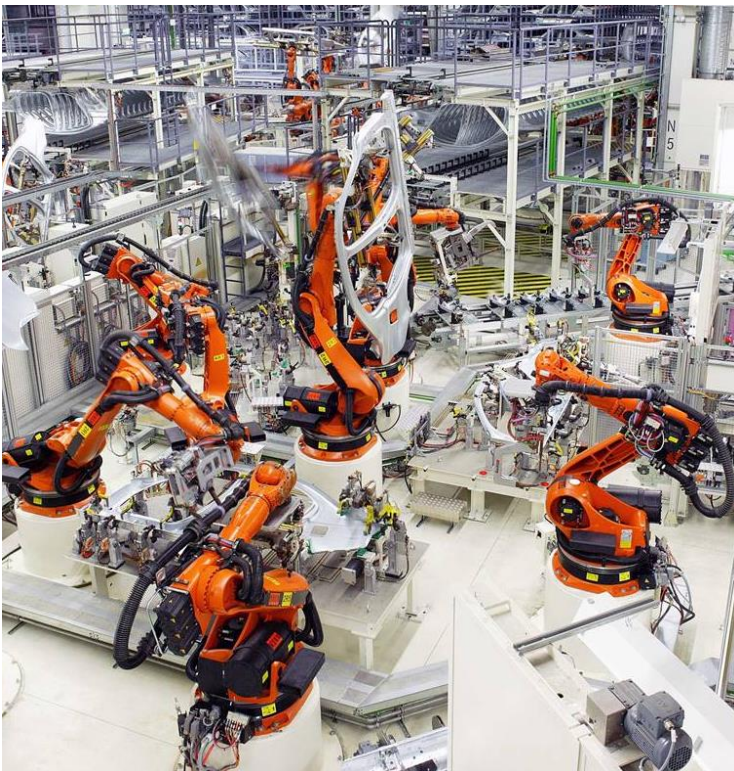


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática



escuela técnica superior de
ingeniería
y **d**iseño
industrial



MEMORIA DE DISEÑO

Curso 2021/2022

GRUPO G28.

INTEGRANTES DEL GRUPO:

Bedmar Juanas, Adrián (54507)

Fernández de la Coteria Lorenzo, Ismael
(54595)

García Sánchez, Jesús (54622)

Fecha de entrega: 20/05/22

Trabajo de Automatización Industrial

1. Introducción:

1.1. Descripción general del documento.

En este proyecto planteado en la asignatura de Automatización Industrial, asignatura del sexto cuatrimestre del grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática en la Universidad Politécnica de Madrid se ha desarrollado una empresa ficticia con el nombre de SteelGreen^{SL}.

En este documento, nos centraremos en su proceso de producción y explicaremos detalladamente el diseño de su planta automatizada bajo las premisas de un Sistema de Fabricación Flexible (FMS) y el estudio que se ha realizado de todos y cada uno de los componentes que la forman teniendo como objetivo principal el de flexibilizar el proceso.

El resto de los aspectos, como se mencionará más adelante, no han sido desatendidos en el diseño. Factores como la rentabilidad, eficiencia y la máxima producción no han sido prioritarios.

El proceso industrial de SteelGreen^{SL} está destinado a la fabricación de utensilios de jardinería de bajo coste para realizar pequeñas tareas en el jardín del hogar o incluirlos en el inventario de empresas de jardinería encargadas del cuidado y mantenimiento de jardines de mayores dimensiones.

En primer lugar, se expondrán las técnicas empleadas en el pasado para conseguir estos objetivos, además de la evolución que han seguido las mismas y los diferentes métodos en los sistemas de fabricación, además de la tecnología que han empleado a lo largo del tiempo.

Una vez propuestas las diferentes alternativas automatizadas que ofrecen procesos como los FMS, se profundizará en el diseño de la nuestra propia. Llevando a cabo un amplio análisis de la planta. Se explicará con detalle todo lo que intervenga en la transformación de las materias primas en productos terminados, es decir; procesos, maquinaria, transportes, sensores, actuadores ... etc.

También se realizará una simulación de la planta, reduciéndola a un modelo, con la finalidad de optimizarlo. Esto nos permitirá encontrar, después de un proceso iterativo, un balance cercano al perfecto a la hora de diseñar, aspectos como: La capacidad de almacenes, ausencia o creación de ellos, cantidad de máquinas necesarias en las estaciones... etc. Además de detectar malfuncionamientos, desbordamientos o cuellos de botella que impidan que el sistema funcione de manera adecuada o en el peor de los casos, que deje de hacerlo.

Por último, se procederá a la programación de una de las celdas.

Estas celdas no son nada más que la agrupación de estaciones con su respectiva maquinaria, que, por regla general, juntas cumplen una función concreta en el proceso de producción.

Esta estructuración permite una gran flexibilidad a la hora de fabricar distintos elementos, ya que, además de optimizar los transportes permite realizarlos de manera independiente a cada producto, aplicando distintos procesos de fabricación que tienen lugar en distintas celdas

Las herramientas que se han empleado para el transcurso de este proyecto son: AutoCAD, para el diseño del layout. SimProcess II, para la simulación de la planta; y de TIA Portal, para la programación de esta celda del proceso y su correspondiente simulación del funcionamiento con PLCSim.

1.2. Descripción general del proyecto.

SteelGreen^{SL} tiene un proceso productivo de fabricación de útiles de jardinería, en el catálogo se ofertan 6 productos, los cuales se fabrican en una misma planta bajo un sistema flexible.

Los productos incluidos actualmente en el catálogo son: azada, hoz, tijeras podadoras, cuchilla del cortacésped, navaja de jardinería, horca.

