2014 hasta el 9 de Junio de 2014.

CLASIFICACIÓN OEE

El valor de la OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta.

OEE < 65%. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.

65% < OEE < 75%. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.

75% < OEE < 85% Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.

85% < OEE < 95% Buena. Entra en Valores World Class. Buena competitividad.

OEE > 95%. Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ACTUAL DE LA MÁQUINA

Como ya se encuentra implantado el OEE de la sección de granallado-encolado, podemos introducir los datos en la hoja de Excel, y ver qué resultados obtenemos.

Los partes de producción se encuentran disponibles al terminar el turno. Pese a la difícil situación actual, SigmaBrakes sigue conservando los tres turnos diarios de trabajo (mañana, tarde, noche) gracias a su forma y filosofía de trabajo.

Por lo que contaremos con tres partes de producción a introducir, en la sección de granallado, el cálculo del OEE visto anteriormente se extiende a los 3 turnos.

Como hemos estado explicando hasta ahora, el OEE es una relación entre lo que idealmente se podría producir, y lo que realmente se produce. Como es de esperar, lo ideal sería que estuvieran entrando bandejas constantemente, una seguida de la otra, pero en las condiciones actuales, el operario no es capaz de llegar a introducir más de dos o tres bandejas seguidas, lo que se aproximaría a lo ideal, debido a una serie de pérdidas que han salido a relucir, por medio de la observación y análisis, sin contar con charlas y opiniones por parte de operarios, mantenimiento, encargados, ingenieros y calidad, y que deberán ser eliminadas, o en su defecto, modificadas.

MERMAS QUE AFECTAN AL OEE

- Pérdidas de Tiempo de Operación Neto (% Eficiencia) a la hora de activar y desactivar los botones de parada de avance/parada de cinta, volteo/retorno de inclinación de cubos, y subir/bajar de cubos.
- Pérdidas de Tiempo de Operación Neto (% Eficiencia) al no llegar el operario a introducir bandejas con soportes seguidas, ya sea porque no da abasto, o porque la máquina sufre alguna avería o paro.
- Micro-paradas granalladora
- Micro-paradas encolado
- Tiempo perdido en el transporte de carros con bandejas.
- Transporte del carro de bandejas semivacío.
- Los operarios 1 y 2 que colocan soportes en bandeja, tienen que esperar hasta que el coordinador sitúa el carro lleno de bandejas en el levantador de carros para que estos puedan alcanzar las bandejas.

Por todo esto, y gracias a la hoja de datos creado y a los partes de trabajo introducidos de los meses Marzo, Abril, Mayo y Junio, la media del Overall Equipment Efficiency en la empresa SigmaBrakes de Tudela, resulta de un 36%.

Uno de los fundamentos que explican el porcentaje de OEE tan bajo, es la gran capacidad productiva de la máquina comparado con otras máquinas de la empresa, es decir, al no ser el famoso “cuello de botella” a encontrar en la fábrica, nos hace creer que al funcionar perfectamente, está todo correcto. Pero lo que nos dice el OEE es que esa pérdida de productividad se debe a que se puede producir, por lo menos, el doble de lo que se hace. Como es de prever, no siempre se van a necesitar 50.000 soportes granallados al turno, pues hay que adaptarse a la demanda, como en la técnica *heijunka*.

CONCLUSIONES

Según la clasificación del OEE mencionada anteriormente, todo lo que sea por debajo del 65%, equivale a baja competitividad.

Las modificaciones que se pueden aplicar para poder producir más, con menos recursos, son ajenas al proceso de granallado y encolado en sí:

- Puesto que son procesos muy complejos, y sería algo pesado
- Se podría aumentar la velocidad de cinta de las bandejas, aumentando la potencia de las turbinas del granallado, para ganar tiempo y reducir el tiempo de ciclo, aumentando la productividad.
- Pero, no se contempla lo anterior, es decir, modificar el proceso de granallado (potencia de las turbinas) y encolado, ni velocidad de la cinta de entrada, por propiedades inherentes al soporte, y por tanto, a la calidad de la pastilla de freno.
- Las acciones deben ser viables, y que devuelvan un *feedback* en cuanto a incremento de productividad, ahorro de costes, etc, a corto-medio plazo.
- Por lo que las variables posibles para nuestro plan de mejora han sido analizadas en las propuestas de mejora:

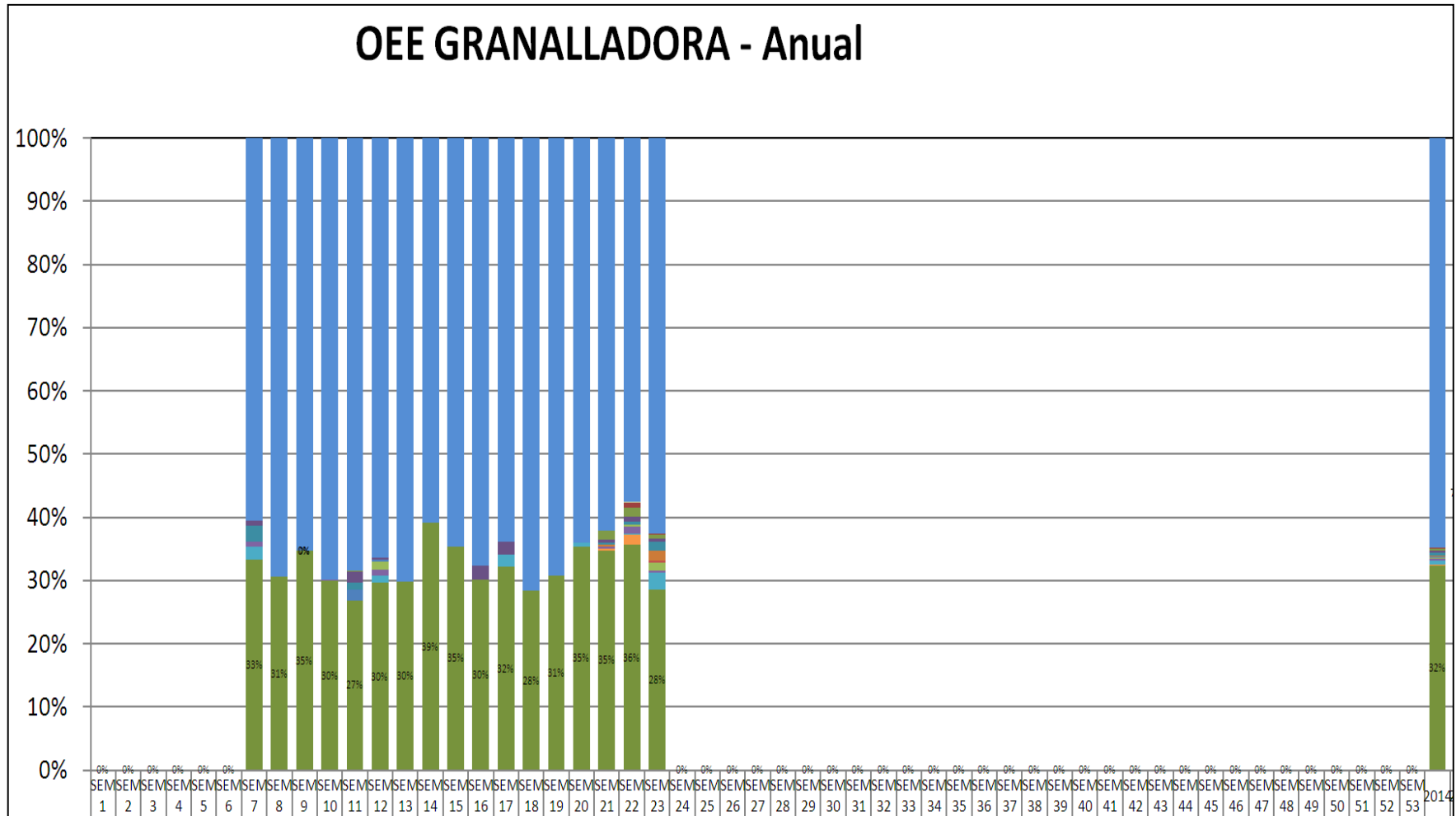


Imagen 64. Gráfica del OEE en la sección del granallado-encolado en la empresa SigmaBrakes desde la semana 7 hasta la 23 del actual año, 2014.

PROPUESTAS DE MEJORA

PROPUESTA DE MEJORA 1. CONTINUACIÓN DE LA CINTA DE RODILLOS MÓVILES HASTA EL INICIO DE LA GRANALLADORA PARA CREAR UN CIRCUITO DE BANDEJAS.

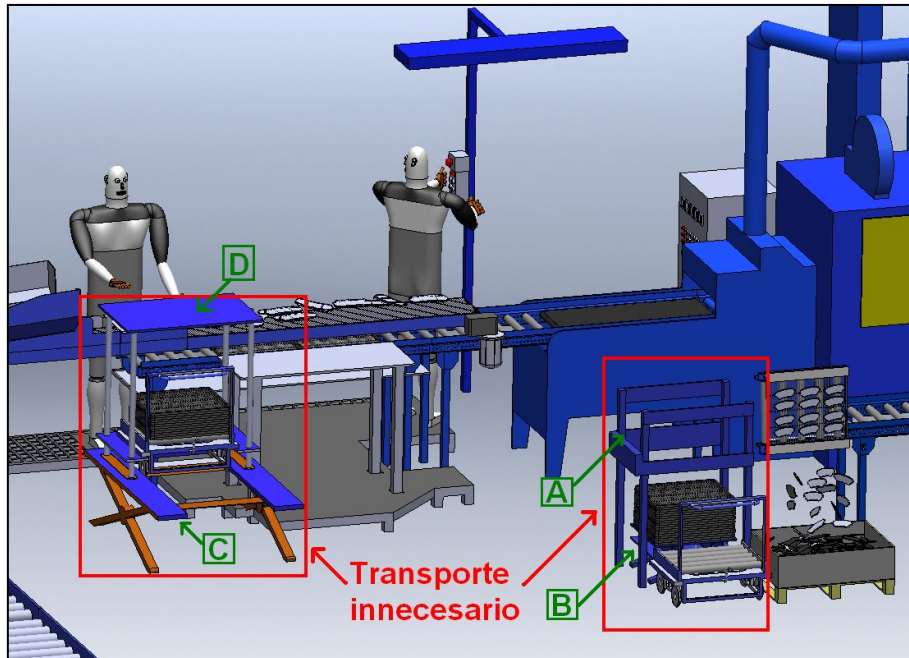


Imagen 65. El transporte de la bandeja de A hasta D es innecesario.

El desplazamiento del carro realizado por el coordinador es una *muda*, una acción que no añade valor al producto, por lo tanto debe ser eliminado, o sustituido por otra acción más productiva.

Este desplazamiento, realizado por el coordinador, comprende las siguientes operaciones:

- Accionar el empuje en A de las bandejas y sujetar el carro para el paso de las bandejas de B al carro (5 seg.)
- Transporte del carro de B a C (20 seg.)
- Retirar el carro vacío de C y dejarlo a un lado mientras se encaja el lleno (10 seg.)
- Colocación del carro lleno en C (5 seg.)
- Transportar el carro vacío de C a B (10 seg.)
- Mientras en B se vuelven a depositar las bandejas hasta llenar el máximo, el coordinador se dedica a colocar soportes en bandejas, comprobar la calidad de encolado y granallado, etc.
- Tiene que estar pendiente de B para que los carros se lleven con la máxima carga, evitando más desplazamientos si está a media carga.

En total, son 50 segundos al desplazamiento. Calculemos ahora, cuántos desplazamientos se hacen, para justificar esta pérdida, y así mi propuesta:

Gracias a la hoja de datos Excel, creada para la introducción de datos de producción en la sección de granallado-encolado. Podemos saber cuántos desplazamientos del carro de bandejas se producen al turno. Hacemos el cálculo de la siguiente manera:

1	A	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
2	FECHA	Pz / Bandeja	Tiempo Oper.Netto (ok)	Tiempo Oper.Netto (nok)	Total bandejas	ORDEN	UDS	PIEZAS	ARTICU	
3	01-01-14		=SI.ERROR(REDONDEAR.MAS(G3/J3;0);"")					ok		

Imagen 66. Fórmulas empleadas en la casilla TOTAL BANDEJAS de OEE-Granallado(2014).xlsx

Las bandejas totales al turno se calculan con una fórmula de Excel "SUMATORIO" de la casilla TOTAL BANDEJAS, en cada una de las órdenes de trabajo realizadas al turno.

La media de bandejas realizadas al turno en febrero, marzo, abril y mayo, que son todos los datos introducidos en la base de datos de Excel hasta ahora, es de 912 bandejas al turno.

El carro se llena con 15 bandejas, por lo que al turno, se realizan 60 desplazamientos.

Esto hace que el operario esté transportando carros de bandejas 60 veces a 50 seg., 50 min al turno.

El operario realiza una operación que no añade valor al producto, y la empresa a su vez, pierde dinero, porque el trabajo realizado en esos 50 min al turno no es productivo.

Según un informe realizado por Adecco, el sueldo medio de un operario de fábrica en temas relacionados con la automoción, se encuentra entre los 14.000 a 19.000 euros, dependiendo de la zona geográfica.

Suponiendo que el sueldo que percibe el coordinador de la sección granallado-encolado de SigmaBrakes es la media de la cantidad anterior, aproximadamente unos 16.500 euros al año, obtenemos que el coste por operario a la hora es de 8,59 euros a la hora.

TURNO	DÍA	MES	AÑO	SALARIO/h	PÉRDIDAS €/AÑO
0,83 h/turno	2,5 h/día	75 h/mes	900 h/año	8,59 €/h	7.731 €/año

Tabla 4. Resumen de las pérdidas acumuladas a lo largo de un año.

Extrapolando esos 50 min perdidos al turno, se convierten en unas pérdidas anuales de 7.731 euros al año.

Para esta propuesta, los siguientes elementos serán descartados del lugar de trabajo:

- Los dos carros de bandejas.
- Acumulador de bandejas.
- Elevador de carros.

Se creará una curva de camino de rodillos como la ya instalada en la salida de bandejas tras el encolado.

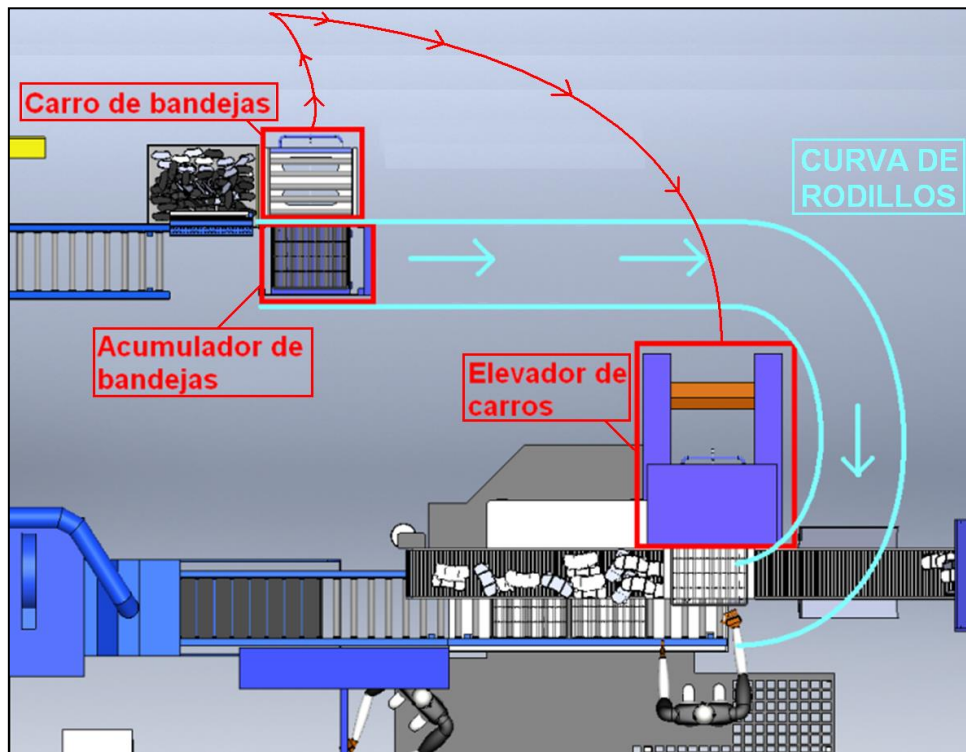


Imagen 67. Vista desde planta del recorrido del carro (en rojo) y el de la futura curva (azul).

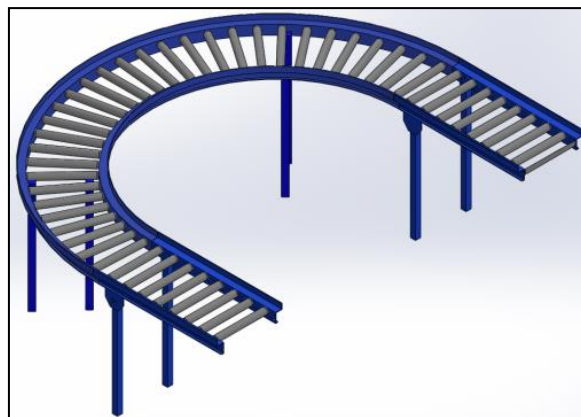


Imagen 68. Curva de rodillos adecuada para crear un circuito de bandejas.

Los planos de esta curva de rodillos se encuentran en el Anexo "Planos"

Por tanto, la salida de bandejas y la entrada comunicarían mediante un camino de rodillos, creándose así un circuito de bandejas y evitando el innecesario transporte por parte del coordinador sustituyéndolo por otras tareas más productivas, como es la colocación de soportes en bandejas, aumentando el parámetro de Eficiencia en el OEE, por lo que las ventajas serían visibles en nuestra hoja de cálculo.

El número de bandejas que se introducirían aprovechando esos 50 min al turno (3000 segundos), si una bandeja se introduce en 10,51 segundos, como hemos calculado previamente, sería de 285 bandejas.

Se aumentaría así un 31,29% el número de bandejas introducidas. Esta mejora se reflejaría en el Overall Equipment Efficiency.

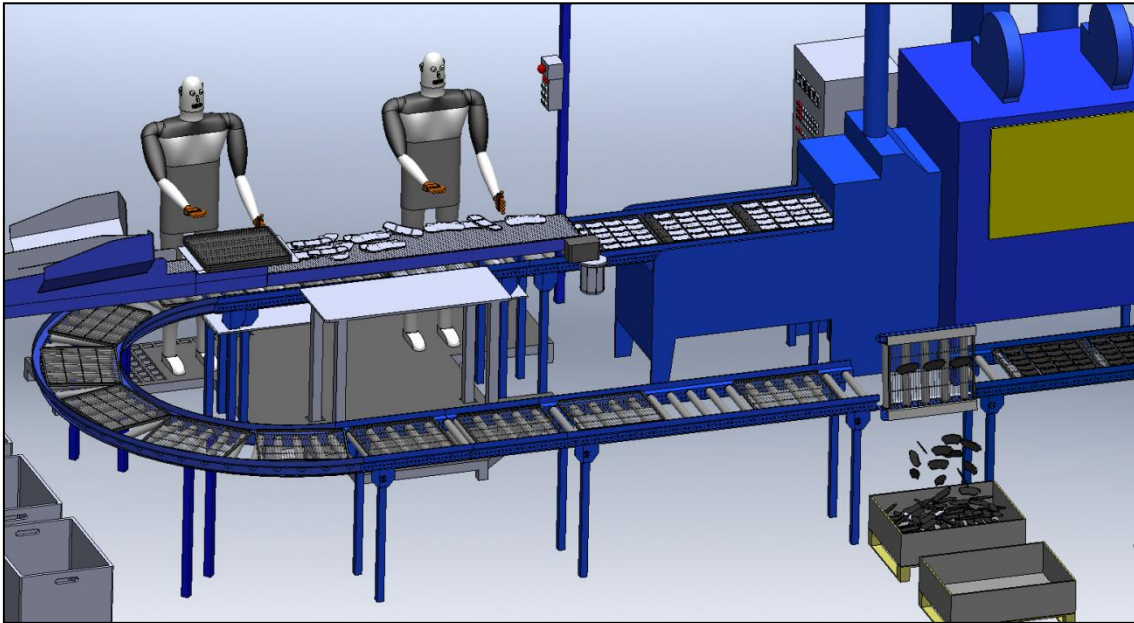


Imagen 69. Vista de la instalación realizada en SolidWorks.

Una vez fuese instalado esto, hay que ir más allá, dado que en un primer momento el obstáculo que surgía es la de la imposibilidad por parte del coordinador a pasar al interior de este circuito creado, para sus tareas obligatorias como son el control de granallado y encolado, por lo que a partir de aquí se conciben dos ideas para el acceso de el coordinador a esta zona.

Estas dos soluciones han sido plasmadas a continuación, en la PROPUESTA DE MEJORA 1.1. y la PROPUESTA DE MEJORA 1.2.

PROPUESTA DE MEJORA 1.1. INSTALACIÓN DE ESCALERA PARA PERMITIR EL PASO AL COORDINADOR AL PASILLO DEL GRANALLADO-ENCOLADO

La escalera que permite el acceso al coordinador estará habilitada en la zona donde se ha instalado la curva de rodillos.

La estructura de esta escalera vendrá dada para salvar la altura del camino de rodillos que es de 1 metro y el ancho de 0,540 m.

Según la NTP 404: Escaleras fijas (Nota Técnica de Prevención, uso no obligatorio) define las escaleras fijas de servicio, como aquellas que se emplearán para accesos ocasionales y por personas autorizadas.

La normativa adecuada para el diseño de una escalera tiene las siguientes pautas:

- Inclinación 45°-60°
- Distancia vertical de peldaños 20-30 cm
- Huella mínima 15 cm
- Ancho libre mínimo 60 cm
- Altura pasamanos 90 cm

Cumple los requisitos necesarios determinados por esta Nota Técnica de Prevención, inclinación, la distancia vertical entre peldaños, huella, ancho y altura del pasamanos.

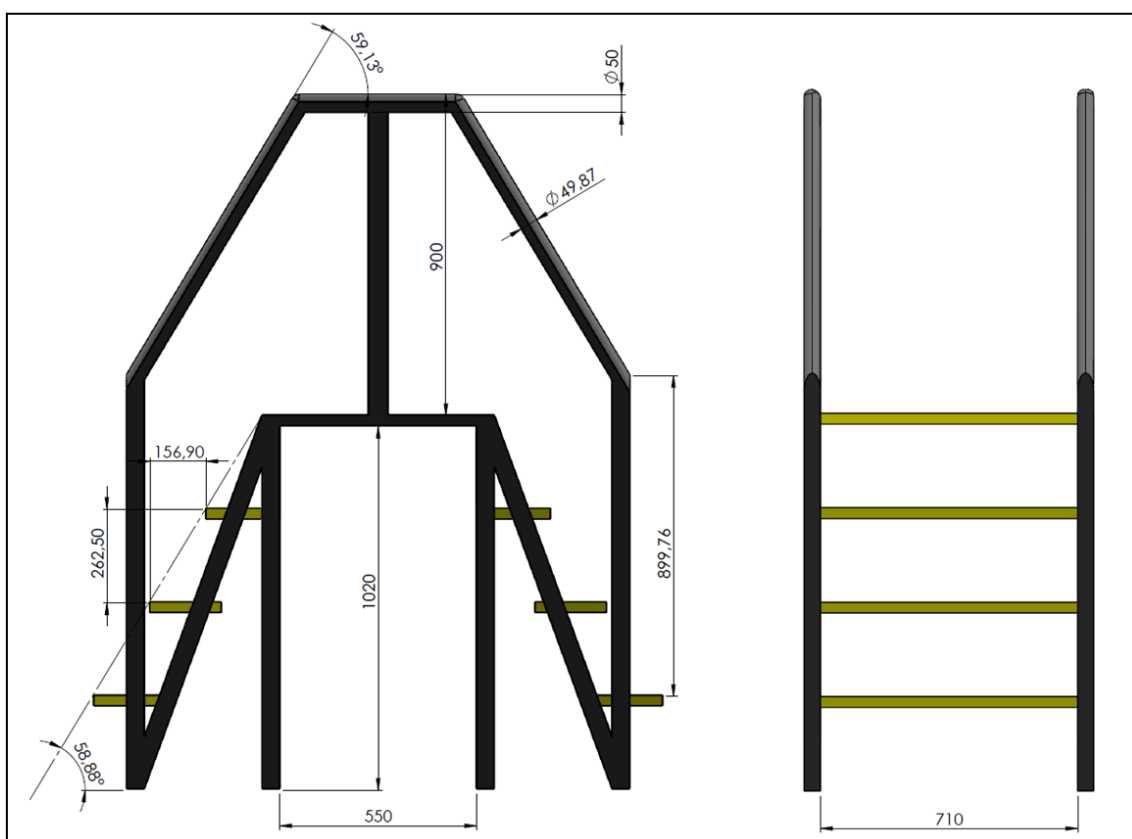


Imagen 70. Medidas del diseño de la escalera que concuerdan con la NTP 404.

También se ha tenido en cuenta el color del borde del peldaño, de color amarillo, para que llame la atención y sirva como sistema de señalización al coordinador cuando se disponga a utilizarlas. El diámetro del pasamanos también respeta la normativa.

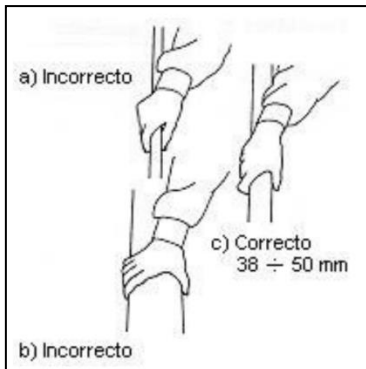


Imagen 71. Diámetro adecuado del pasamanos, extraído directamente de la NTP 404

Todos los peldaños son uniformes, así como la superficie, que será antideslizante para evitar resbalones por parte del coordinador, que recordemos, es la única persona autorizada para acceder al pasillo de granalladora, de modo que se evaluará si debe realizar un cursillo de formación.

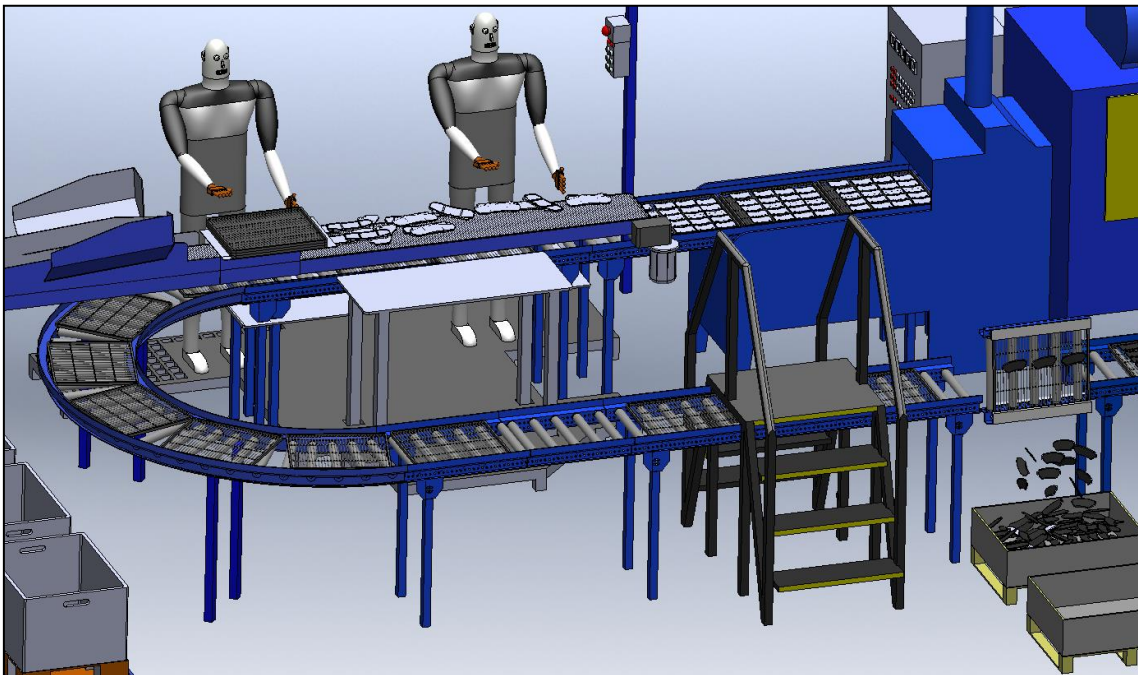


Imagen 72. Representación de la escalera en SolidWorks.

PROPUESTA DE MEJORA 1.2. ZONA HABILITADA EXCLUSIVAMENTE AL COORDINADOR PARA PASAR MEDIANTE ELEVACIÓN DE UNA SECCIÓN DEL CAMINO DE RODILLOS

Otra opción para que el coordinador pueda acceder al pasillo interior del granallado-encolado es el de habilitar una zona del camino de rodillos que sea levadiza, y le permita el paso.

Al igual que el caso anterior, el coordinador será la única persona autorizada para entrar por esa franja, por lo tanto, en el caso de instalarse, recibiría la formación pertinente para evitar posibles fallos, descuidos y lesiones.

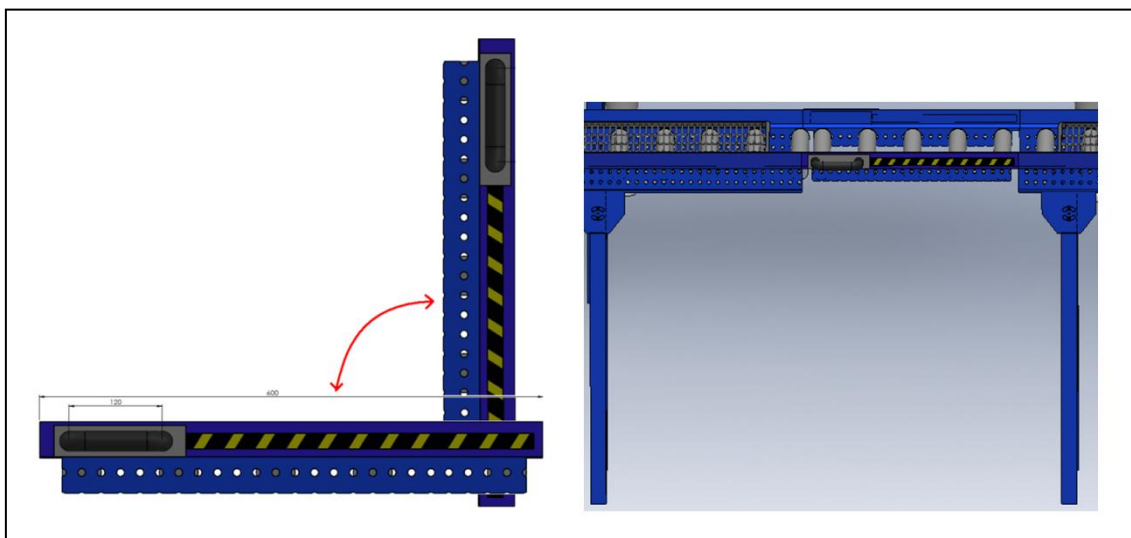


Imagen 73. Sección pasadizo mediante levantamiento.

Dentro de esta propuesta, surgen inmediatamente nuevos planteamientos:

- Estará fabricado de un material más ligero que el acero, además vendrá señalizado debidamente.
- Para facilitar la labor al coordinador de levantar y bajar ese corte del camino de rodillos, pueden instalarse dos pistones a ambos lados, y así ayudar a levantar y reducir la carga.
- Otra disyuntiva generada es que los rodillos de esa zona no tendrán la misma transmisión de cadenas y piñones que los inmediatamente posterior y anterior, debido a que al levantarse se pondría en peligro el mecanismo de la correa causando daños. De modo que se valoran dos alternativas:
 - o Que sean rodillos que no giren solidarios a ninguna transmisión, sino libres, así pues, las bandejas serán desplazadas por la inercia de los rodillos anteriores, y por el empuje de las bandejas previas.
 - o Que exista una transmisión para hacer mover a esos cinco rodillos que dan acceso al pasillo interior. Pero esto se descarta porque solo deberían funcionar cuando se encuentren horizontalmente, y no al ser levantados, además el que haya una transmisión implica un motor, lo que aumentaría el peso del levantamiento.

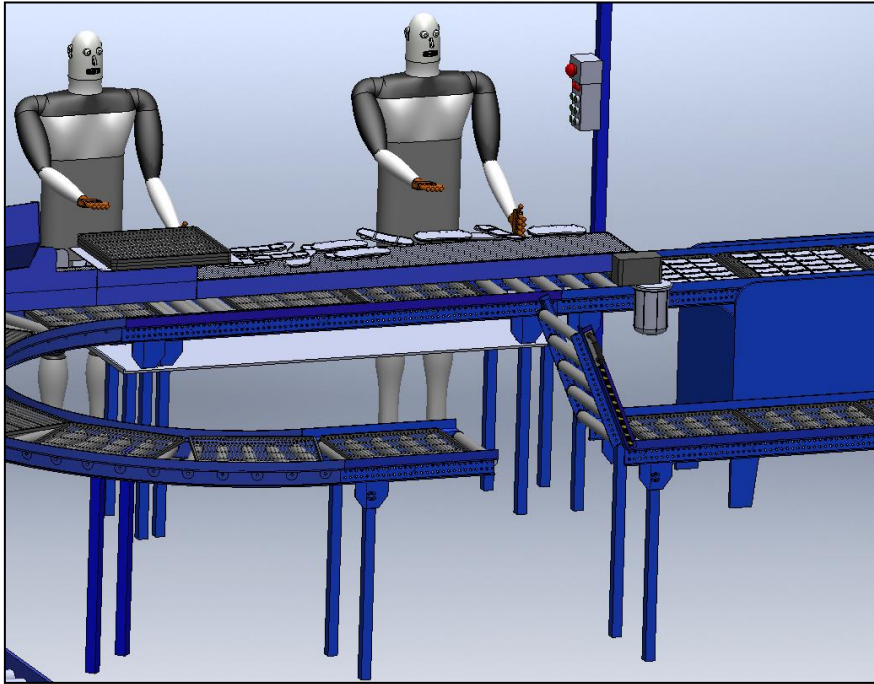


Imagen 74. Representación de la zona en la que se instalaría.

PROPUESTA DE MEJORA 2. INSTALACIÓN DE UNA SEÑAL VISUAL PARA EVITAR SACAR CARROS DE BANDEJAS SEMILLENOS.

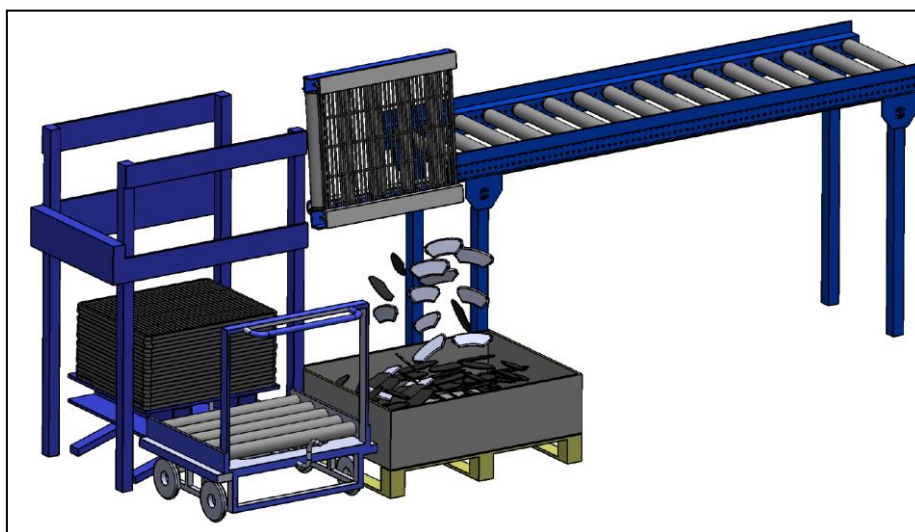


Imagen 93. Carro de bandejas vacío a la espera de ser llenado por el coordinador, activando el mecanismo que empuja las bandejas almacenadas.

Una de las mermas que afectan al Overall Equipment Efficiency, y que se ha analizado mediante observación, es la siguiente:

El coordinador traslada el carro de bandejas medio lleno, o semivacío en algunos casos. A continuación veremos cómo incide esto en los tiempos perdidos, mermando así el Overall Equipment Efficiency.

Como ya hemos visto en la *imagen 65*, el coordinador es el encargado de transportar el carro de bandejas desde el almacenador hasta el levantador de bandejas, una distancia de 3.2 metros en línea recta, calculada con la herramienta de SolidWorks “medir” dentro de la pestaña *calcular*. Contando con la curva que realiza para que encaje el carro con el levantador de carros, nos da una distancia de 3.5 metros.

Esta distancia es recorrida a la ida, y otra vez a la vuelta, para colocar el carro vacío enfrente del almacenador (*imagen 90*). Según los cálculos de la “PROPUESTA DE MEJORA 1” el tiempo en cada desplazamiento (ida y vuelta) son 50 segundos.

Si se realizan, de media, 912 bandejas al turno, y en cada desplazamiento se emplean 50 segundos que no agregan valor al producto, tendríamos que:

Bandejas/carro	Desplazamientos	Tiempo perdido al turno (seg)	Tiempo perdido al año (horas)	Pérdidas al año
8	114	5700	1710	14.688,90 €
9	102	5100	1530	13.142,70 €
10	92	4600	1380	11.854,20 €
11	83	4150	1245	10.694,55 €
12	76	3800	1140	9.792,60 €
13	71	3550	1065	9.148,35 €
14	66	3300	990	8.504,10 €

Tabla 6. Pérdidas al año calculadas según el nº de bandejas transportadas en el carro.

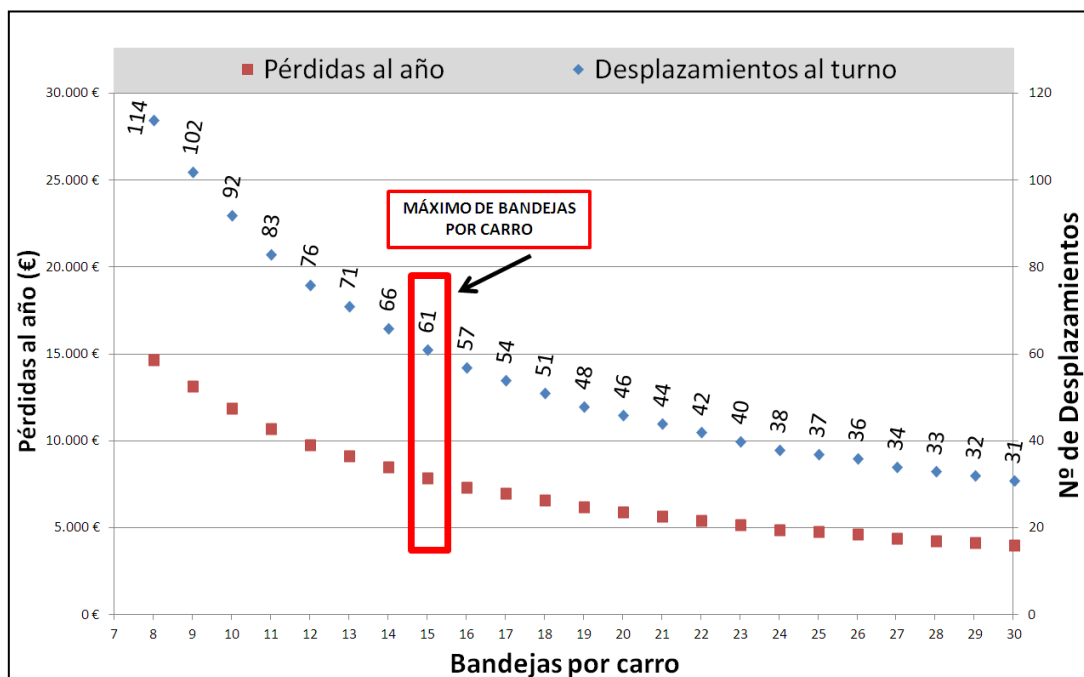


Imagen 94. Representa los valores de la Tabla 6.

La interpretación de esta gráfica vendría dada de este modo:

- El nº máximo de bandejas que caben en el carro son 15, por cuestiones relacionadas al grosor de la bandeja (*Imagen 44*) y el espacio disponible del carro para transportarlas.
- Se ha observado que el coordinador traslada el carro de bandejas por debajo de este número, lo que gracias a la gráfica se observa como al acercarnos a la izquierda se incrementa el nº de desplazamientos, por lo que también lo hace las pérdidas al año.