Las especificaciones de los productos se detallarán más adelante, pero todos comparten un número reducido de materias primas.

Estas materias primas son; el acero tanto en forma de planchas y varillas, y barras de madera. Estas materias primas serán tratadas bajo los procesos de pre-mecanizado, mecanizado, tratado térmico, acabado, inspección y embalaje, según la necesidad e itinerario que necesite seguir cada pieza desde su inicio hasta llegar al producto final. Por lo tanto, no supone ningún inconveniente variar la cantidad producida de algún producto o, incluso, la totalidad de ellos dando posibilidad al sistema de acomodarse a la demanda.

De hecho, insistiendo más en esta idea, la maquinaria utilizada en las estaciones que cumplen los procesos anteriormente descritos, son programables por lo que no cierran la posibilidad a ampliar el catálogo introduciendo nuevos productos, al menos similares, dentro de unas posibilidades acotadas.

2. Introducción a las FMS y evolución de los sistemas tradicionales de producción.

2.1. Aparición y evolución de los métodos de fabricación y herramientas.

El inicio de la historia de los métodos de fabricación y el uso de herramientas se puede remontar a las primeras andadas del hombre en La Tierra. Por aquel entonces ya existía la necesidad de algún utensilio que facilitase las manufacturas del día a día. Como, por ejemplo, en una de las principales necesidades del ser humano, el obtener alimento. Para ello, se utilizaba la piedra tallada, de modo que quedase con la punta cortante. Así, nació el concepto de herramienta.

Los historiadores sostienen que la primera herramienta apareció en algún momento del Neolítico, cuando alguien utilizó una pesada piedra para dar forma y afilar otra piedra de sílex mediante golpes.

Sin embargo, con el aumento de las técnicas y la tecnología se comenzaron a usar, paulatinamente, otras técnicas y materiales más eficientes y adecuados para estas tareas.

Aunque originalmente se consideraba herramienta únicamente si ésta estaba impulsada por la fuerza humana, posteriormente se les añadiría fuentes de energía externas, como energía hidráulica, eléctrica, neumática, etc., sumándose la técnica humana y la fuente de energía en el término de máquina herramienta.

En los últimos siglos el desarrollo de la tecnología ha conllevado una evolución enorme en las herramientas y, por consiguiente, en las técnicas de fabricación de las mismas. Pero es curioso y digno de destacar que pese a ello los principios en los que se basan las herramientas de fabricación siguen siendo los mismos: percusión, corte, palanca y rotación.

2.2. Evolución de los sistemas de fabricación. Introducción de los Sistemas de Fabricación Flexible.

Los actuales procesos de fabricación datan su origen en los sistemas de manufactura. Los trabajadores se especializaban en su tarea, ya que, se llevaba a cabo la división del trabajo para obtener una eficiencia mayor. Entonces, los procesos de fabricación eran de operación manual, y era el ser humano, el completo responsable de la ejecución secuencial de las etapas del proceso.

Si atendemos a la historia, la Revolución Industrial, ha tenido un importante papel en el desarrollo de los procesos, pues impulsó la industria y la manufactura. De ella podemos destacar la aparición de la máquina de vapor, la máquina herramienta, la hiladora con varios husillos... etc.

En el Siglo XIX, se expandieron otras formas de producción y organización y en 1913, Henry Ford propuso un innovador sistema: la línea de ensamblaje. Esta técnica marcó un antes y un después, ya que permitió la producción en masa de productos complejos, para su posterior venta a un precio reducido, y logró la expansión del modelo Ford T por todo Estados Unidos.

También destacamos la utilización a lo largo del S.XX de la cinta perforada, que permitía interpretar, en grandes armarios de control, los diseños de ingeniería que gobernaban los procesos.

De forma gradual, fueron apareciendo nuevas técnicas, y se implementaron nuevas formas de energía, principalmente la eléctrica. De esta manera, la operación manual fue perdiendo peso en favor de la automatización, que se fue abriendo hueco en el

panorama industrial. Inicialmente siendo una automatización parcial, en la que la máquina necesita la intervención de la mano humana para terminar una tarea, se ha ido transformando a una automatización total.

El último paso es la integración total, este proyecto de fabricación industrial intenta ser un ejemplo de ello. Consiste en un sistema de control distribuido que se encarga de dar las órdenes a las máquinas para desempeñar labores íntegramente automáticas, además de coordinar sensores, actuadores, motores, almacenaje, transportes, comunicaciones, interacciones... etc. Por tanto, el trabajo humano únicamente se limita a la supervisión del sistema. Este sistema es denominado CIM (Computer Integrated Manufacturing), origen de los Sistemas de Fabricación Flexibles.

Los sistemas mixtos o flexibles (FMS) toman características tanto de la producción por lotes, donde se fabrica un único producto en grandes cantidades y de la automatización programada, donde se produce un pequeño volumen, pero mucha variedad. En ellos, la variedad del producto juega un papel fundamental, aunque también se debe mantener un volumen de producción adecuado. Por lo que se puede considerar una unión simbiótica de ambos.

La estrategia de fabricación flexible está fuertemente ligada al control numérico. Este tiene su origen a finales de los años 60, bajo el nombre del ingeniero inglés David Williamson. Cuando se empezaron a diversificar los productos y había una creciente necesidad de adaptarse a la demanda cambiante. Curiosamente, en un inicio, se denominó sistema 24 por su capacidad de operar 24 horas al día, en las que la mayor parte de ellas no se necesitaba supervisión.