ALTERNATIVA 1.

Señalización visual, hasta que no llegue a los límites en color amarillo, no podrán sacarse las bandejas almacenadas.



Imagen 95. Técnica kanban basada en señales.

ALTERNATIVA 2.

Aumentar la capacidad del carro, para que quepan mayor nº de bandejas, así aprovechar los desplazamientos realizados al máximo.

Según la gráfica de la *imagen 91*, al tender a la derecha, así aumentando el nº de bandejas que entran por carro, se reduce las pérdidas al año, puesto que se reducen los desplazamientos. Pero estas pérdidas no desaparecen, sino que se estabilizan en 4.000€.

PROPUESTA DE MEJORA 3. COLOCACIÓN DE FOTOCÉLULA EN EL VOLTEADOR DE SOPORTES PARA AUTOMATIZAR LA ENTRADA DE LA GRANALLADORA.

La propuesta de mejora 3 se argumenta mediante el estudio de tiempos de las acciones que realiza el operario al inicio de la granalladora para mantener cargada la cinta transportadora con soportes, para su posterior colocación en bandejas.

Previamente, explicaré el proceso que se sigue para mantener la cinta transportadora cargada con soportes, y por consiguiente, las bandejas cargadas con soportes.

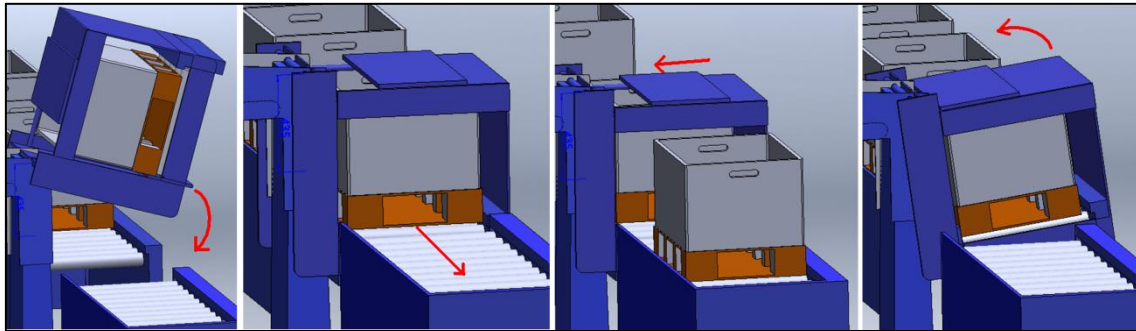


Imagen 75. Secuencia del levantador de cubos desde que baja el cubo vacío hasta que sube el siguiente lleno.

Una vez el cubo está vacío (todos los soportes del cubo han caído a la cinta transportadora), el operario pulsa el botón RETORNO y CERRAR a la vez para que baje el volteador y se accione la siguiente secuencia de operaciones:

- Al estar abajo, suelta el cubo vacío.
- El cubo vacío avanza por los rodillos, también avanza el cubo lleno.
- Se posiciona el cubo lleno, se cierra la tapa.
- El cubo lleno está listo para ser levantado y volteado.
- El cubo asciende y está listo para repetir la acción y vaciar el cubo sobre la cinta transportadora.

Los movimientos accionados por el operario al inicio de la granalladora, y que se busca automatizar, son:

- Abrir/cerrar la tapa del volteador.
- Volteo/retorno del cubo.
- Marcha/paro de la cinta transportadora de soportes.

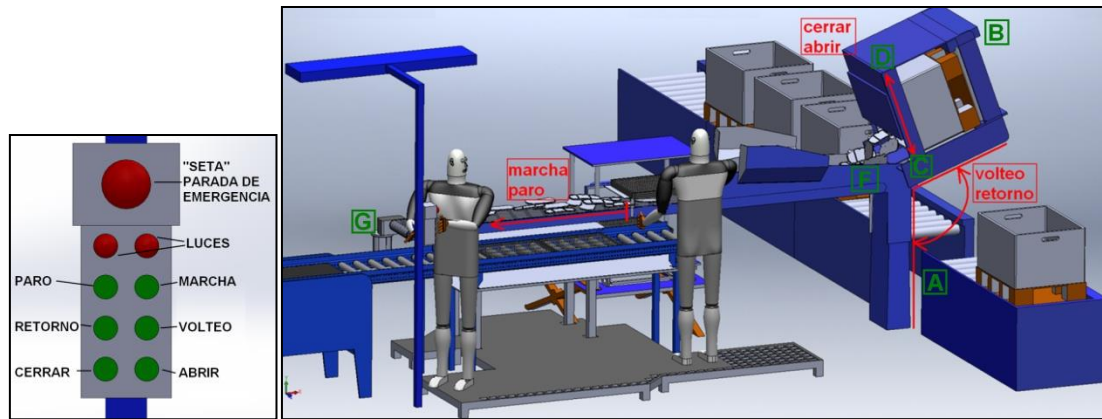


Imagen 76 y 77. Panel de mandos y su función.

Los tiempos desaprovechados que el operario emplea, y que a continuación analizaremos, deben ser eliminados, puesto que no añaden valor al producto:

- El cubo se encuentra en posición a 120°, listo para volcar soportes.
- Se abre la compuerta de C hasta D (10 seg.), el operario mantiene pulsado esos 10 segundos controlando la cantidad de soportes que caen. La presión que ejercen los soportes en la compuerta hace que ésta tenga que sobreponerse a esta presión.
- Trasladar la cinta de F hasta G, para llenar la cinta con soportes (20 seg.), 2 veces por cubo. El operario no mantiene pulsado esos 20 segundos, sino que se da la vuelta, pulsa y vuelve a la posición para colocar soportes (3 seg.).
- Retorno del cubo vacío de B hasta A (20 seg. al estar vacío tarda menos), el operario gira para pulsar a la vez RETORNO y CERRAR y se coloca otra vez para colocar soportes en bandejas (3 seg.).

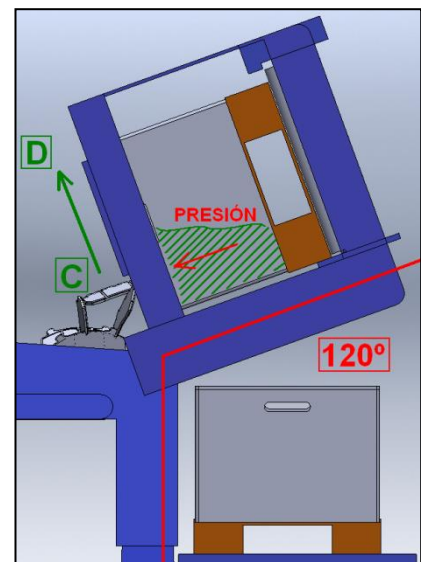


Imagen 78. Presión ejercida por los soportes al levantar el cubo a 120° con la compuerta cerrada.

Como el vaciado del cubo se realiza con dos llenados de la cinta transportadora de soportes, analizaré los tiempos que el operario destina a operaciones que no son la de colocar soportes en las bandejas, no añadiendo así, valor al producto.

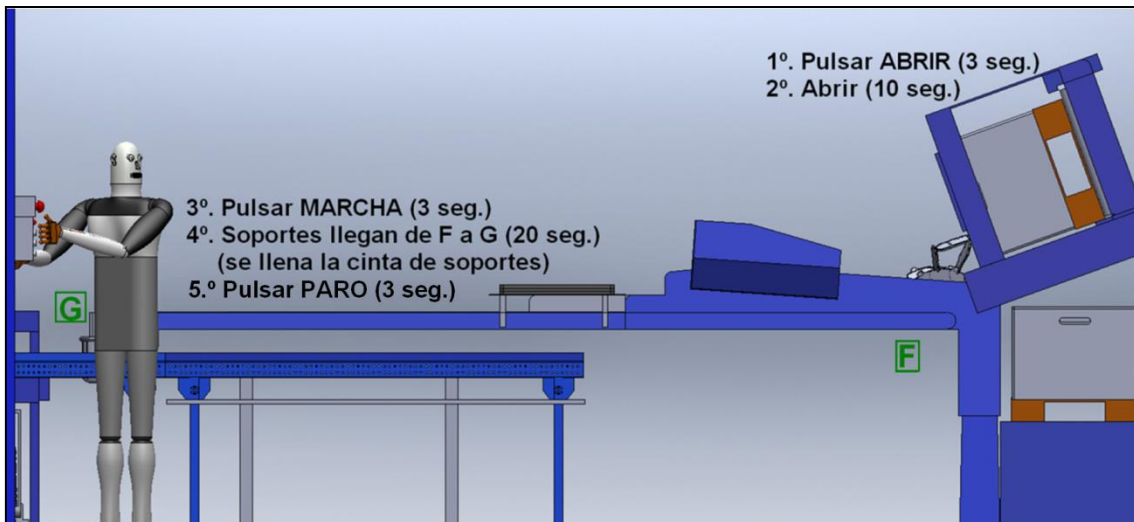


Imagen 79. Tiempos en el primer llenado de la cinta.

La cinta se encuentra vacía, como vemos en la imagen, así que desde que el cubo está listo para ser vaciado, se acciona la cinta, la cinta se completa de soportes, y se para la cinta, transcurren 39 segundos (tiempo a eliminar).

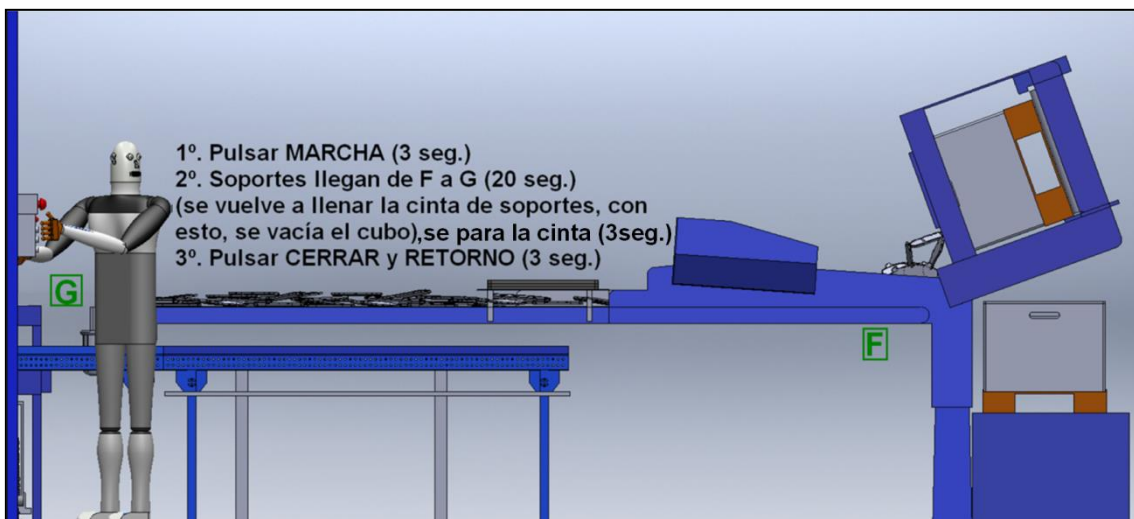


Imagen 80. Tiempos en el segundo llenado de la cinta.

En el segundo llenado de la cinta, y con el cubo ya vacío, el operario pulsa RETORNO y CERRAR para que el siguiente cubo se coloque en posición para ser vaciado, mientras tanto se realiza la operación de la imagen. Este tiempo que transcurre en que el cubo vacío se sustituye por el cubo lleno no se contabiliza, ya que se solapa con el tiempo empleado en colocar bandejas en la mesa de rodillos, y en colocar soportes en éstas. Tiempo a eliminar: 29 segundos.

OPERACIÓN	“MARCHA”	“PARO”	ABRIR/ ERRAR”	CERRAR ETORNO”	y “ESPERA EN LLENADO”	TOTAL
TIEMPO (seg.)	3+3	3+3	3+10	3	20+20	68 seg.

Tabla 5. Resumen de la suma de los tiempos totales del vaciado de un cubo (primer y segundo llenado).

En total, 68 segundos por cubo empleados en pulsar botones, esperar a que se llene la cinta, y abrir y cerrar la compuerta, en definitiva, operaciones que deben ser eliminadas, o por lo menos, reducidas.

Gracias a la hoja de cálculo OEE, puedo contabilizar la media de cubos que se realizan por turno, que son 40, aproximadamente.

Esto hace que el operario realice al turno esta operación durante 2720 segundos (0,755 h/turno).

Calculamos las pérdidas, o tiempo que el operario no está siendo productivo.

TURNO	DÍA	MES	AÑO	SALARIO/h	PÉRDIDAS €/AÑO
0,75 h/turno	2,27 h/día	8 h/mes	816 h/año	8,59 €/h	7.009 €/año

Tabla 6. Resumen de las pérdidas a lo largo de un año.

La automatización en la entrada supondrá que el operario sea más productivo. Se colocarán sensores fotoeléctricos en F (final de la cinta transportadora) y en G (inicio de la cinta transportadora).

Los sensores fotoeléctricos, también llamados ópticos, son utilizados ampliamente en procesos industriales, están diseñados especialmente para la detección, ausencia, clasificación y posicionado de objetos. Algunas aplicaciones en puertas de ascensores y garajes están a la orden del día. Distinguimos entre:

- Sensor de barrera. Compuesto de emisor (emite haz de luz) y receptor (lo recibe), el objeto a detectar es reconocido cuando (el mismo) interrumpe el haz de luz.

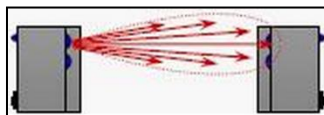


Imagen 81. Sensor de barrera.

- Sensor Réflex. Concentran en un solo bloque el emisor y receptor, siendo más fácil su instalación, aunque requiere un dispositivo reflector. Se suele emplear un sistema catadióptrico que tiene la propiedad del triado trirectangular, el cual refleja la luz en la misma dirección en la que llega. El trayecto que recorre el haz de luz es el doble que en el caso anterior.

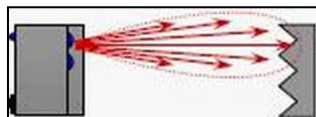


Imagen 82. Sensor réflex.

- Sensor Autoréflex. Es el propio objeto a detectar el que actúa como elemento reflector, lo cual simplifica la instalación, pero por el contrario, dispone de menor distancia de detección.

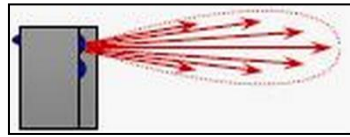


Imagen 83. Sensor autoréflex.

Para la automatización en la entrada de soportes de la granalladora, es decir, que no sea necesario que el operario emplee un minuto (68 segundos) por cubo en lo anteriormente mencionado en el análisis, y que se haga automáticamente, se instalarán dos sensores, uno donde se descarga el cubo, y otro al final de la cinta transportadora.

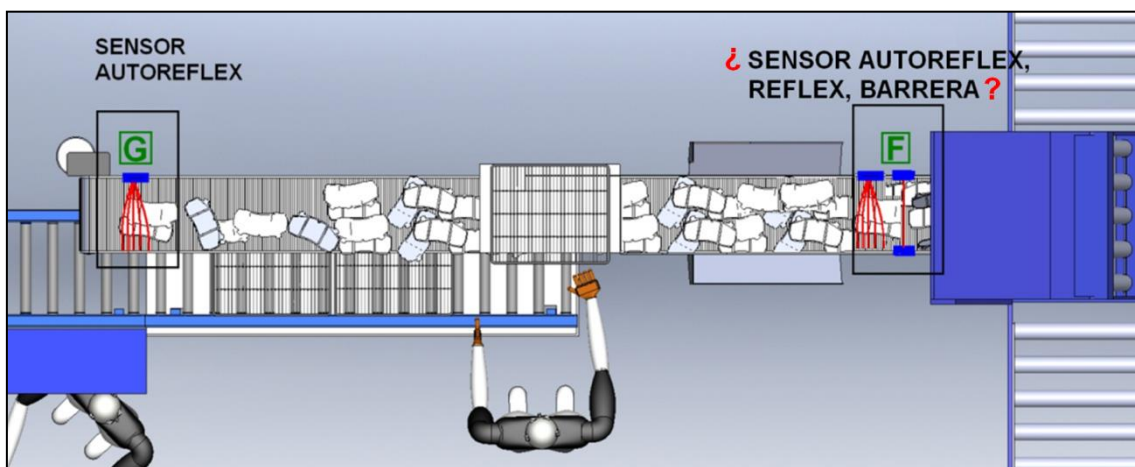


Imagen 84. Lugar de colocación de los sensores en la entrada de la granalladora.

La elección en G está clara, se necesita un sensor autoréflex, que no dispone de dos elementos, sino de uno, e instalado al lado contrario de donde está el operario, no dificultándole cuando selecciones y agarre los soportes que quedan al final de la cinta.

En F es indiferente, por lo que optaremos por el autoréflex, para homogeneizar el proceso, e instalar iguales sensores, así como sus soportes, cableado, etc.

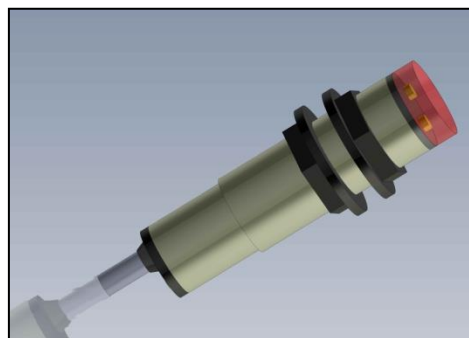


Imagen 85. Sensor autoréflex.

PROPUESTA DE MEJORA 3.1. SENSOR EN G (FINAL DE LA CINTA): AUTOREFLEX

El sensor autoréflex, actuará con respuesta “todo o nada”, de la siguiente manera:

- Si detecta soportes, la cinta transportadora se parará, puesto que la cinta estará llena de soportes.
- Si no detecta soportes, la cinta transportadora avanzará, hasta que detecté y realice la operación anterior.

Por lo que la cinta estará cargada con soportes constantemente, así sustituimos el tiempo en que el operario tiene que esperar a que la cinta se cargue, y el tiempo en darse la vuelta y pulsar los botones.

Con esto, el operario no tiene que preocuparse en pulsar botones para que la cinta transportadora avance, así hemos eliminado los dos botones de PARO y MARCHA del panel (*Imagen 76*).

En MARCHA, PARO y ESPERA DEL LLENADO se destinaban 52 segundos, por cubo, que han sido eliminados, y sustituidos en la colocación de soportes, lo que aumentará el parámetro de eficiencia del Overall Equipment Efficiency.

Calculo las bandejas que se introducirían en lugar de que el operario utilice esos 52 segundos en actividades que no añaden valor al producto.

$$52 \text{ segundos/cubo} \cdot 40 \text{ cubo/turno} = 2080 \text{ segundos/turno}$$

En esos 2080 segundos (a 10,51 segundos/bandeja) se pueden introducir 200 bandejas.

Si la media de bandejas al turno es de 912 bandejas, se aumentaría esta cantidad en 200, haciendo un total de 1112 bandejas al turno, aumentaría al 20% el número de bandejas introducidas.

Esta mejora quedará reflejada en el Overall Equipment Efficiency.

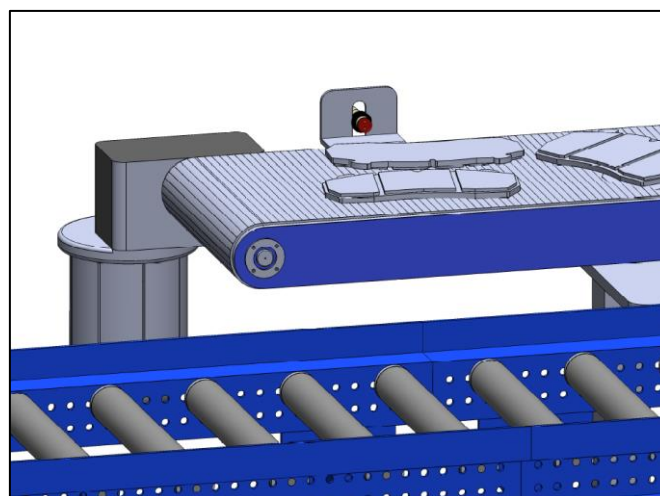


Imagen 86. Instalación de un sensor autoréflex al final de la cinta transportadora.