Otra característica insignia de esta forma de producir es la capacidad de operar sobre distintas piezas o productos simultáneamente a lo largo de la planta de producción en las distintas estaciones en las que disponga.

2.3. Características y beneficios de los sistemas automatizados y flexibles.

La automatización logra satisfacer los requisitos de un proceso de producción adecuado, como son una elevada producción y competitividad; la mejora de las condiciones de trabajo de los operarios, que no son sometidos a los agresivos entornos y esfuerzos, como sí ocurría en un pasado.

Ha logrado, además, la mecanización de labores complejas, tanto intelectuales como físicas y optimizar sus tiempos.

Optimiza la gestión de recursos y productos, sabiendo utilizar la cantidad requerida cuando corresponde, pero a su vez se logra mantener unos estrictos niveles de calidad en la fabricación de los distintos productos. De cara a la gestión de la planta, la mano de obra necesaria es muy escasa, por lo que el gasto en sueldos es bajo.

Hay que destacar que los conocimientos que requería un trabajador en planta, en el pasado en comparación con los de la época actual ha sufrido una cierta traslación, ya que hoy en día prima el conocimiento específico en mantenimiento, programación, control y gestión de la planta, antes de una elevada técnica en la utilización de alguna herramienta o al realizar una labor.

El modelo de fabricación que utiliza SteelGreen^{sl}, desde su inicio y a diferencia de otros, no ha buscado nunca producir el máximo volumen de productos posible, ni siquiera producir un volumen óptimo para alcanzar una máxima rentabilidad.

SteelGreen^{sl} ha tenido como objetivo principal cumplir con una serie de requisitos y optimizar ciertos aspectos de su planta para maximizar una característica en concreto, la flexibilidad. En este documento se relatan los pasos que se han seguido para lograr

que este sea un sistema de producción flexible (FMS). Pero ¿cuáles han sido las razones para tomar esta decisión y por qué no se utiliza cualquier otro sistema de producción?

2.4. Características y beneficios de los sistemas automatizados y flexibles en comparación a sus predecesores.

Históricamente, los principales sistemas de producción tradicionales son la fabricación en taller, la fabricación por lotes y la fabricación en serie.

La Fabricación en taller elabora gran variedad de productos en un volumen bastante reducido. En este tipo de producción se adapta el proceso de fabricación en función del pedido recibido por el cliente, lo que provoca que la elaboración de los productos comience junto con la demanda de estos.

Es necesario contar con una mano de obra altamente cualificada debido a que, normalmente, se emplea maquinaria de tipo general con la capacidad de adaptación a los diversos productos o directamente la experiencia y habilidad del operario.

Este sistema cuenta con las ventajas de tener una elevada flexibilidad, sobre todo en la capacidad de fabricar distintos productos, además de tener una alta calidad gracias a la alta cualificación de la mano de obra.

Como inconvenientes podemos destacar el evidente bajo nivel de producción o la excesiva manipulación y transportes.

Fabricación por lotes: Que produce un gran volumen de fabricación de productos específicos una vez conocida la gama de productos y la demanda necesaria, y una vez finalizada la elaboración de un lote, se prepara la instalación para el siguiente. Puesto que se trata de una gama de productos conocida, la maquinaria a emplear es específica y de alta velocidad.

Como ventajas podemos destacar la reducción de costes en comparación con el volumen de producción y que no se necesita una mano de obra tan cualificada debido a la maquinaria específica.

Pero la falta de flexibilidad es evidente y es necesario una gran inversión en almacenaje.

La Fabricación en serie elabora un producto en grandes volúmenes de producción, debido a que el producto está altamente estandarizado y sufre escasas o nulas modificaciones.

Cuenta con maquinaria sofisticada y de alta velocidad, además de tiempos mínimos de producción, por lo que tiene una fácil programación de actividades. En muchas disposiciones de este tipo es el producto el que se desplaza por la instalación.

- Ventajas: Ritmo de producción alto y no es necesario mano de obra altamente cualificada. Pero como es lógico tiene una flexibilidad prácticamente nula y los costes iniciales son muy elevados.

Realmente necesitamos unas instalaciones que nos permitan adaptarnos a la demanda y ampliar la variedad de productos sin afectar en gran medida a los costes o la programación de las actividades y pudiendo mantener un volumen alto de producción. Esto solo lo podemos lograr implementando un **Sistemas de fabricación flexible (FMS), estas son sus características:**

Fabrica una media-amplia variedad de productos de una familia que tengan ciertas propiedades similares o partes parecidas. Como resultado tenemos una producción

que permite hacer productos desde idénticos a parecidos que sigue una lógica de Distintos Procesos Distintos Productos, es decir que cuantos menos procesos compartan los productos menos se parecen entre sí. Como ejemplo podemos citar la semejanza entre la azada y la hoz o la cuchilla de cortacésped y la navaja, aunque estos dos grupos no se asemejen tanto entre sí.

Al ser automatizada e incluir un sistema de transporte y almacenamiento controlado, permite la adaptación de la producción en función de la demanda sin un aumento en los costes por el cambio que eso provoca en la fabricación.




La planta se puede calificar con un grado de automatización total, donde las máquinas son completamente autónomas y cuentan con unos parámetros definidos que permiten adaptarse a las características de cada producto. Dejando al operario únicamente las labores de supervisión y mantenimiento.





Respecto a los transportes, tanto los transportes de entrada y salida, dentro de cada celda, como los transportes entre celdas, se encuentran automatizados por medio de cintas.

Una vez alcanzadas las expectativas y cumplido los requisitos propuestos en cuanto a flexibilidad, se aboga por un diseño de planta altamente eficiente que impulsa tanto el volumen de producción como el ahorro de costes.