PROPUESTA DE MEJORA 3.2. SENSOR EN F (INICIO DE LA CINTA): AUTOREFLEX

El objetivo de la instalación de este sensor es abastecer constantemente a la cinta transportadora con soportes, no como hasta ahora, que se suministra en dos llenados de cinta.

Además la compuerta se eliminará, por lo que el primer ángulo en que el cubo se va a situar es de 70° , y el último 118° , el ángulo adecuado para el completo vaciado del cubo.

El sensor de barrera, no funcionará como “todo o nada”, sino que, según si detecta o no detecta, variará la posición (el ángulo del levantador de cubos):

- Al estar vacío descenderá y cogerá el siguiente cubo, como hasta ahora.
- De 0° pasará a 70° . Recordemos que ya no hay compuerta, por lo que a 70° ya hay soportes que caerán a la cinta.
- Si no detecta soportes en el sensor (recordemos que la cinta estará continuamente en movimiento para mantenerse cargada constantemente), ascenderá 6° .
- Si a 76° no detecta ascenderá otros 6° , así hasta llegar a 118° .

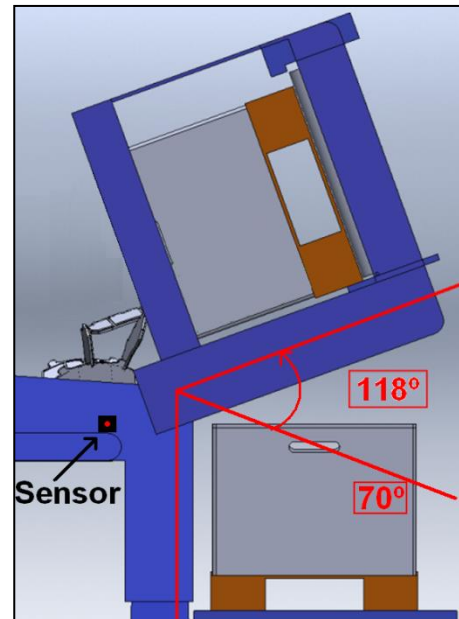


Imagen 87. Colocación del sensor y ángulos mínimo y máximo en que caen soportes.

Para ello, existen 3 posibles alternativas, para que el volteador de cubos, diferencie cuándo está situado en 70° (ángulo mínimo) y cuándo esté a 118° , así como las subdivisiones a 6° para mantener la cinta cargada constantemente.

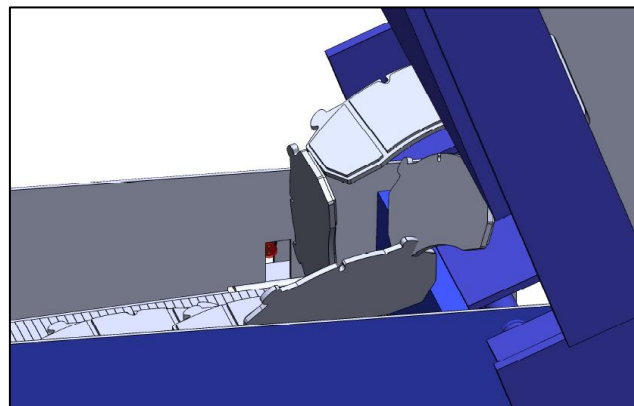


Imagen 88. Instalación de un sensor autoréflex al inicio de la cinta transportadora.

ALTERNATIVA 1. DISEÑO DE UN PLATO CON SENSORES INSTALADOS A 6° DESDE 70° HASTA 118°.

Diseño de un plato con sensores para que el levantamiento sea gradual, cada 6° con respecto a la vertical.

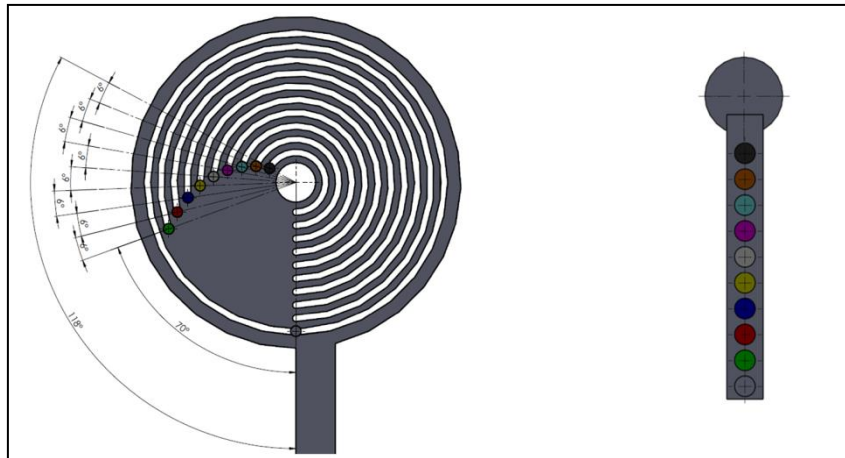


Imagen 89. Elemento móvil que gira en sentido antihorario (izda.) y fijo (dcha.), ambos se sitúan en el mismo eje.

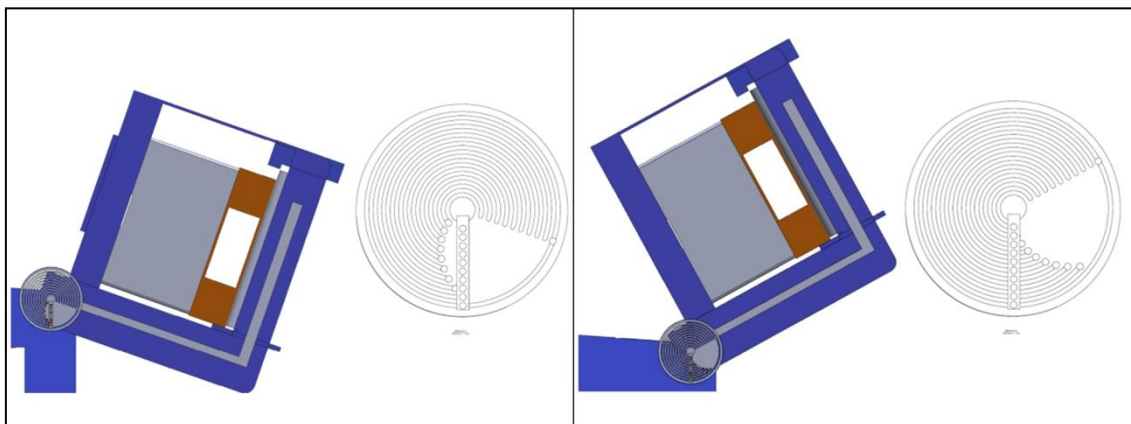


Imagen 90. Volteador posicionado en 70° (izda.) y en 118° (dcha.).

Los colores en los sensores son simbólicos, para entender mejor el funcionamiento, que será del siguiente modo:

- Sensor gris enfrentado a sensor gris, posición: 0°.
- El levantador de carros, levanta el cubo lleno, gracias a la acción de dos pistones hidráulicos, hasta 70°, volcando los primeros soportes. El plato gira antihorariamente hasta que se enfrentan los siguientes sensores, verde con verde, posición: 76°.
- Al estar en movimiento la cinta, esos soportes caen fuera de la zona del sensor, por lo que el plato se acciona otra vez girando en sentido antihorario, hasta que se vuelven a encontrar los siguientes sensores, rojo con rojo, posición: 82°.
- Así continuamente hasta que se enfrentan el negro con el negro, posición 118°.

ALTERNATIVA 2. INSTALACIÓN DE UN TEMPORIZADOR CONECTADO A LOS PISTONES HIDRÁULICOS.

Instalar un temporizador conectado a los pistones hidráulicos que levantan el cubo, y de este modo:

- Si el sensor no detecta soportes, activa los pistones hidráulicos un determinado tiempo (uno o dos segundos, por ejemplo).
- Para ello, deberemos asociar el tiempo que el cubo sube, a la inclinación que toma en ese tiempo.

Tras la toma de tiempos, asociaremos que cada 2 segundos que los pistones hidráulicos están activados, el cubo se mueve aproximadamente 6° , los ángulos deseados para que al no detectar soportes, se incline esos grados para volver a volcar soportes.

De esta manera, se crea un flujo constante de soportes en la cinta transportadora.

PROPUESTA DE MEJORA 4. COLOCACIÓN DE OTRA MESA DE RODILLOS A LA ENTRADA DE LA GRANALLADORA PARA DEPOSITAR BANDEJAS EN CASO DE PARADA DE LA MÁQUINA.

En caso de parada de la máquina, la cinta donde se colocan las bandejas con soportes, se detiene, por lo que el operario, una vez que ha llenado la mesa de rodillos con bandejas llenas de soportes, cesa en su actividad. Por lo que se desperdicia tiempo que puede ser aprovechado.

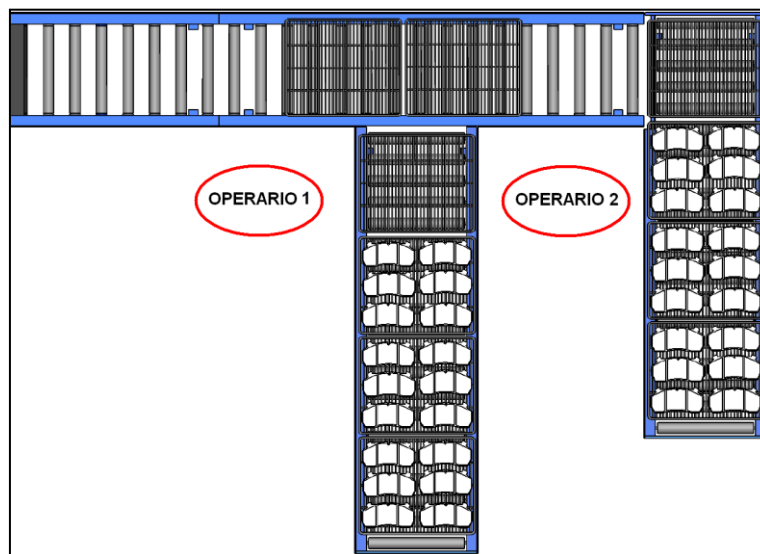


Imagen 91. Posición de los operarios en los carriles verticales.

La instalación de una mesa extra o auxiliar, permitirá a los operarios seguir acumulando bandejas, para que cuando el microparo o parada de la máquina haya terminado, lo único que haya que hacer sea empujar las bandejas llenas de soportes al inicio de la cinta del granallado.

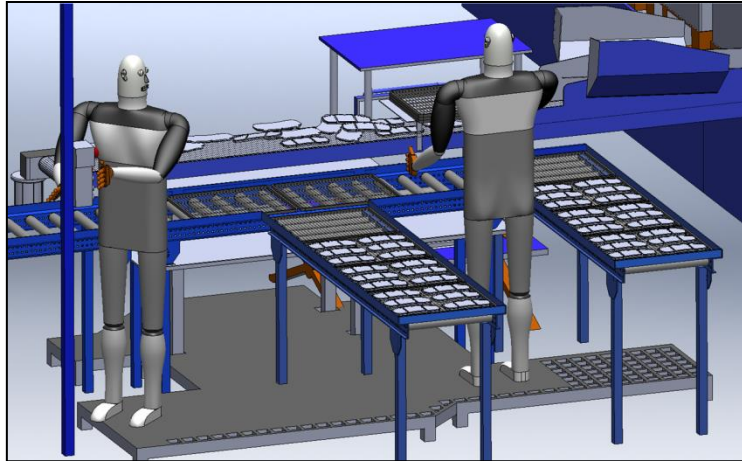


Imagen 92. Representación tridimensional en SolidWorks.

Estas dos nuevas mesas de rodillos, verticales a la dirección, contarán con las medidas apropiadas para que quepan las bandejas en horizontal (del mismo modo que se sitúan en la mesa original).

Estas mesas pueden ser elementos fijos en la máquina, ya que no impiden ninguna de las funciones que realizan habitualmente ambos operarios, o por otro lado, pueden colocarse circunstancialmente cuando la máquina registre paradas ocasionales, siendo esta mesa del tipo plegable o desmontable.

PROPUESTA DE MEJORA 5. AMPLIACIÓN DE PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN EL PARTE DE PRODUCCIÓN ENTREGADO AL COORDINADOR.

Gracias al tiempo empleado en observar el funcionamiento de esta sección, se han apreciado otras causas que restan tiempo, y no añaden valor al producto.

Para que queden plasmadas en nuestra hoja de datos Excel para el cálculo del Overall Equipment Efficiency será necesario que aparezca en algún sitio de la hoja de incidencias.

Con esta propuesta se ha conseguido modificar el parte de incidencias mostrado en la *imagen 59 (página 72)*, después de su creación, y con el visto bueno del personal de Calidad, se convertirá en la hoja de incidencias que será entregada al inicio del turno al coordinador.

		CONTROL PRODUCCIÓN GRANALLADO-ENCOLADO								Página: 2 de 2	
										Nº Revisión: 02	
										Fecha: 23/09/10	
		6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	OBSERVACIONES	
INCIDENCIAS		14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	19 - 20	20 - 21	21 - 22		
		22 - 23	23 - 00	00 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6		
PARADA PROGRAMADA	GRANALLAR BANDEJAS	1									
	LIMPIEZA X Y V (TURNO TARDE)	2									
GRANALLADORA	FALTA GRANALLA	3									
	TURBINAS	4									
ENCOLADO	PISTOLA SUELTA GOTAS	5									
	NO ENCOLA/ ATASCO PISTOLA	6									
	LIMPIAR PISTOLA/FILTRO	7									
	CAMBIO/AJUSTE PEGAMENTO	8									
CINTAS / OTROS	ATASCO VOLTEADOR	9									
	PARADA/ATASCO CURVA	10									
	CINTAS-RODILLOS - CADENA	11									
	PRUEBAS MANTENIMIENTO	12									
	LIMPIAR BANDEJAS CON ESPÁTULA	13									
	OTROS	14									
		OBSERVACIONES MANTENIMIENTO					OBSERVACIONES PRODUCCIÓN				

Imagen 96. Hoja de incidencias modificada, para que las pérdidas del OEE sean más detalladas, permitiendo así un mayor análisis en las reuniones y toma de decisiones.

PRESUPUESTOS

PROPUESTA DE MEJORA 1. CURVA DE RODILLOS.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Rodillo de ø50mm y 430mm de longitud	47	14,50 €	681,50 €
Motor trifásico CA 0,37 Kw	3	295,95 €	887,85 €
Reductor Acoplado al Motor	3	95,00 €	285,00 €
Cadenas	18	11,60 €	208,80 €
Mesas metálicas rectas. Altura 880mm, Carril de 540mm y Longitud 1030mm.	2	150,00 €	300,00 €
Mesa Metálica Curva 90°. Altura 880mm, Carril de 540mm y Radio 985 mm	2	280,00 €	560,00 €
Cableado	1	250,00 €	250,00 €
Unidad de mano de obra y pequeño material	1	980,00 €	980,00 €
TOTAL			4.153,15 €

Los precios no incluyen IVA

Firmado:

Validez del presupuesto 1 mes

Tudela a 26 de Junio de 2014

PROPUESTA DE MEJORA 1.1. ESCALERA.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Peldaños 710x200x20 mm	6	35,10 €	210,60 €
Perfil Escalera de Acero	2	195,95 €	391,90 €
Perfil Suelo Escalera Acero 710x440 mm	1	95,00 €	95,00 €
Unidad de mano de obra y pequeño material	1	320,40 €	320,40 €
TOTAL			1.017,90 €

Los precios no incluyen IVA

Firmado:

Validez del presupuesto 1 mes

Tudela a 26 de Junio de 2014

PROPUESTA DE MEJORA 1.2. SECCIÓN DE RODILLOS ELEVADORA.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Rodillo de ø50mm y 430mm de longitud	6	14,50 €	87,00 €
Perfil de PVC rígido	2	19,50 €	39,00 €
Asidor de PVC rígido ø25mm	2	19,95 €	39,90 €
Pegatina reflectante 400x25mm	2	21,50 €	43,00 €
Unidad de mano de obra y pequeño material	1	280,40 €	280,40 €
TOTAL			489,30 €

Los precios no incluyen IVA
 Validez del presupuesto 1 mes
 Tudela a 26 de Junio de 2014

Firmado:

PROPUESTA DE MEJORA 3. SENSORES PARA AUTOMATIZAR LA ENTRADA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Sensores Autoréflex Siemens	2	230,50 €	461,00 €
Soporte metálico	2	19,50 €	39,00 €
Cableado	2	180,50 €	361,00 €
Selector 0-1	2	21,50 €	43,00 €
Unidad de mano de obra y pequeño material	1	280,40 €	280,40 €
TOTAL			1.184,40 €

Los precios no incluyen IVA
 Validez del presupuesto 1 mes
 Tudela a 26 de Junio de 2014

Firmado:

PROPUESTA DE MEJORA 4. COLOCACIÓN DE DOS MESAS DE RODILLOS.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Rodillo de ø50mm y 430mm de longitud	40	14,50 €	580,00 €
Mesas metálicas rectas. Altura 880mm, Carril de 540mm y Longitud 2000mm.	2	250,00 €	500,00 €
Unidad de mano de obra y pequeño material	1	650,00 €	650,00 €
TOTAL			1.700,30€

Los precios no incluyen IVA
 Validez del presupuesto 1 mes
 Tudela a 26 de Junio de 2014

Firmado:

Las propuestas de mejora no presupuestadas son la 2 (señalización kanban) y la 5 (ampliación en los detalles de la hoja de incidencia), dado que el cómputo es mínimo.

Todas las propuestas de mejora presupuestadas pueden ser llevadas a cabo e instaladas conjuntamente, y sus ventajas ya explicadas se producirían simultáneamente.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TOTAL (€)
PROPUESTA DE MEJORA 1.	1	4.153,15 €
PROPUESTA DE MEJORA 1.1.	1	1.017,90 €
PROPUESTA DE MEJORA 1.2.	1	489,30 €
PROPUESTA DE MEJORA 3.	1	1.184,40 €
PROPUESTA DE MEJORA 4.	1	1.700,30 €
TOTAL		8.545,05 €
TOTAL (+ 21% IVA)		10.339,51 €

El presupuesto total de todas las propuestas planteadas en este proyecto, asciende a DIEZ MIL TRESCIENTOS TREINTA Y NUEVE EUROS Y CINCUENTA IÚN CÉNTIMOS.

CONCLUSIONES

Siendo muy breve a modo de conclusión, estaría bien destacar que después de todo el estudio sobre la eficiencia de una línea de producción, no se trata de realizar una elevada inversión para aumentar la producción con la compra de maquinaria nueva, o exigir a los operarios que aumenten su producción por el simple hecho de que el porcentaje de Overall Equipment Efficiency sea bajo, puesto que como ya ha quedado claro a lo largo de la presente memoria de trabajo, hemos realizado el cálculo de la eficiencia de la máquina, no del rendimiento de los operarios.

En algunos casos la productividad es baja debido al proceso que se sigue en el trabajo; gracias a un estudio y análisis detallado como el del presente proyecto, en el cual se desgranar las actividades que no añaden valor al producto, queda comprobado que dichas tareas innecesarias pueden ser modificadas e incluso eliminadas, con una inversión no muy elevada que devolverá sus frutos en ahorros muy importantes y cuantiosos, aunque no en ganancias ni dividendos, aumentando la rentabilidad económica del proceso igualmente.

Conocer el límite de trabajo nos ayuda a desear acercarnos a éste, buscando siempre la mejora continua, en la que tanto se trabaja hoy día en todas las empresas de producción y servicios, y debemos proyectar esta mejora continua tanto laboralmente como personalmente, convirtiéndonos en seres competitivos, lo que hoy en día no es una opción, es una obligación en la sociedad actual en que vivimos.

No podemos olvidar que si bien hemos realizado el estudio del proceso productivo de una parte de una empresa, con objeto de mejorarlo, todo proceso está dirigido y coordinado por ingenieros o trabajadores cualificados profesionales. Los buenos profesionales podrán proyectar esta mejora continua personal en todos los ámbitos en los que trabajen, llegando a ser buenos líderes y ejemplos de procesos de cambio. Necesitamos cambios en muchos entornos tanto industriales como organizativos en nuestra sociedad, para una mejora continua de procesos, personas y resultados y optimización de la utilización de los recursos que disponemos, cada vez más escasos en muchos ámbitos.

BIBLIOGRAFÍA y WEBGRAFÍA.

LIBROS.

ATMETLLA, E., DANIEL, J. y WOMACK, J. (1996). *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa.*

COX, J. y GOLDRATT, E. (1984). *La meta: un proceso de mejora continua.*

MARTÍ OGÁYAR, J. Y TORRUBIANO GALANTE, J. (2013). *Guía Lean Managent.*

RAJADELL CARRERAS, M. y SÁNCHEZ GARCÍA, J. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad.*

FUENTES ELECTRÓNICAS.

CUATRECASAS, L. (2006). *Metodología para la implementación del Lean Management en una empresa industrial independiente y de tamaño medio.* Instituto Lean Management. Recuperado el 25 de Abril de 2014, de: http://www.institutolean.org/oldsite/articulos/0609_cuatrecasas.pdf

CUATRECASAS, L. (2010). *Producir sin parar, ¿es éste el objetivo a perseguir?.* Instituto Lean Management. Recuperado el 29 de Abril de 2014, de: <http://www.institutolean.org/oldsite/articulos/Producir%20sin%20parar.pdf>

EXOR S.P.A. (2008). *The Complete Guide to Simple OEE.* Recuperado el 18 de Marzo de 2014, de: [http://www.exor-rd.com/docs/vw121/5A55D3F673BC774EC1257481004B6C93/\\$file/The+Complete+Guide+to+Simple+OEE.pdf](http://www.exor-rd.com/docs/vw121/5A55D3F673BC774EC1257481004B6C93/$file/The+Complete+Guide+to+Simple+OEE.pdf)

GRABCAD, INC. (2009). *Helping engineering teams manage, view and share CAD files in the cloud.* Recuperado el 20 de Mayo, de: <http://grabcad.com/>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. (2014). *Nota Técnica de Prevención 404: Escaleras fijas.* Recuperado el 8 de Mayo de 2014, de: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_404.pdf

OLIVELLA, J. (2008). *El lean en las actividades de apoyo.* Instituto Lean Management. http://www.institutolean.org/oldsite/articulos/0811_olivella.pdf

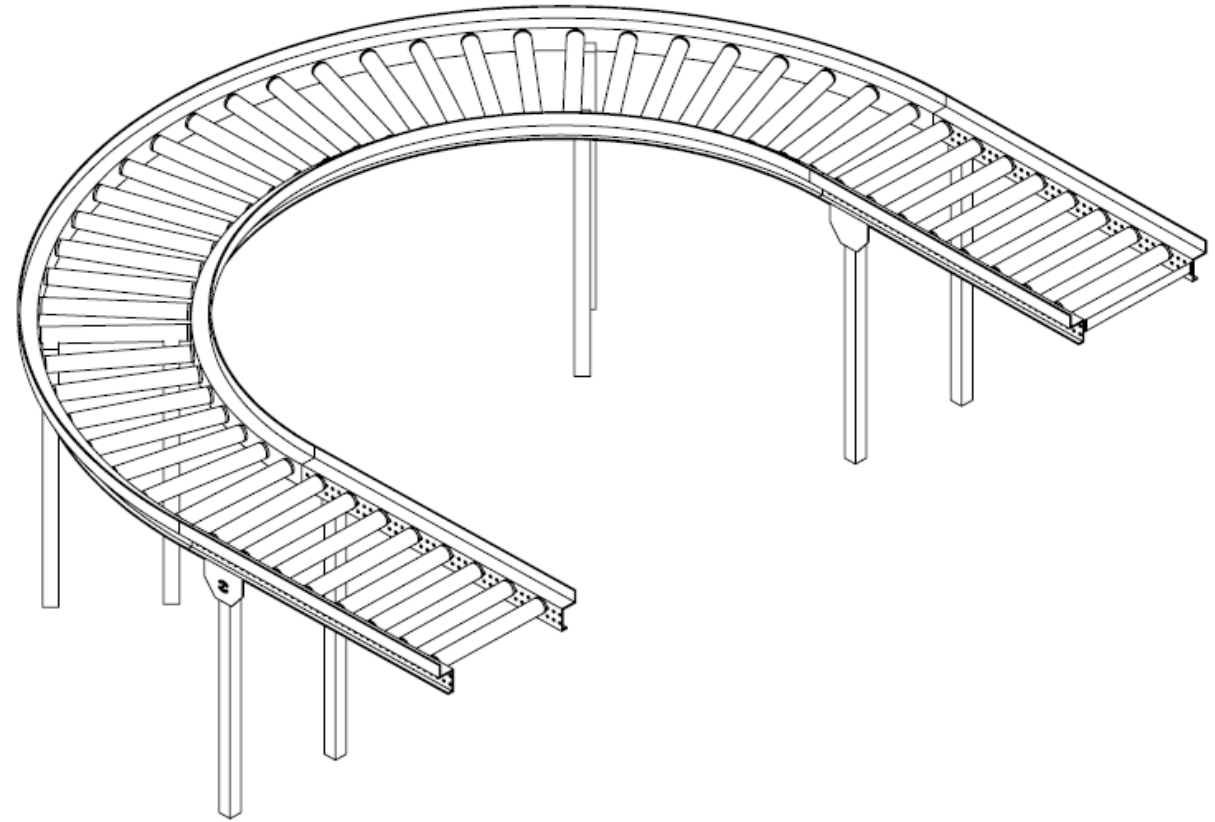
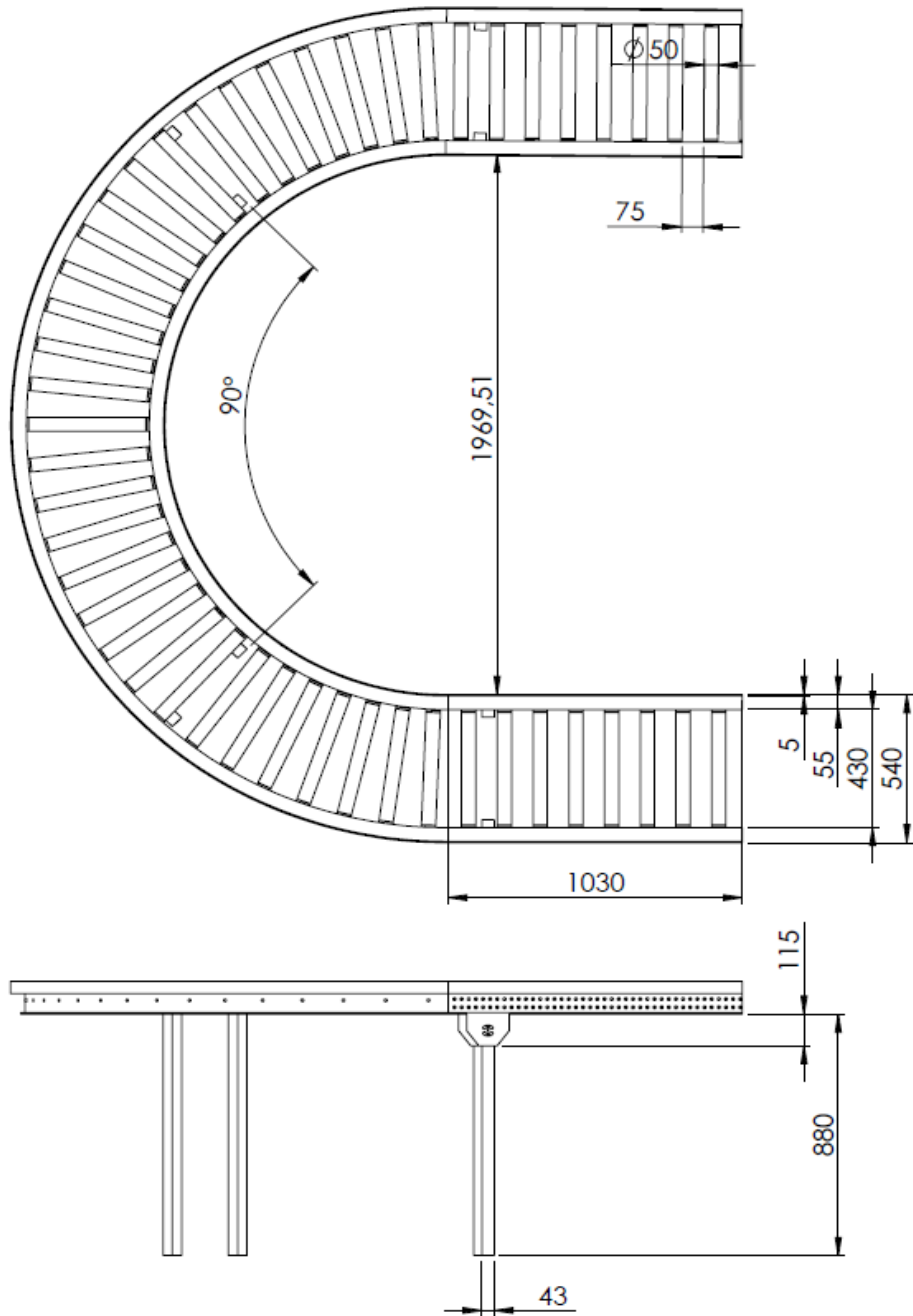
OMRON CORPORATION. *Electrical equipment and Electronics Healthcare.* Kyoto, Japan. Recuperado el 1 de Junio de: <http://www.omron.com/>

PROGRAMAS DE CÁLCULO

MICROSOFT EXCEL (2007) [Programa de datos XLS]. Washington, EE. UU.: Microsoft Corporation. S.O. Windows.

SOLIDWORKS (2012) [Programa de diseño CAD]. Massachusetts, EE. UU.: Dassault Systèmes. S.O. Windows.

ANEXO I: PLANOS



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
**INGENIERO
EN DISEÑO MECÁNICO**

EMPRESA:
SIGMABRAKES S.A.

PROYECTO:
PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS
"LEAN" EN LA SECCIÓN "GRANALLADO-ENCOLADO",
DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA
SIGMA BRAKES

REALIZADO:
RODRÍGUEZ, J.DAVID

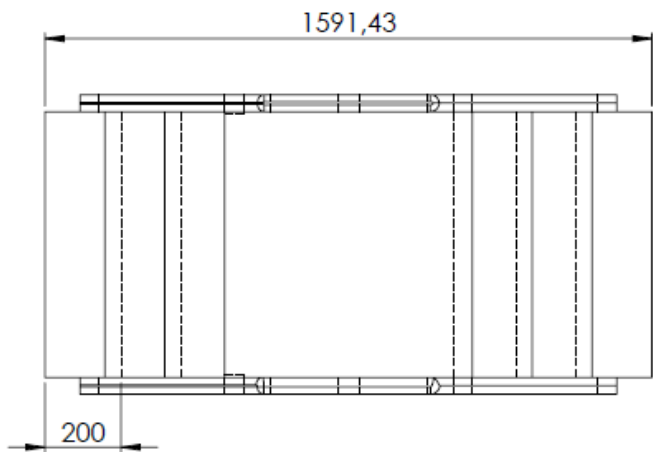
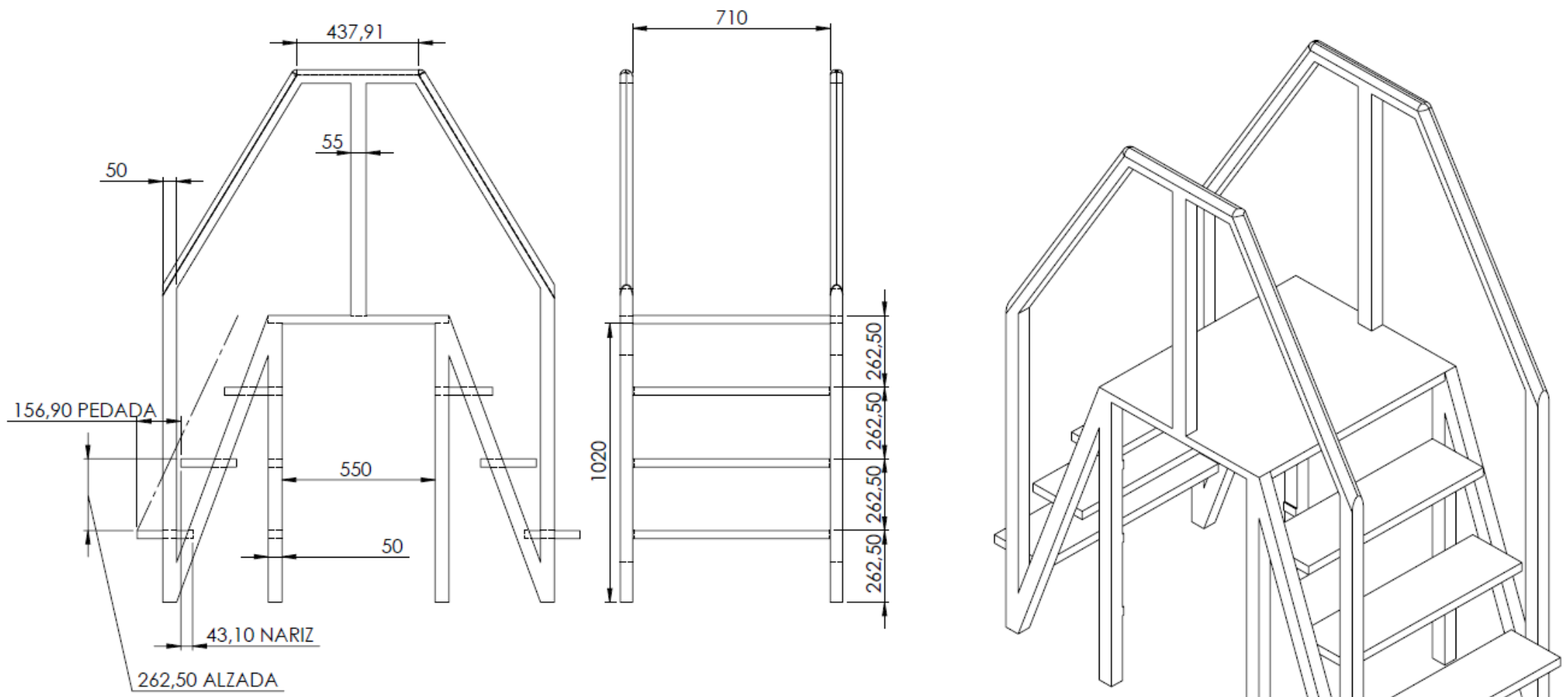
FIRMA:


PLANO:
CURVA DE RODILLOS

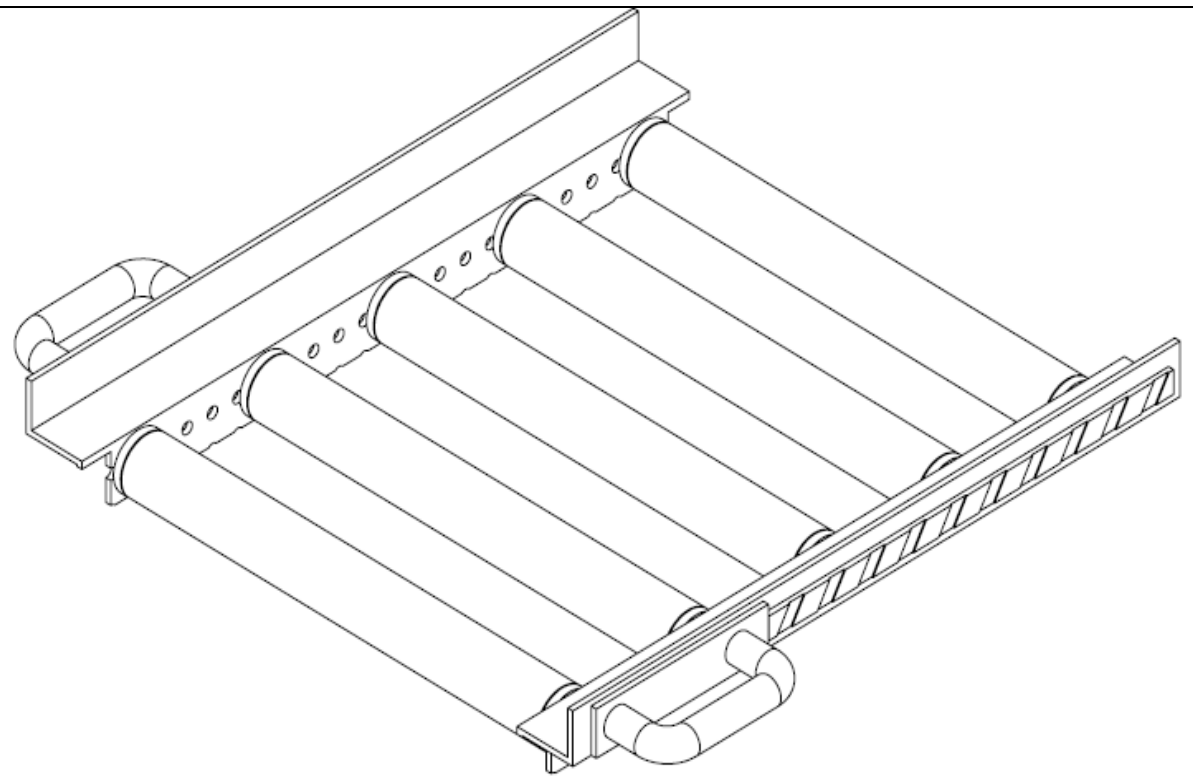
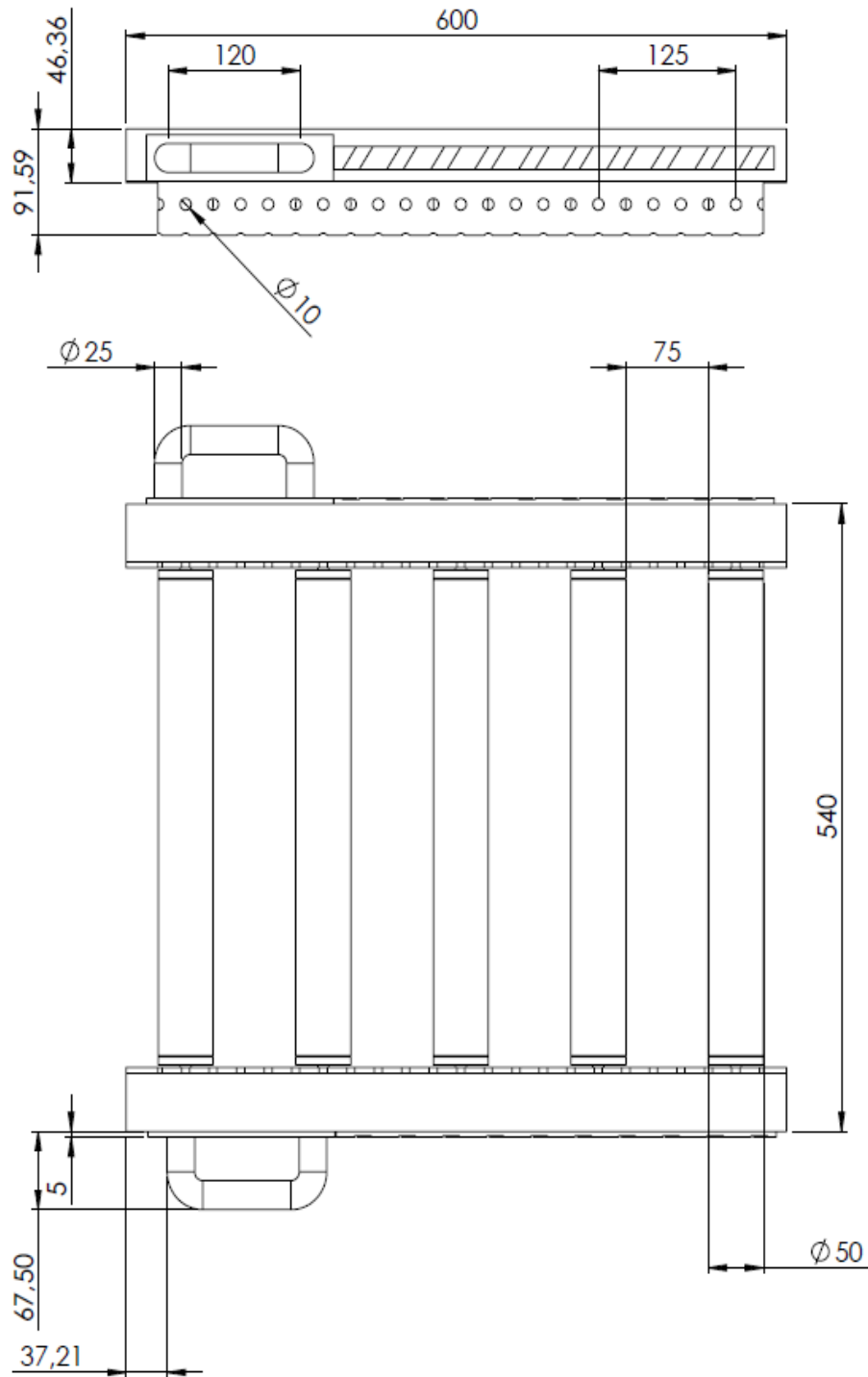
FECHA:
26/06/2014