3. Catálogo.

El catálogo de productos consta de los siguientes 6 utensilios además del mango de madera que puede venderse por separado. A continuación, se exponen sus medidas y etapas en el proceso:

| PRODUCTO | ETAPAS | FOTO |
|--|---|--|
| Mango de madera <ul style="list-style-type: none"> Medidas: Diámetro: 25 mm Largo: 11 cm | Serrar, fresar, taladrar, roscar, barnizar |  |
| Azada con mango de madera <ul style="list-style-type: none"> Medidas: Largo: 40 cm (11 cm de mango + 29 cm de varilla de acero) Anchura de la cabeza: 6 cm Largo de la cabeza: 12 cm Grosor de la cabeza: 4 mm | Cortar, fresar, roscar, serrar, limpiar, soldar, endurecer, impregnar, atornillar inspección y empaquetar |  |
| Horca con mango de madera <ul style="list-style-type: none"> Medidas: Longitud: 26.5 cm (11 cm de mango + 15.5 cm de cabeza) Anchura de la cabeza: 8 cm Grosor de la cabeza: 1 cm | Cortar, fresar, afilar, roscar, limpiar, endurecer, impregnar, atornillar, inspección y empaqueta |  |

| | | |
|---|--|---|
| <p>Cuchilla de desbrozadora</p> <ul style="list-style-type: none"> Medidas: Diámetro: 25.5 cm Diámetro agujero central: 3 cm Diámetro interior: 10 cm Grosor: 1.5 mm | <p>Cortar, fresar, afilar, limpiar, endurecer, impregnar, inspección y empaquetar</p> |  |
| <p>Navaja de jardinería con mango de madera</p> <ul style="list-style-type: none"> Medidas: Largo: 19 cm (11 cm de mango + 8 cm de cabeza) Anchura de la cabeza: 2.5 cm Grosor de la cabeza: 1.5 mm | <p>Cortar, fresar, afilar, roscar, limpiar, endurecer, impregnar, atornillar, inspección y empaquetar</p> |  |
| <p>Hoz con mango de madera</p> <ul style="list-style-type: none"> Medidas: Anchura de la cabeza: 18 cm Altura: 40 cm Profundidad: 3 cm Grosor de la cabeza: 1.5 mm | <p>Cortar, fresar, afilar, roscar, limpiar, endurecer, impregnar, atornillar, inspección y empaquetar.</p> |  |
| <p>Tijera cortasetos con mango de madera</p> <ul style="list-style-type: none"> Medidas: Longitud de la hoja: 22 cm Longitud total: 36 cm Ancho de la hoja: 4 cm Grosor de la hoja: 3 mm | <p>Cortar, fresar, afilar, roscar, limpiar, endurecer, impregnar, atornillar, remachar, inspección y empaquetar.</p> |  |

Se debe tener en cuenta que todos los productos que llevan mango de madera, en sus etapas, están también incluidas las correspondientes al mango, que se fabricará de la misma manera tanto para su venta en solitario como para atornillarse al resto de piezas. Esta unión tendrá lugar en la etapa de atornillado. Por lo tanto, en los utensilios con mango, las etapas previas al atornillado son únicamente para la parte de acero.

4. Materias primas.

- Como se describió brevemente en la introducción de este documento, nuestro proceso se desarrolla desde 3 formas de materia prima:
- Acero en forma de planchas y varillas, y varas de madera de haya:

I. Planchas acero inoxidable:

- **Fabricante: Dongjin**
- **Descripción y propiedades:** El acero que se va a emplear tiene una densidad que equivale a 6800kg/m³ y con un módulo de elasticidad de 210 [con unos 105MPa]. Este acero no contiene elementos de aleación, únicamente carbono, y sus porcentajes de carbono están entre 1 y 1.4%. Así se consigue gran tenacidad. Además, presenta poca distorsión dimensional tras el tratamiento térmico que incorpora. Su dureza está entre 43 y 53 HRC (escala de dureza en la que se usa un penetrador de diamante).
- **Dimensiones:** El fabricante deja elegir la forma a la hora de hacer el pedido por lo que serán palets de de planchas, por lo que la longitud será variable desde 1 metro hasta 2, no es relevante dada nuestra flexibilidad en almacenaje y pre-conformado, pero el ancho y el espesor si son fijos, siendo de 1 metro y 30 mm respectivamente.
- Enlace: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Preferentially-1600371648804.html>

II. Varillas de acero:

- **Fabricante: JianShou Steel**
- **Descripción y propiedades:** Las propiedades son las mismas que en la forma de planchas ya que el material empleado es el mismo.
- **Dimensiones:** Una vez más el fabricante deja elegir entre varias longitudes y diámetros, a diferencia de la longitud en las planchas de acero, estas si que necesitamos que tengan unas dimensiones fijas, que son 1 metro de longitud y 10 mm de diámetro.
- **Enlace:** https://spanish.alibaba.com/p-detail/factory-11000003050930.html?spm=a2700.7724857.topad_classic.d_image.7ad357c1MOeXqR

III. Varas de madera de haya:

- **Fabricante: Leroy Merlin.**
- **Descripción y propiedades:** Pese a que el haya no suele ser utilizado en aplicaciones mecánicas por su cierta facilidad a abrirse, esto es fácilmente solucionado con un proceso de vaporizado, que ya han pasado estas varas. Una vez realizado este proceso, sus propiedades de densidad y dureza hacen que esta madera sea perfecta para su moldeamiento. En definitiva, la madera de haya tiene una densidad media de 710 kg/m³ y es semidura.
- **Dimensiones:** 1 metro de longitud y 30 mm de diámetro.
- **Enlace:** <https://www.leroymerlin.es/fp/14122563/varilla-de-haya-lisa-de-30mm-de-diametro-y-1m-de-largo>

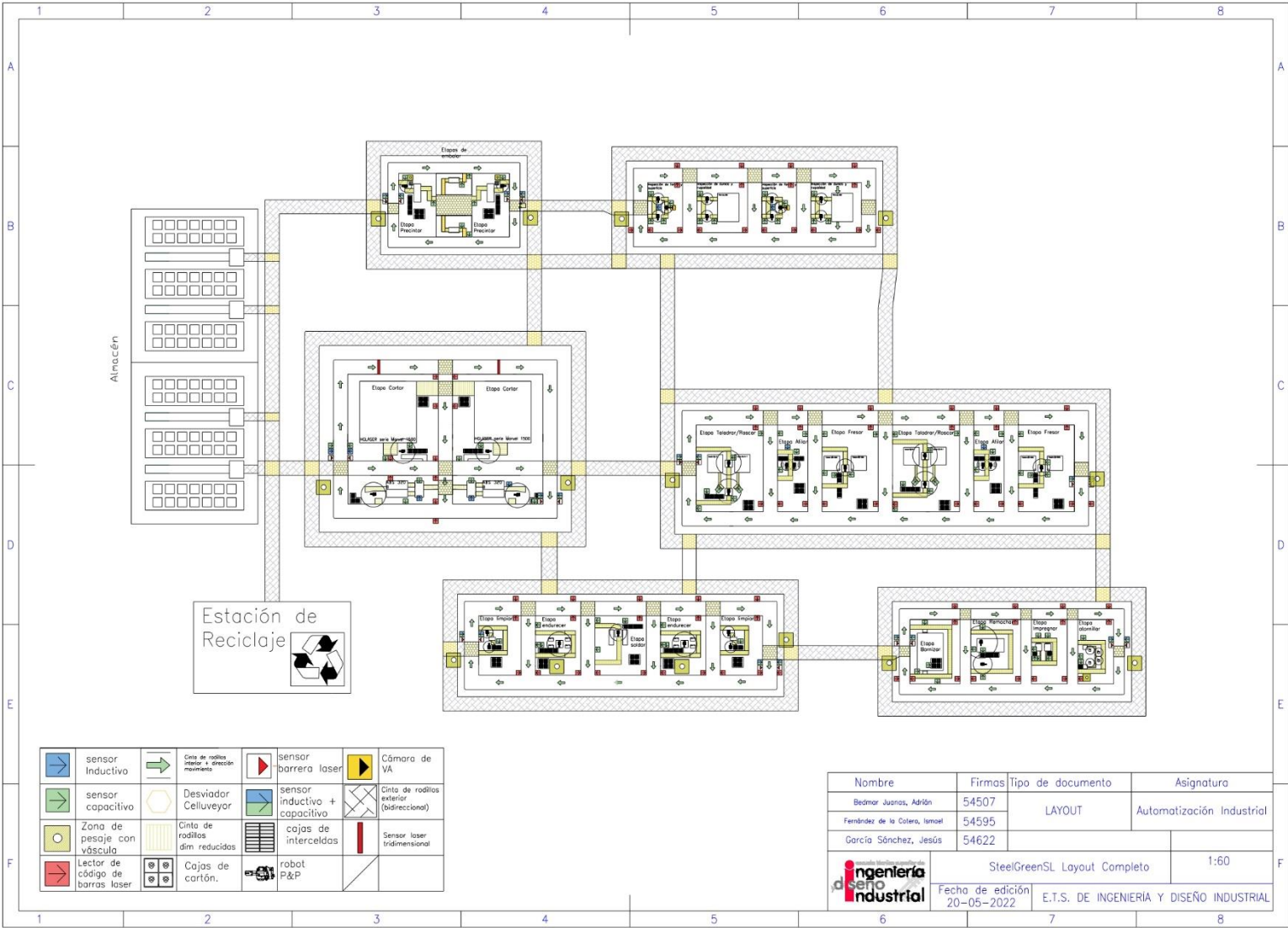
Las materias primas llegan a la fábrica en pallets, recubiertas en plástico y pilas de unidades. El tratamiento de los materiales para introducirlos en la planta se reduce a retirar este embalaje plástico que se realiza en el paso del almacén a la planta por el robot allí ubicado, se explicará más adelante.

Los pedidos se entregarán y se recibirán diariamente, pero su volumen será flexible dependiendo de la demanda, así se puede ajustar las cantidades que se recibe y adaptarse a la situación del mercado.

5. Etapas del proceso.

- **CORTAR:** se procederá a separar una forma primitiva de la pieza deseada de la materia prima en forma de planchas de acero, mediante la técnica de corte por láser.
- **AFILAR:** conformado de un filo en el reborde de una pieza para incrementar su capacidad cortante.
- **FRESAR:** mecanizado de la pieza por arranque de viruta empleando una máquina rotativa para definir la forma final de las piezas cortadas.
- **TALADRAR:** operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca.
- **SOLDAR:** proceso de fijación por el cual se unen dos piezas, en nuestro caso de metal, mediante fusión
- **ROSCAR:** realización de la rosca tanto hembra como macho es su correspondiente material para su posterior atornillado.
- **ATORNILLAR:** unión de las piezas a las que anteriormente se les ha realizado el roscado.
- **SERRAR:** división de la materia prima, que inicialmente se encuentra en forma de varillas de madera o acero, en otras de menor longitud utilizando una sierra circular.
- **LIMPIAR:** desengrasado y eliminación de las impurezas que pudiera haber sobre la superficie de la pieza.
- **REMACHAR:** unión permanente de dos hojas de tijeras a través de un remache, que consigue la unión mediante un eje pasante.
- **ENDURECER:** aplicación de un tratamiento térmico de templado sobre la superficie de piezas de acero para incrementar su dureza
- **IMPREGNAR:** realización de un tratamiento químico para conferir a las piezas de acero dureza y resistencia frente a la corrosión.
- **BARNIZAR:** aplicación de una capa superficial de barniz que mejorará el acabado y protegerá a las piezas de madera.
- **INSPECCIONAR:** revisión con ayuda de sensórica, de posibles imperfecciones o defectos que pudiera contener la pieza al finalizar determinadas etapas
- **EMPAQUETAR:** Se introducirán las piezas ya acabadas en cajas de cartón corrugado para su posterior distribución.