ESCALA:
1:20

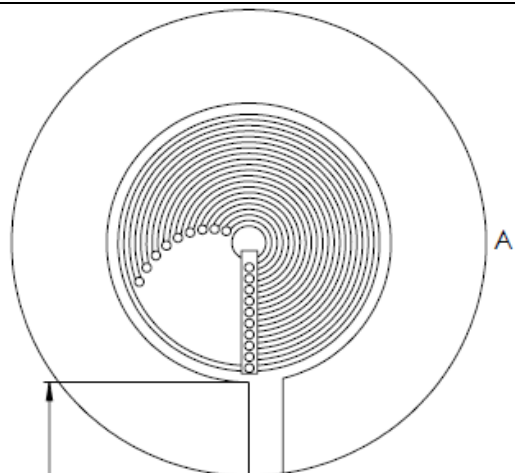
Nº PLANO:
1



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	EMPRESA: SIGMABRAKES S.A.
	INGENIERO EN DISEÑO MECÁNICO	REALIZADO: RODRÍGUEZ, J.DAVID
PROYECTO: PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS "LEAN" EN LA SECCIÓN "GRANALLADO-ENCOLADO", DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SIGMA BRAKES		FIRMA:
PLANO: ESCALERA	FECHA: 26/06/2014	ESCALA: 1:15
		Nº PLANO: 2



 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	EMPRESA: SIGMABRAKES S.A.		
	INGENIERO EN DISEÑO MECÁNICO	REALIZADO: RODRÍGUEZ, J.DAVID		
PROYECTO: PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS "LEAN" EN LA SECCIÓN "GRANALLADO-ENCOLADO", DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SIGMA BRAKES		FIRMA:		
PLANO: SECCIÓN DE RODILLOS QUE, AL GIRAR SOBRE UN EJE, PERMITE EL PASO		FECHA: 26/06/2014	ESCALA: 1:5	Nº PLANO: 3



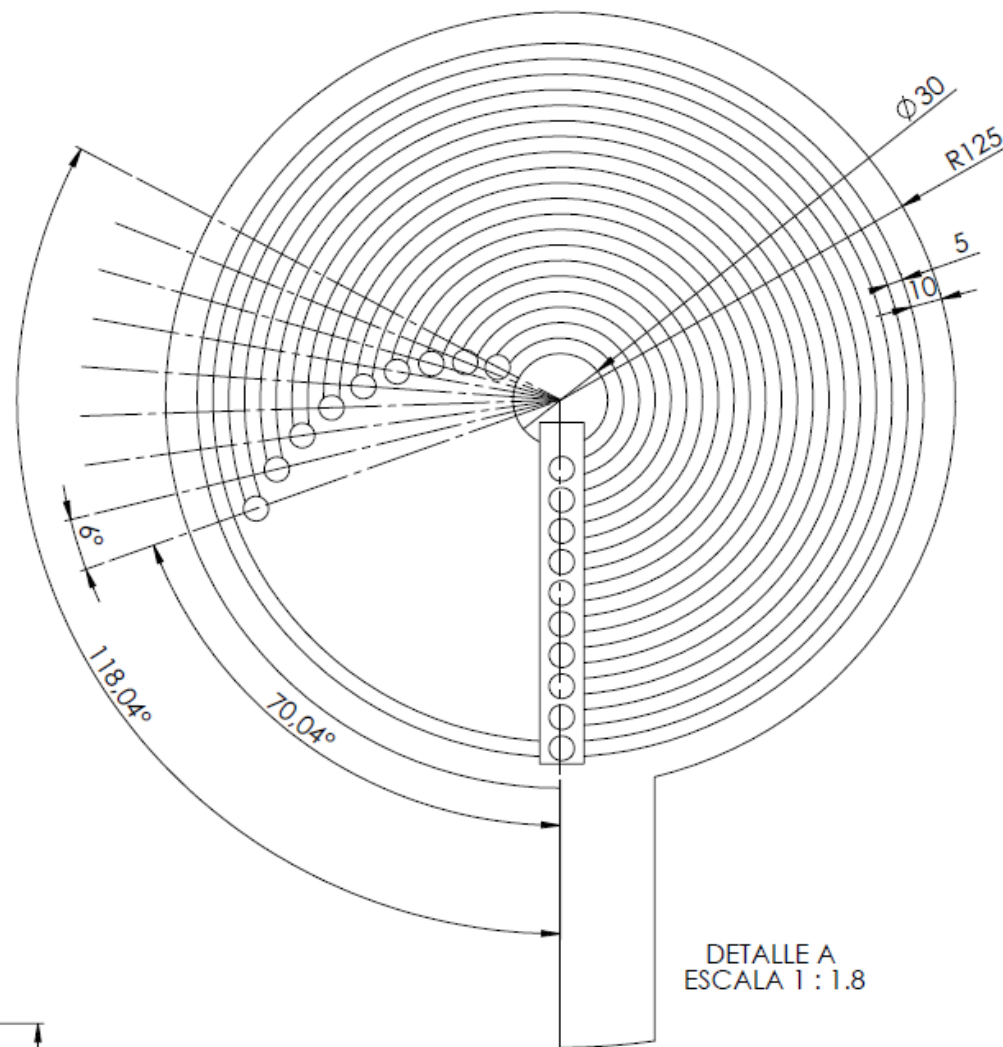
685.86

29.92

670.03

41.88

10



DETALLE A
ESCALA 1 : 1.8



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
**INGENIERO
EN DISEÑO MECÁNICO**

EMPRESA:
SIGMABRAKES S.A.

PROYECTO:
PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS
"LEAN" EN LA SECCIÓN "GRANALLADO-ENCOLADO",
DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA
SIGMA BRAKES

REALIZADO:
RODRÍGUEZ, J.DAVID

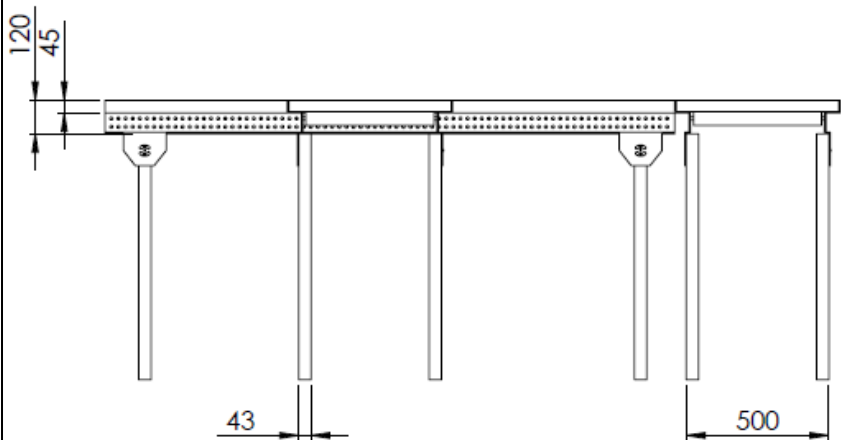
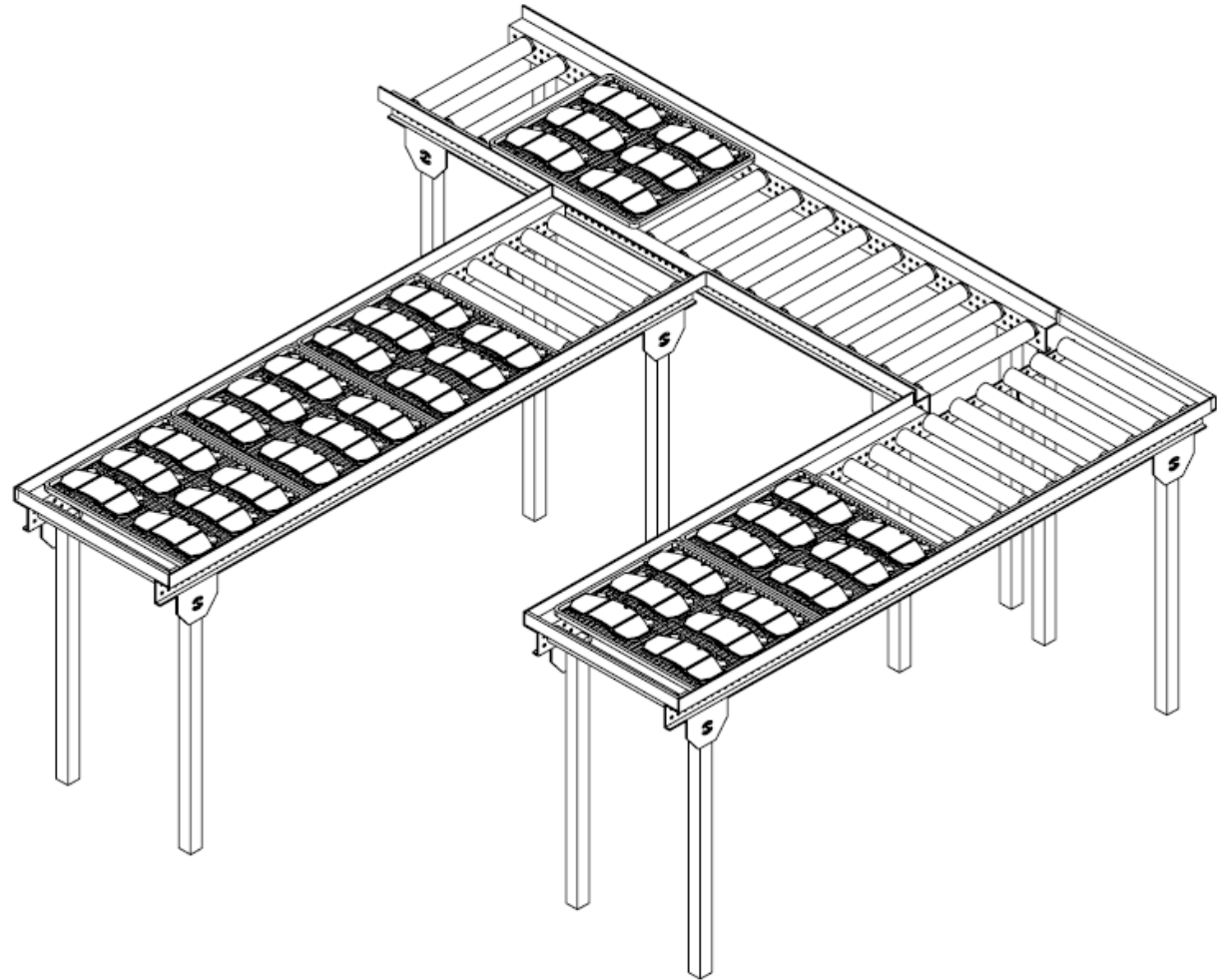
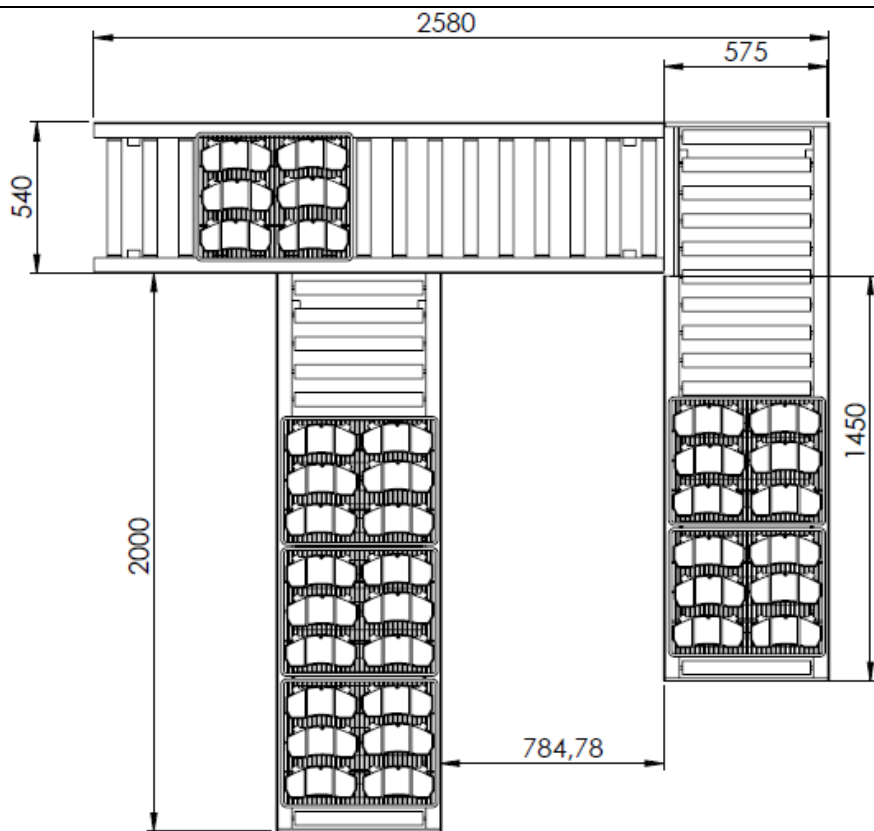
FIRMA:


PLANO:
**PLATO CON SENSORES PARA EL LEVANTAMIENTO DE
CUBOS A 6° DESDE 70° HASTA 118°**

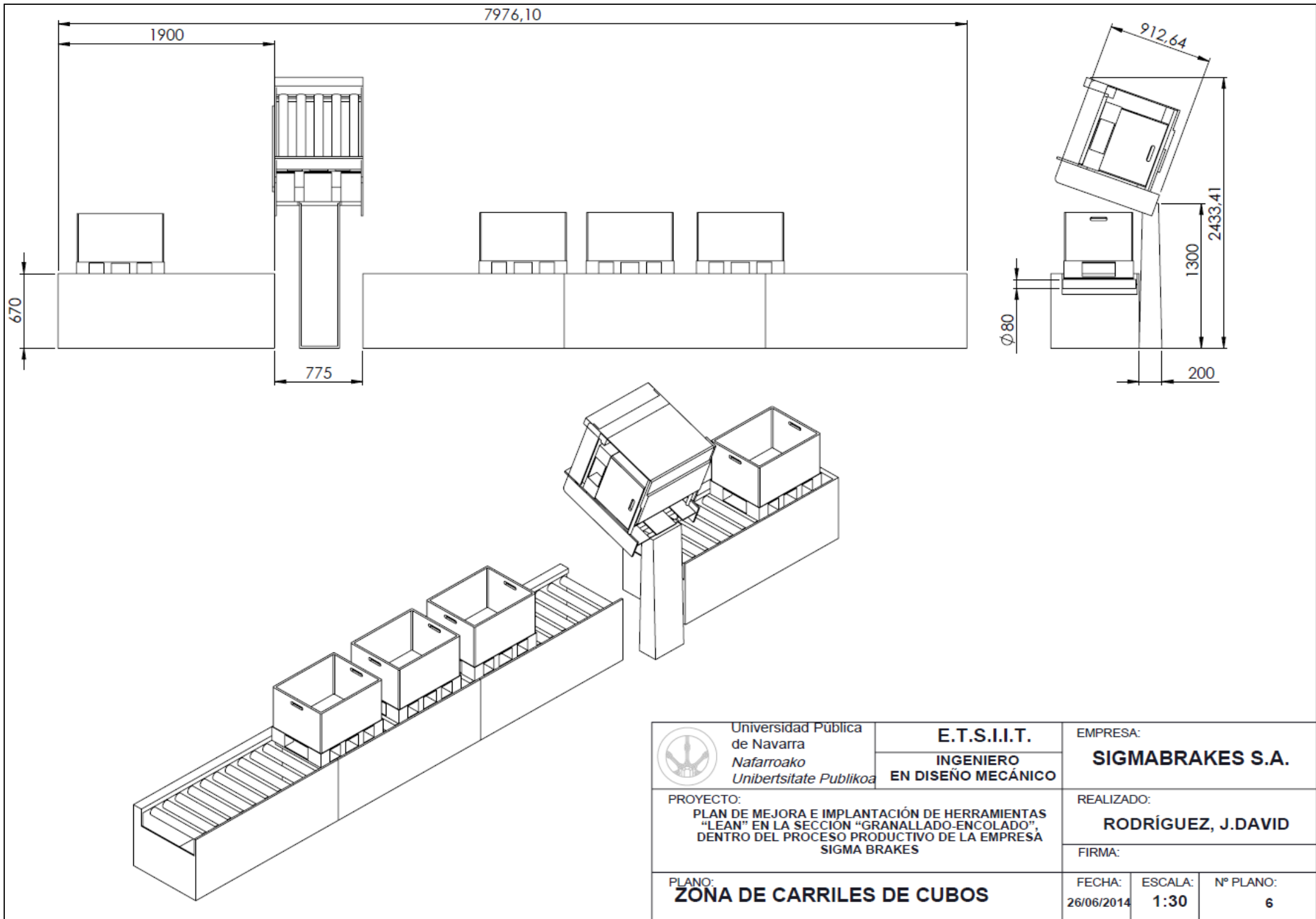
FECHA:
26/06/2014


ESCALA:
1:5

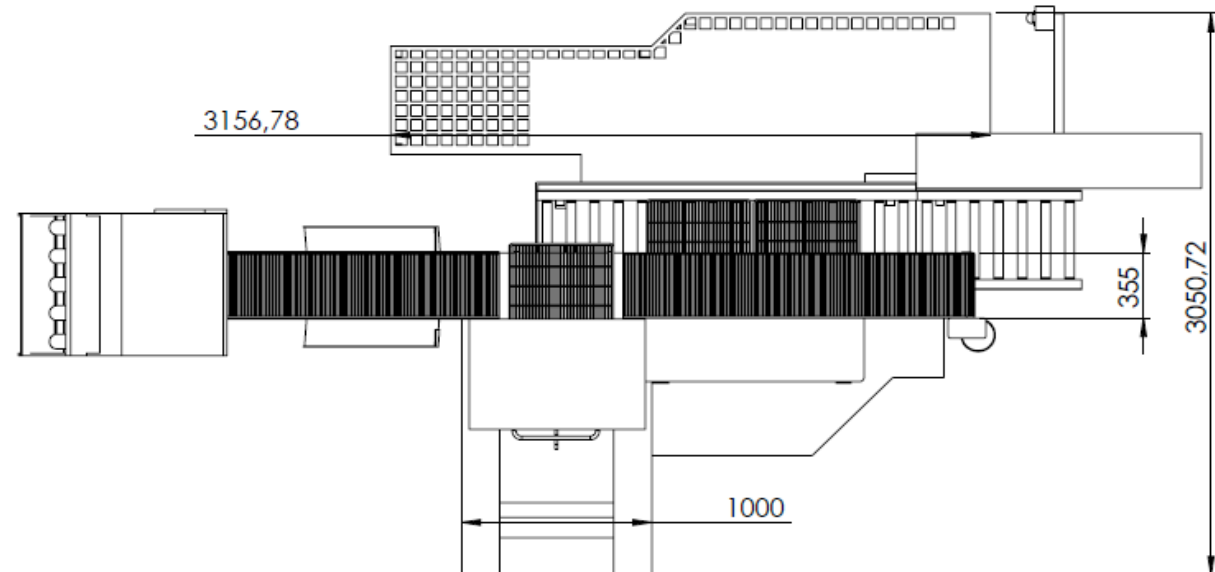
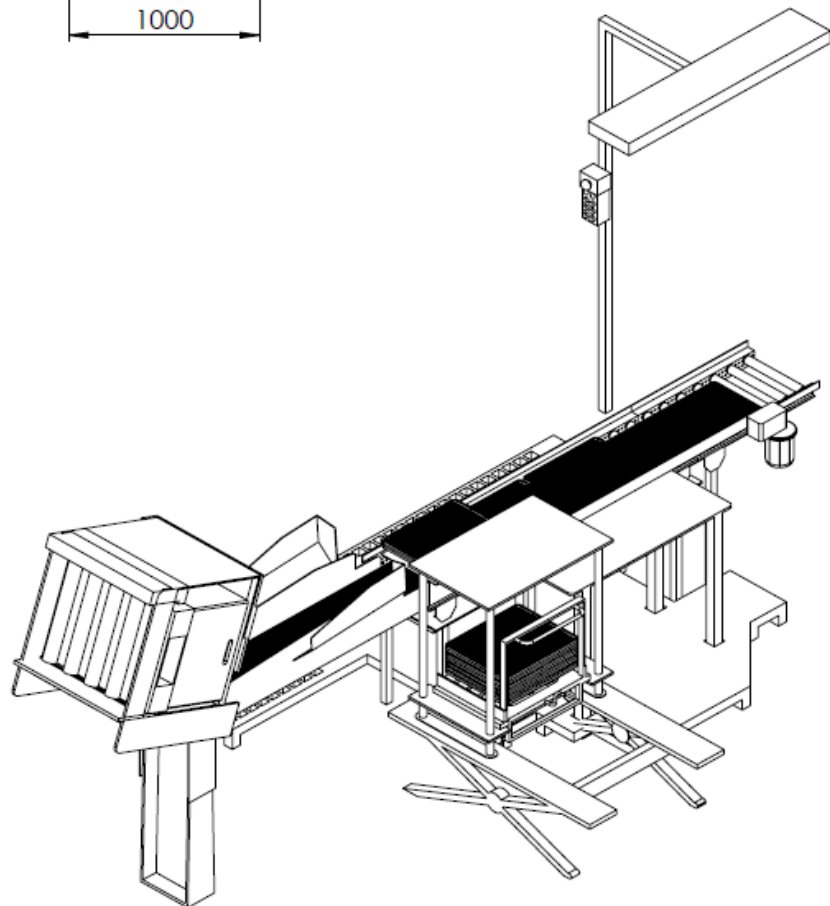
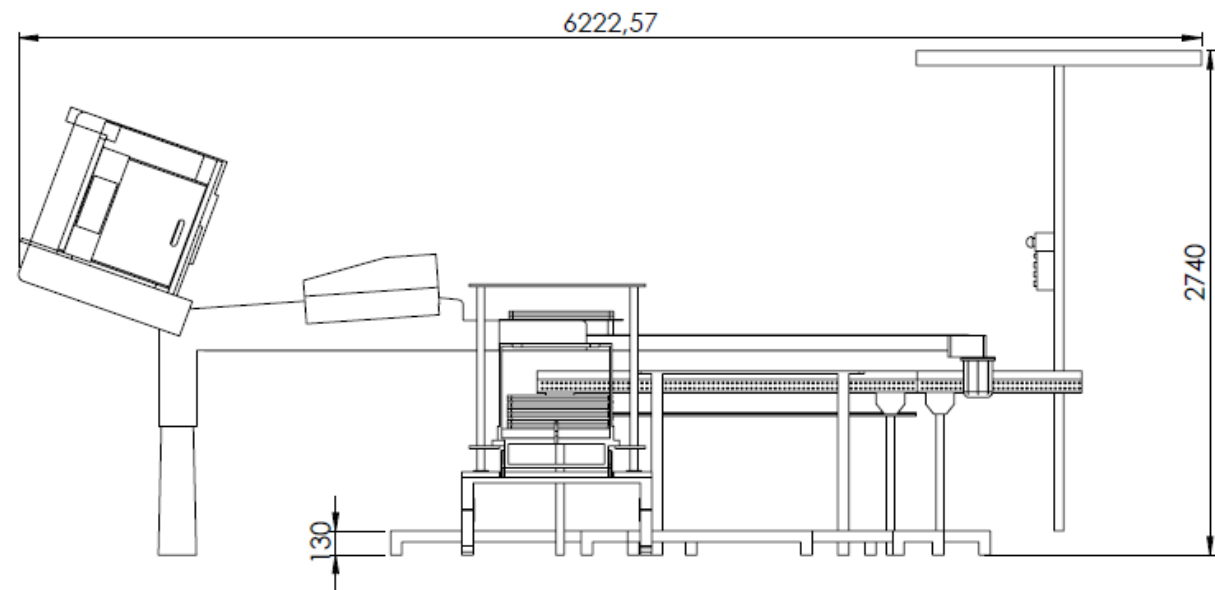
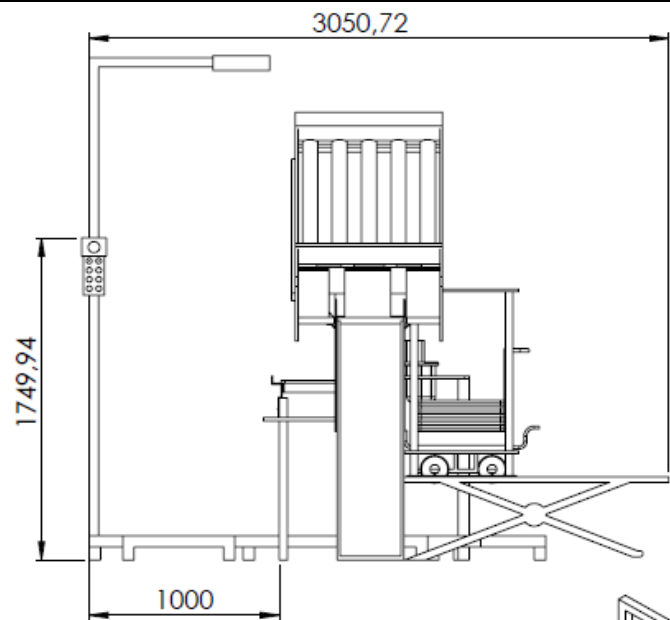
Nº PLANO:
4




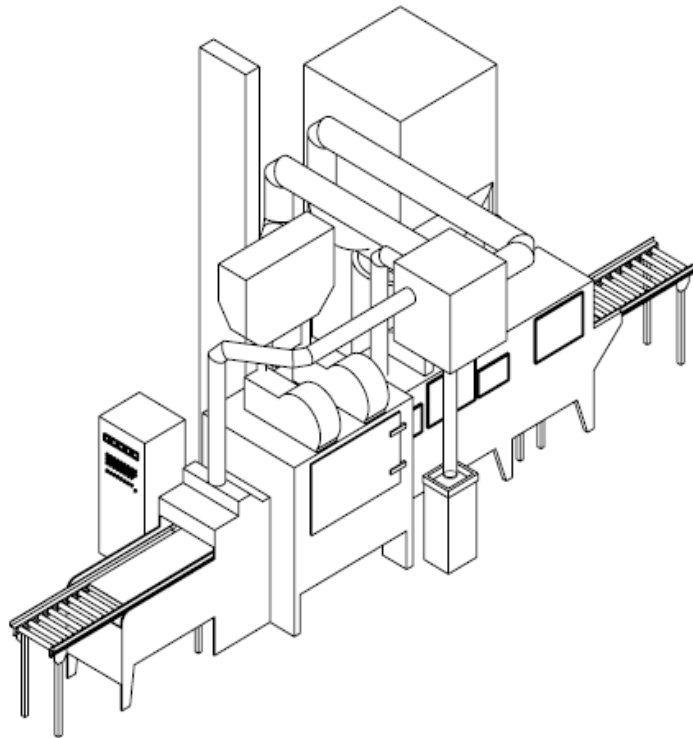
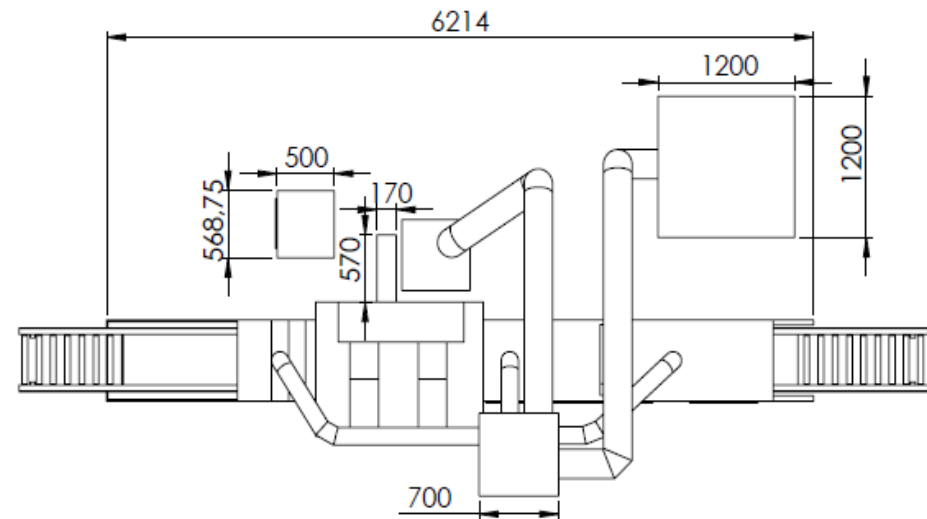
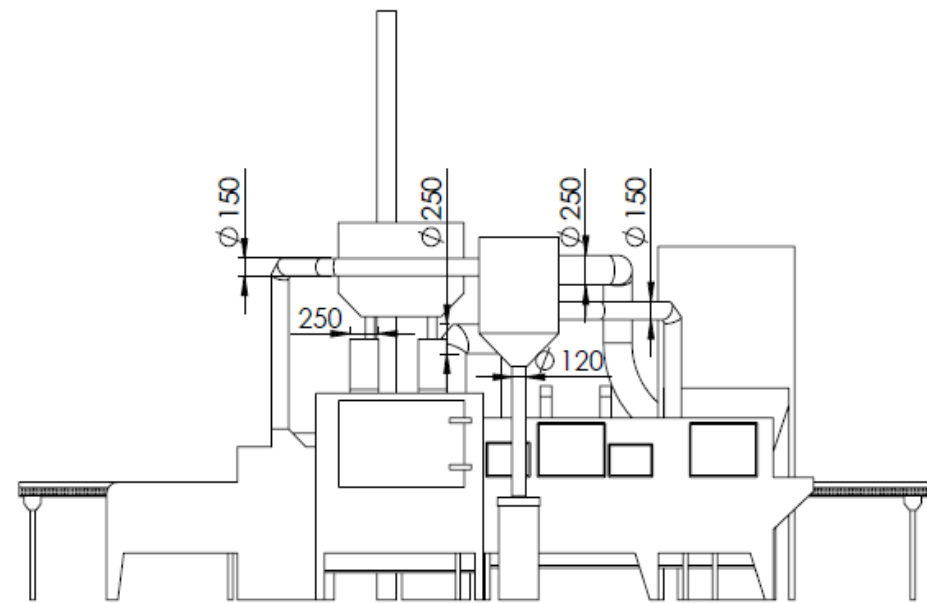
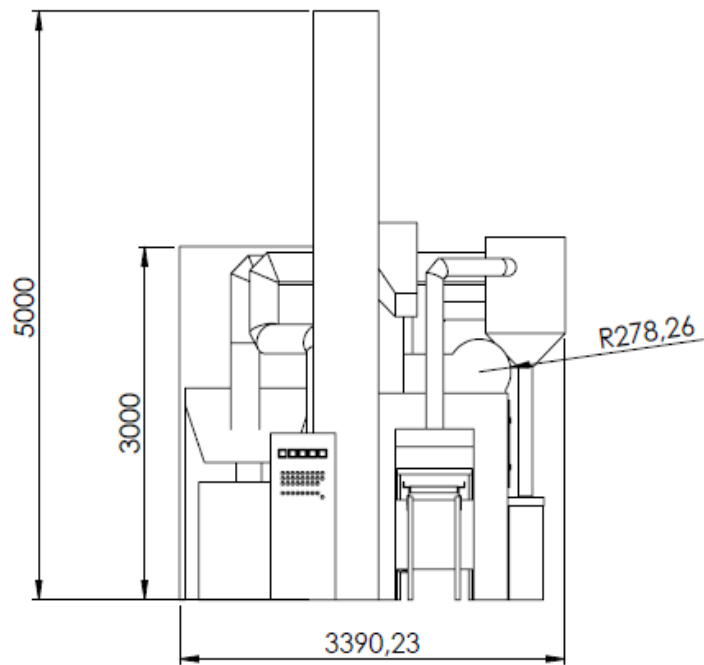
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	EMPRESA: SIGMABRAKES S.A.
	INGENIERO EN DISEÑO MECÁNICO	REALIZADO: RODRÍGUEZ, J.DAVID
PROYECTO: PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS "LEAN" EN LA SECCIÓN "GRANALLADO-ENCOLADO", DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SIGMA BRAKES		FIRMA:
PLANO: CÁRILES COLOCADOS VERTICALMENTE AL FLUJO DE BANDEJAS	FECHA: 26/06/2014	ESCALA: 1:20
		Nº PLANO: 5




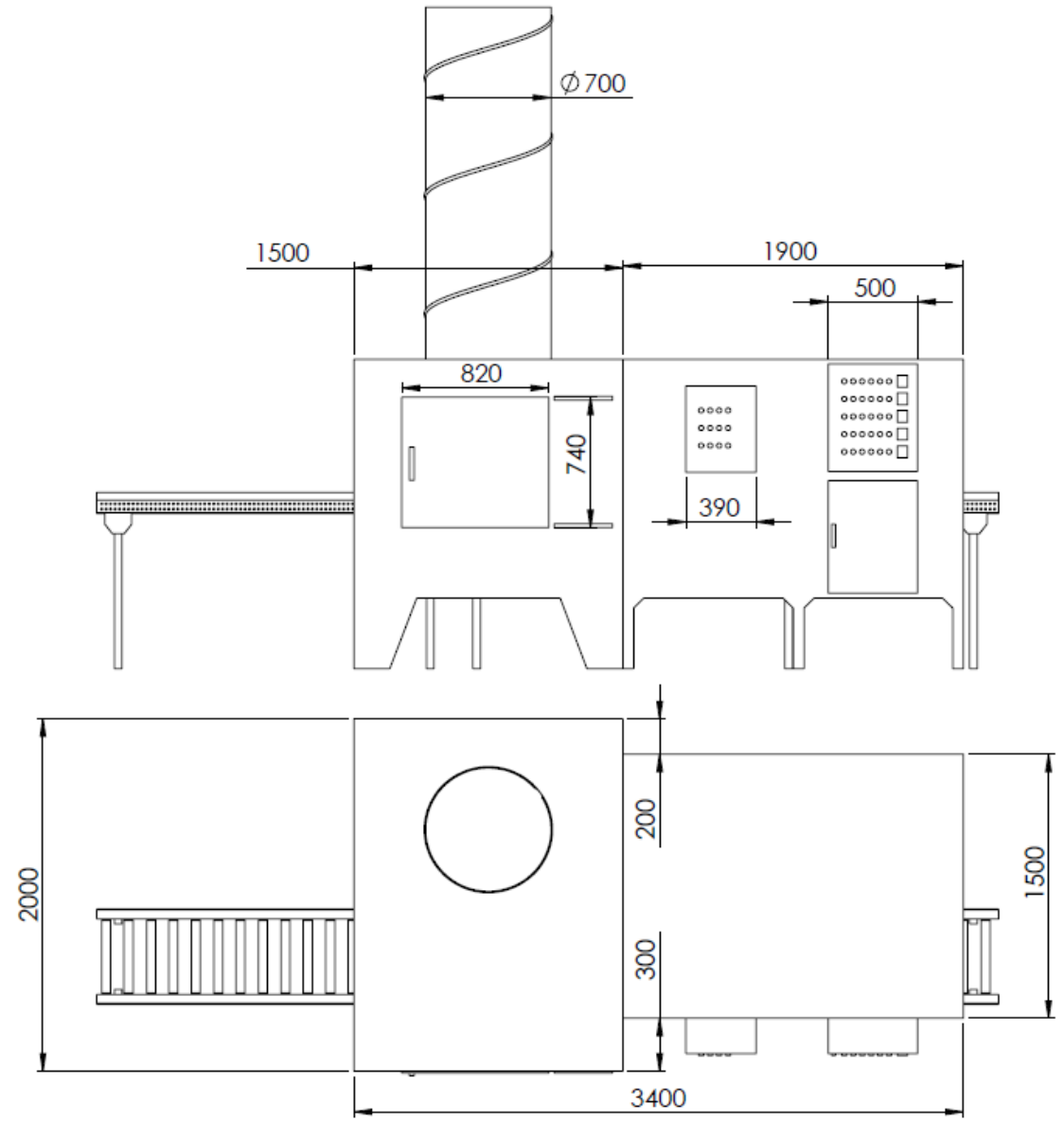
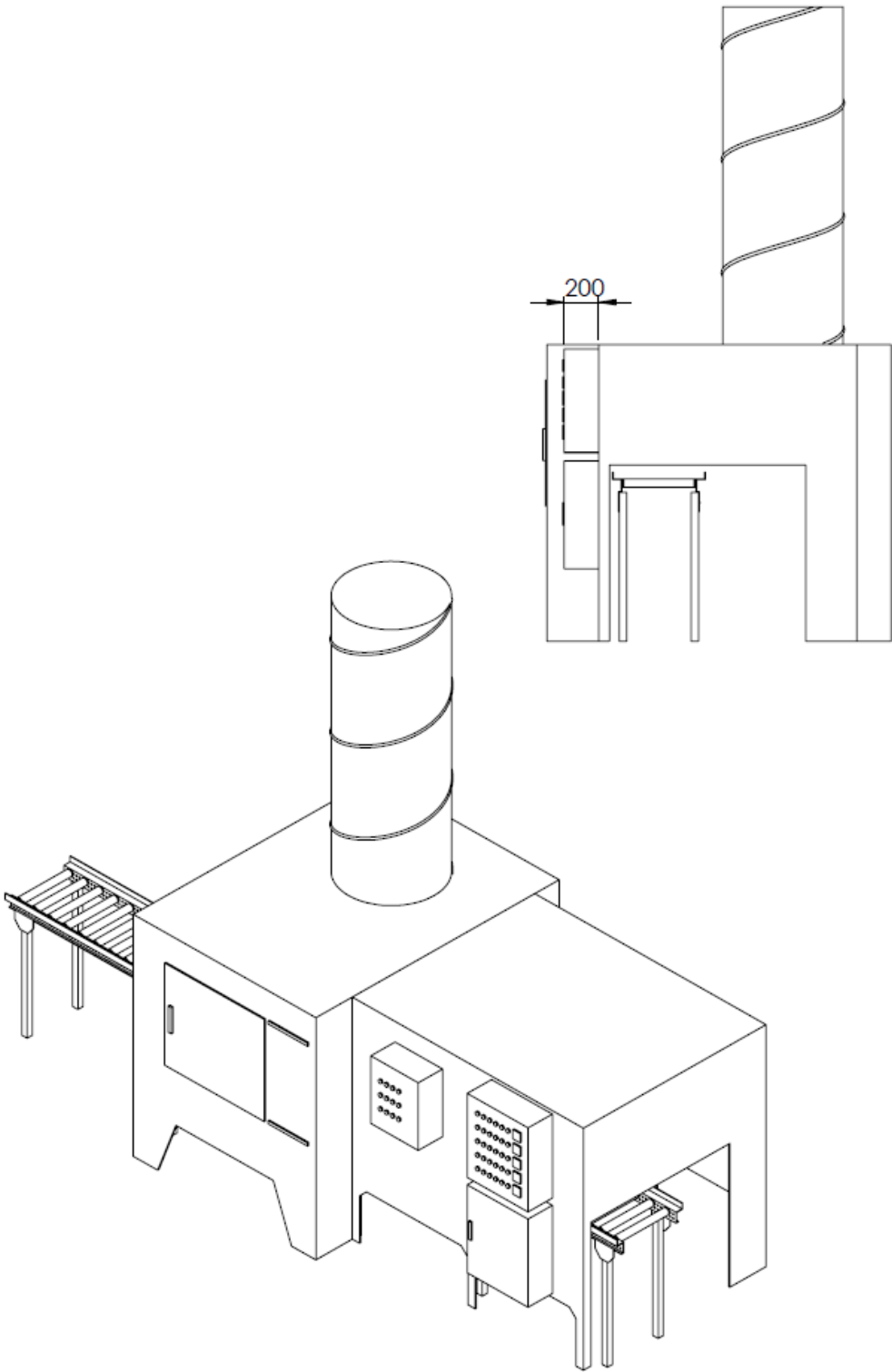
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	EMPRESA: SIGMABRAKES S.A.		
	INGENIERO EN DISEÑO MECÁNICO	REALIZADO: RODRÍGUEZ, J.DAVID		
PROYECTO: PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS "LEAN" EN LA SECCIÓN "GRANALLADO-ENCOLADO", DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SIGMA BRAKES		FIRMA:		
PLANO: ZONA DE CARRILES DE CUBOS		FECHA: 26/06/2014	ESCALA: 1:30	Nº PLANO: 6