6. Layout.



En este apartado, se profundizará en la planta y en su diseño, se mostrará una descripción detallada de cada una de las celdas de la planta apoyada de sus respectivos planos. Se detallará también la manera en que se comunican, sus transportes y algún aspecto o proceso adicional a las propias celdas.

6.1. Transporte.

A continuación, se detallarán los mecanismos de transporte que se utilizan tanto para el transporte entre las distintas celdas como para el transporte dentro de ellas. Antes de entrar en detalle con estos mecanismos, cabe destacar que en toda la fábrica las distintas piezas serán transportadas en distintas cajas según la pieza, y se distinguen con distintos códigos de barras. Esto facilita todo el transporte y aporta a la flexibilización del proceso, ya que, leyendo estos códigos de barras, podemos saber qué tipo de piezas se encuentran en la caja y su estado en el proceso, y así, derivarlos a la celda o estación correspondiente. Además de ser capaces de realizarles cierto seguimiento y contabilizar la producción.

Cabe recalcar que las cajas no son las mismas a lo largo del proceso, se usarán tres tipos distintos:

- En la celda almacén, aunque realmente no sean cajas propiamente hablando, las materias primas vienen en lotes, estos están sobre palets almacenados.

- En la planta: se utilizan cajas de plástico compartimentadas, estas tienen un código de barras distinto dependiendo de la estación a la que pertenezcan, por lo que las piezas que almacenen serán distinguibles en todo el proceso.

Estas cajas son las que tienen mayor predominancia en el proceso, y el número total de estas es bastante elevado, todas las estaciones cuentan con un buffer interno de cajas para utilizarlas, e incluso, las más grandes tienen un pequeño almacén para gestionarlas.

El sistema que utiliza la fábrica para hacer llegar estas cajas vacías a las estaciones, es el mismo que utiliza para hacer llegar las cajas llenas con las piezas, en cualquier entrada de cada celda hay una báscula, ésta detecta las cajas llenas de piezas pero también las cajas rellenas de cajas, por la diferencia de peso, por lo que cuando son necesarias, el control las pide al almacén y automáticamente pueden llegar al almacén interno de las estaciones.

- Salida de celda embalaje: cajas de cartón corrugado con un código de barras que indica que producto contiene dentro.

I. TRANSPORTE INTERCELDA

El transporte entre distintas celdas se realiza mediante cintas transportadoras de rodillos motorizados, ya que estas nos permiten realizar desplazamientos más largos de forma más rápida y eficiente. Además, para los puntos donde haya una intersección se pondrán cintas CELLUVEYOR, una cinta inteligente, y que puede conectarse con los distintos sensores para programar su dirección según lo leído por estos sensores. Esto permite derivar las piezas hacia una celda o estación por decisión del control.

II. TRANSPORTE INTRACELDA E INTRA-ESTACIONALES.

Dentro de las celdas se sigue un procedimiento similar, con cintas de rodillos y Celluveyor, ya que esta nos permite, como se ha explicado antes, programar sus direcciones según las entradas que reciba de los distintos sensores que se encuentren en la celda u estación. Aunque las dimensiones son algo reducidas. Esto nos permite, de una forma simple, que las cajas entren en las estaciones cuando les corresponde y que salgan de la celda cuando los procesos dentro de esta han sido realizados. Se ha de destacar también, que para mejorar la flexibilidad de la fábrica y facilitar el diseño de esta, en todas las celdas se han dispuesto dos entradas bidireccionales, que sirven tanto de entrada como de salida de la celda, por lo que las cajas tienen dos entradas y salidas disponibles, independientemente de su recorrido y proceso.

Dentro de cada estación es una tarea imposible el generalizar, se utilizan ambos sistemas anteriores, pero hay una amplia presencia de robots Pick and Place que cuentan con una mayor precisión a la hora de maniobrar con las piezas y no únicamente con las cajas.

Descripción de los elementos de transporte:

I. Cintas transportadoras de rodillos motorizados:

- **Fabricante:** Lp Conveyors





- **Descripción:** Todo el transporte, excluyendo el de corta distancia intraestacional, de la fábrica se realiza mediante el uso de cintas transportadoras. Todas ellas, tanto los tramos rectos como los curvos son encargadas a la empresa LP Conveyors.
LP Conveyors diseña y fabrica distintos tipos de transportadores de rodillos para manutención de pallets, productos encajados, donde la cinta o banda transportadora no tiene aplicación por limitación de diseño, capacidad de carga etc.
Con transmisión mediante bucles de cadena y cadena tangencial. El tipo de rodillo y su paso, así como la transmisión dependerá de las características de la unidad a transportar y las dimensiones del equipo.
Por lo que para un diseño de una fábrica con grandes expectativas de flexibilidad es ideal.

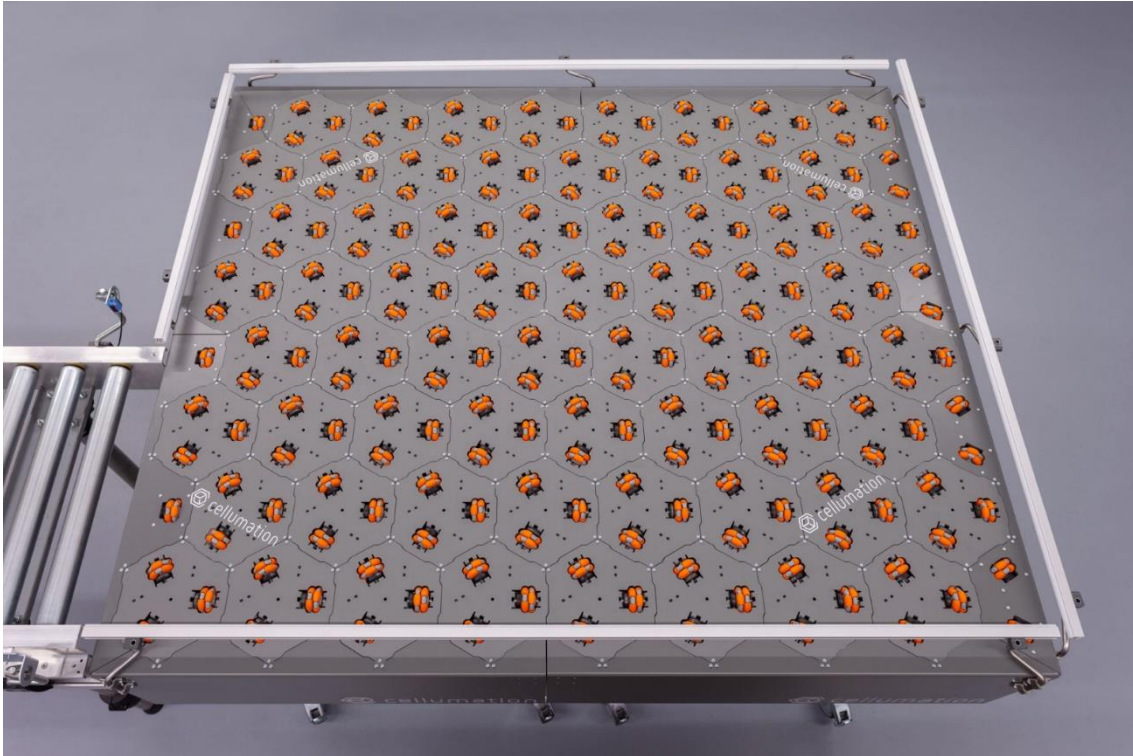
A lo largo de nuestra planta se utilizan distintos anchos en las cintas, en la primera celda de pre-conformado donde es necesario transportar materias primas llegan hasta anchos de 3 metros, en el resto de la fábrica el tamaño estándar es de 1 metro, pero alguna estación cuenta con anchos reducidos de 500 y 250 milímetros.

En cuanto a las secciones curvas de las cintas, el fabricante cuenta con un abanico de anchos o incluso fabrican un número reducido de secciones a medida, por lo que las dimensiones no son ningún problema, incluso en donde se necesitan anchos superiores al metro de longitud.

- **Enlace:** <https://www.lpconveyors.com/transporte-y-manutencion/transportadores-de-rodillos-motorizados/>

II. Desviador inteligente Celluveyor

- **Fabricante:** Vcon



- **Descripción:** El desviador Celluveyor es un desviador de alto rendimiento y gran flexibilidad basado en el accionamiento omnidireccional del Celluveyor. Está diseñado para integrarse completamente en el marco del fabricante del transportador. El desviador Celluveyor puede cambiar el flujo de objetos individuales en un flujo de paquetes. Recibe un flujo único o múltiple de objetos y puede eliminar selectivamente los objetos a la izquierda y a la derecha del flujo. El ángulo de desvío es libremente programable.

En todas las celdas se utilizará un módulo Celluveyor en dos situaciones; cuando exista una intersección de cintas de rodillos motorizados, o bien, a la entrada de una estación.

El tamaño de la célula es de 150 mm de lado y 200 mm de sección, tiene la ventaja de ser escalable, por lo que puede conformar la superficie que se desee. Tiene un rango de temperaturas bastante amplio, de 5 a 45°C, por lo que se adapta a una gran flexibilidad de los procesos industriales. Soporta ambientes de hasta el 50% de humedad y produce un ruido máximo de 70dB.