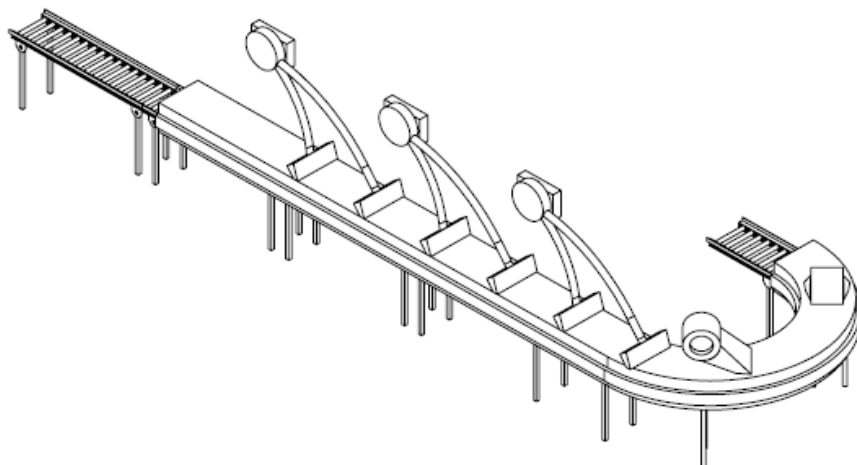
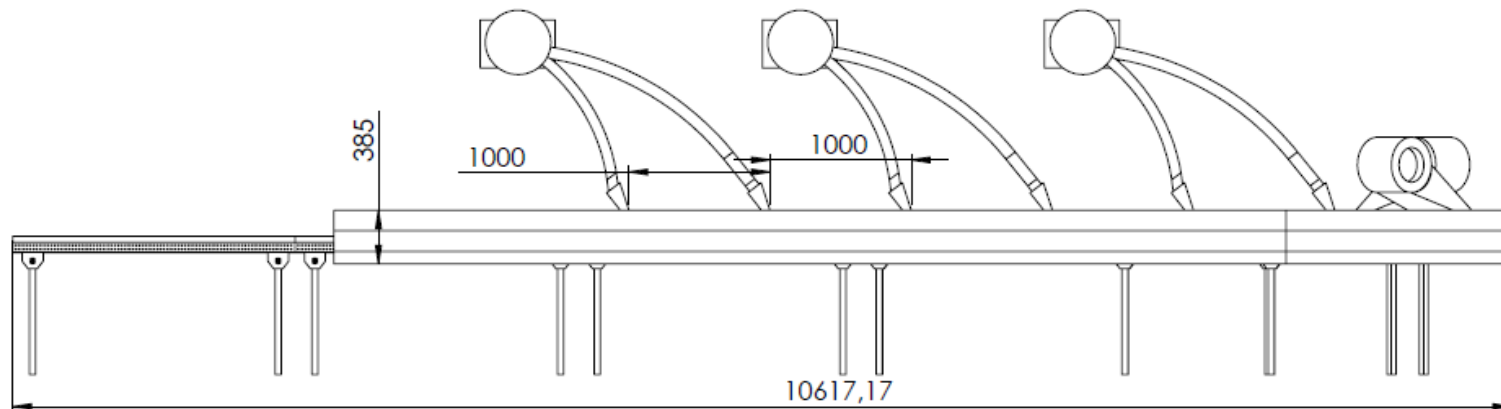
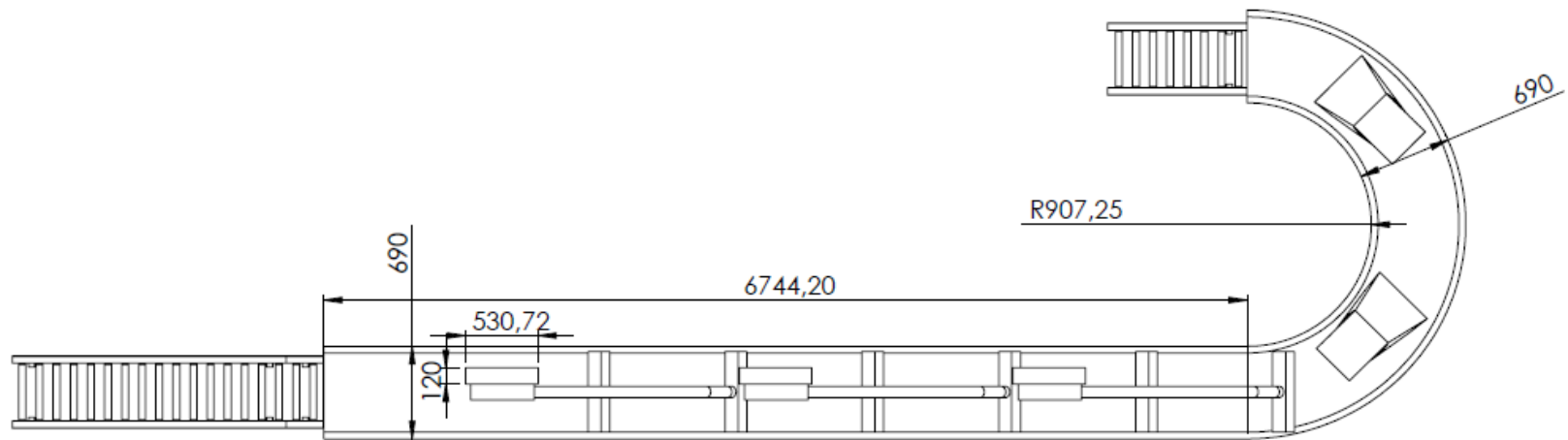
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	EMPRESA: SIGMABRAKES S.A.
	INGENIERO EN DISEÑO MECÁNICO	REALIZADO: RODRÍGUEZ, J.DAVID
PROYECTO: PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS "LEAN" EN LA SECCIÓN "GRANALLADO-ENCOLADO", DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SIGMA BRAKES		FIRMA:
PLANO: ZONA ENTRADA GRANALLADORA		FECHA: 26/06/2014 ESCALA: 1:30 Nº PLANO: 7




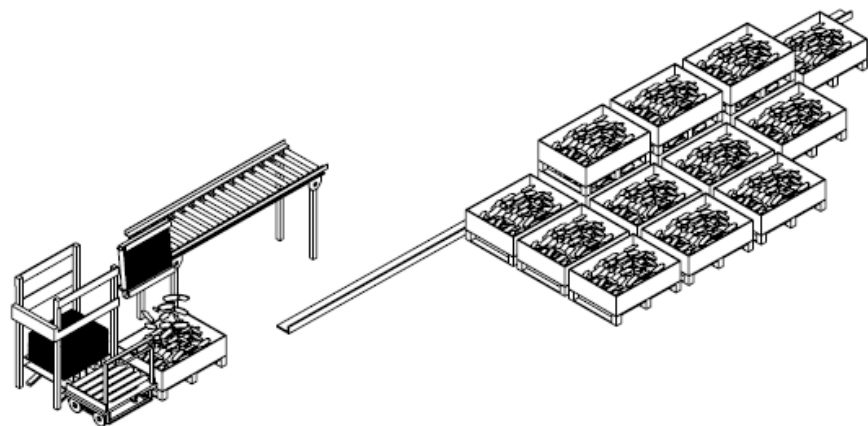
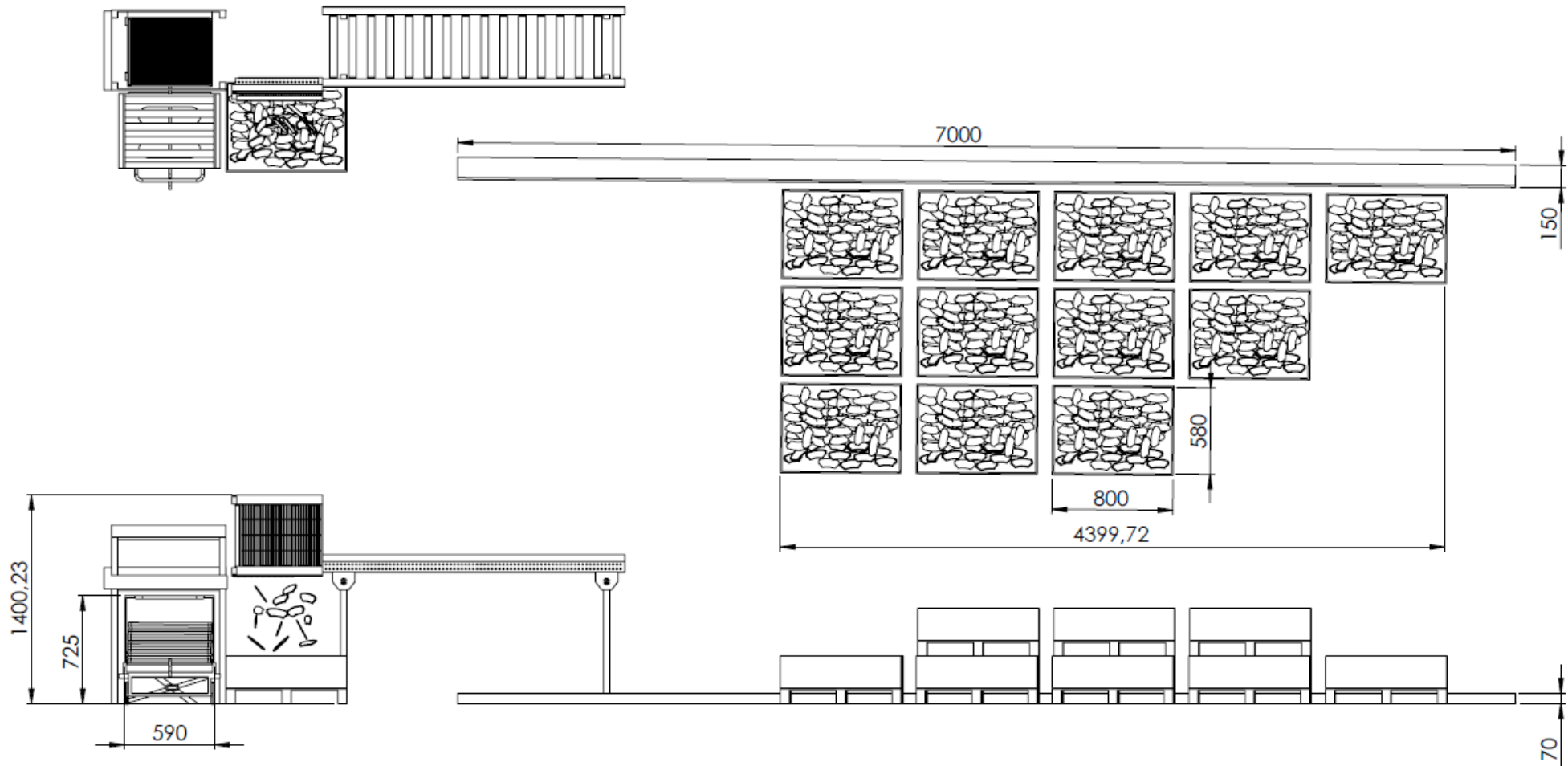
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	EMPRESA: SIGMABRAKES S.A.
	INGENIERO EN DISEÑO MECÁNICO	REALIZADO: RODRÍGUEZ, J.DAVID
PROYECTO: PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS "LEAN" EN LA SECCION "GRANALLADO-ENCOLADO", DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SIGMA BRAKES		FIRMA:
PLANO: ZONA GRANALLADORA	FECHA: 26/06/2014	ESCALA: 1:50
		Nº PLANO: 8




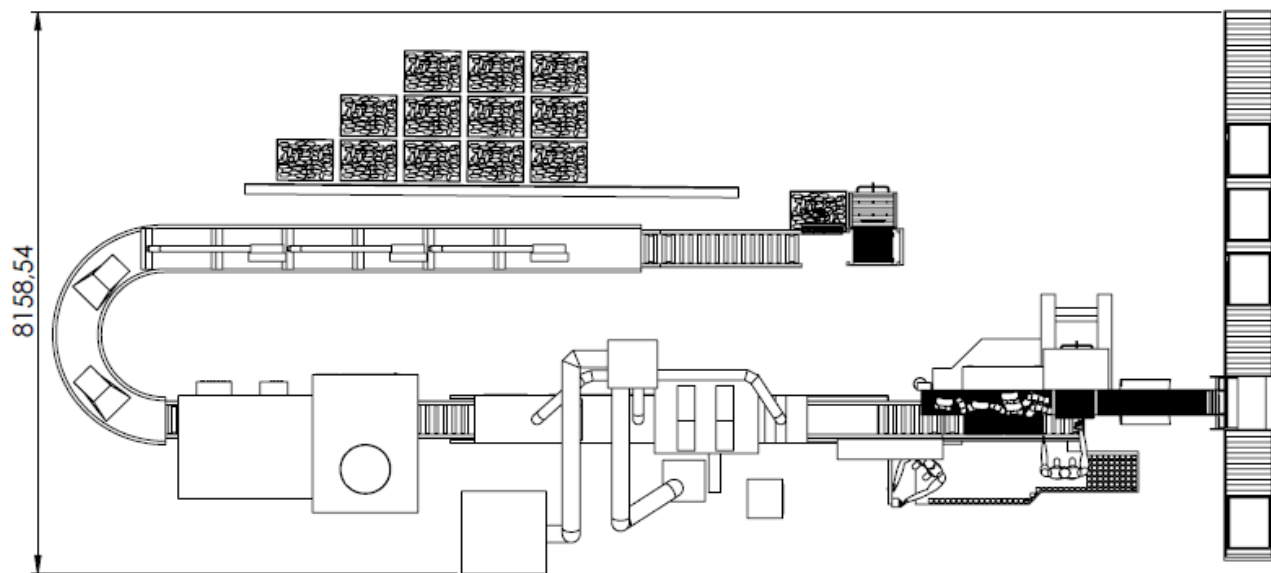
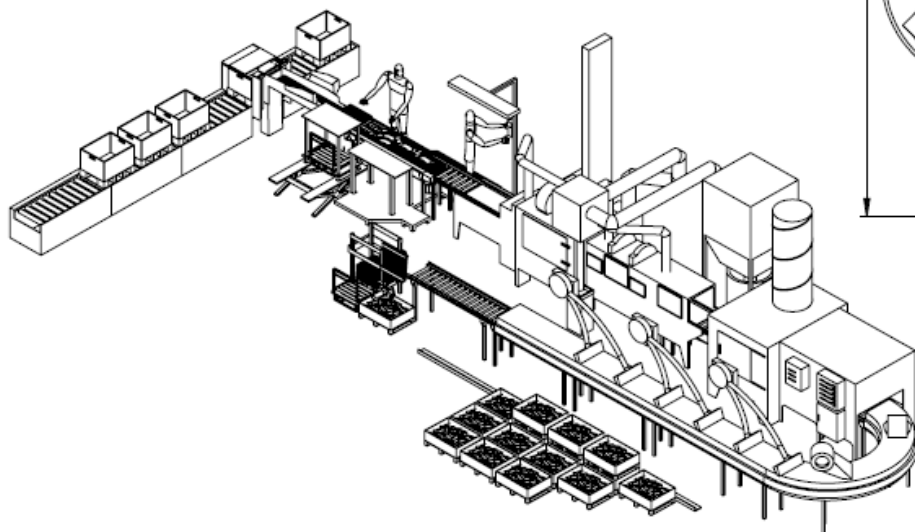
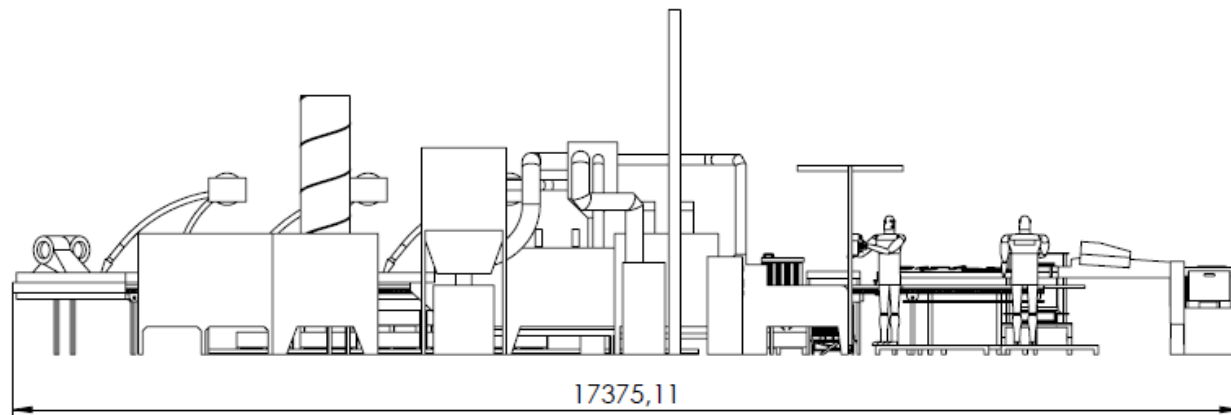
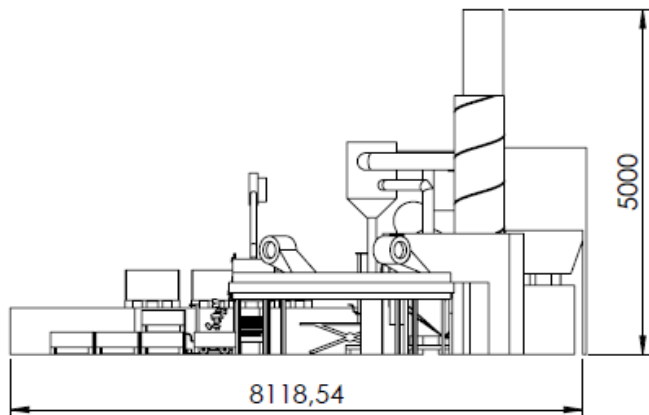
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	EMPRESA:
	INGENIERO EN DISEÑO MECÁNICO	SIGMABRAKES S.A.
PROYECTO: PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS "LEAN" EN LA SECCIÓN "GRANALLADO-ENCOLADO", DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SIGMA BRAKES		REALIZADO: RODRÍGUEZ, J.DAVID
PLANO: ZONA ENCOLADO		FIRMA: FECHA: 26/06/2014 ESCALA: 1:30 Nº PLANO: 9




 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	EMPRESA: SIGMABRAKES S.A.
	INGENIERO EN DISEÑO MECÁNICO	REALIZADO: RODRÍGUEZ, J.DAVID
PROYECTO: PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS "LEAN" EN LA SECCIÓN "GRANALLADO-ENCOLADO", DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SIGMA BRAKES		FIRMA:
PLANO: ZONA SECADO	FECHA: 26/06/2014	ESCALA: 1:40
		Nº PLANO: 10



 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	EMPRESA: SIGMABRAKES S.A.
	INGENIERO EN DISEÑO MECÁNICO	REALIZADO: RODRÍGUEZ, J.DAVID
PROYECTO: PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS "LEAN" EN LA SECCION "GRANALLADO-ENCOLADO", DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SIGMA BRAKES		FIRMA:
PLANO:	ZONA CAJAS DE MADERA	FECHA: 26/06/2014 ESCALA: 1:30 Nº PLANO: 11



 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	EMPRESA: SIGMABRAKES S.A.
	INGENIERO EN DISEÑO MECÁNICO	REALIZADO: RODRÍGUEZ, J.DAVID
PROYECTO: PLAN DE MEJORA E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS "LEAN" EN LA SECCION "GRANALLADO-ENCOLADO" DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SIGMA BRAKES		FIRMA:
PLANO: ENSAMBLAJE COMPLETO	FECHA: 26/06/2014	ESCALA: 1:100
		Nº PLANO: 11