- **Enlace:** <http://vcon.es/portfolio/celluveyor-oem/>

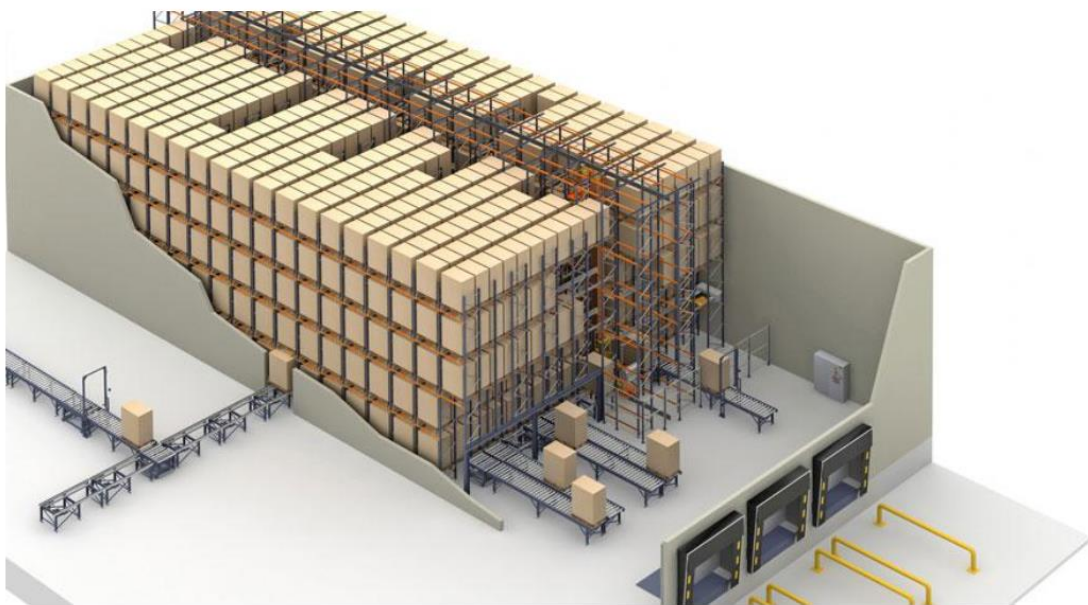
6.2. CELDA DE ALMACENAJE.

En toda planta de fabricación, más aún con unas altas prestaciones en flexibilidad, es de vital importancia el gestionar los recursos de una manera eficiente. Gran responsabilidad de esto recae en los elementos de almacenaje, y aunque los elementos de transporte, explicados anteriormente, se consideran a su vez un elemento de almacenaje, no tienen ese carácter permanente sino más bien actúan a modo de pulmón que hace acopio de los materiales necesarios para un proceso posterior y como la primera barrera y la más inmediata ante posibles saturaciones y gestiones inadecuadas.

Por lo tanto, para el almacenaje de carácter permanente de las materias primas y cajas de productos intermedios de producción, además de, en alguna ocasión almacenar los productos acabados se va a utilizar un almacén automatizado que comparte las expectativas en cuanto a flexibilidad y eficiencia con el resto de la planta, este es el Pallet Shuttle automático, de Mecalux Esmena.

- **Enlace:**

<https://www.mecalux.es/almacenes-automaticos/almacenes-automaticos-palets/pallet-shuttle-automatico>



Representación 3D del almacén Pallet Shuttle.

Este sistema incorpora sistemas automáticos en los procesos de manutención del almacén, facilitando a las empresas como la nuestra la diferenciación de su oferta de productos y servicios, gracias a la reducción de costes y al aumento de las prestaciones de la cadena logística.

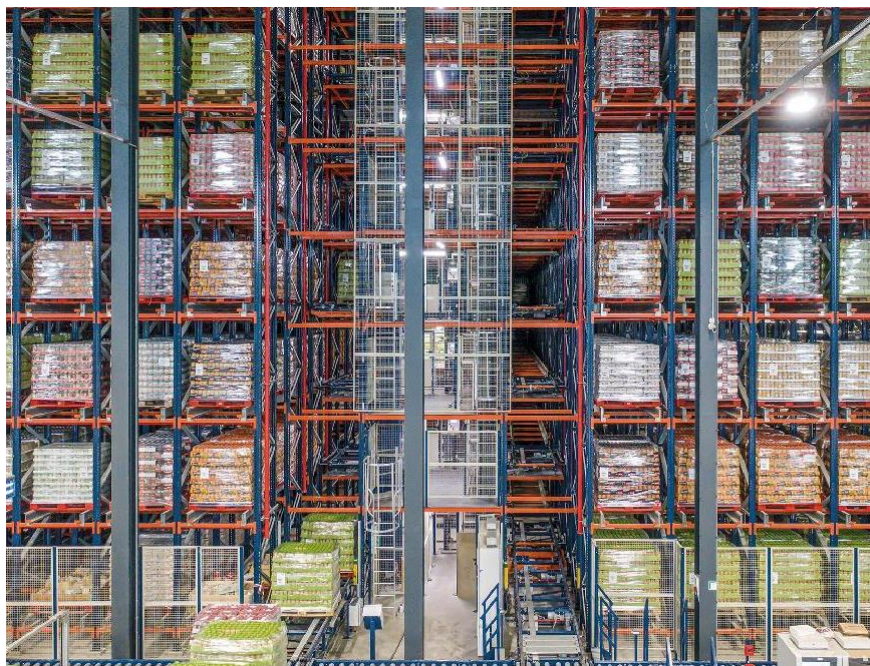
En esta solución de almacenaje se sustituyen las carretillas elevadoras por transelevadores o lanzaderas que transportan en su cuna el Pallet Shuttle y la carga. Lo que para nuestro almacenaje en cajas y la materia prima en palets es perfecto. El carro se introduce en los canales de almacenaje y posiciona cada uno de los palets en el hueco más profundo que esté libre. Todo ello siguiendo las órdenes lanzadas por el software de gestión de almacenes Easy WMS.



Representación 3D de la lanzadera que utiliza el almacén Pallet Shuttle

En definitiva, el Pallet Shuttle automático reúne la optimización de la capacidad de almacenaje de los sistemas compactos, con la reducción de los tiempos empleados en cada operación propia de los sistemas automáticos.

Este almacén al ser automático y programable tiene la peculiar ventaja que puede almacenar tanto materias primas, productos intermedios y productos acabados sin necesidad de separarlos ya que él mismo selecciona la manera más eficiente de almacenarlos. Como haría un disco duro con la información en tu ordenador.



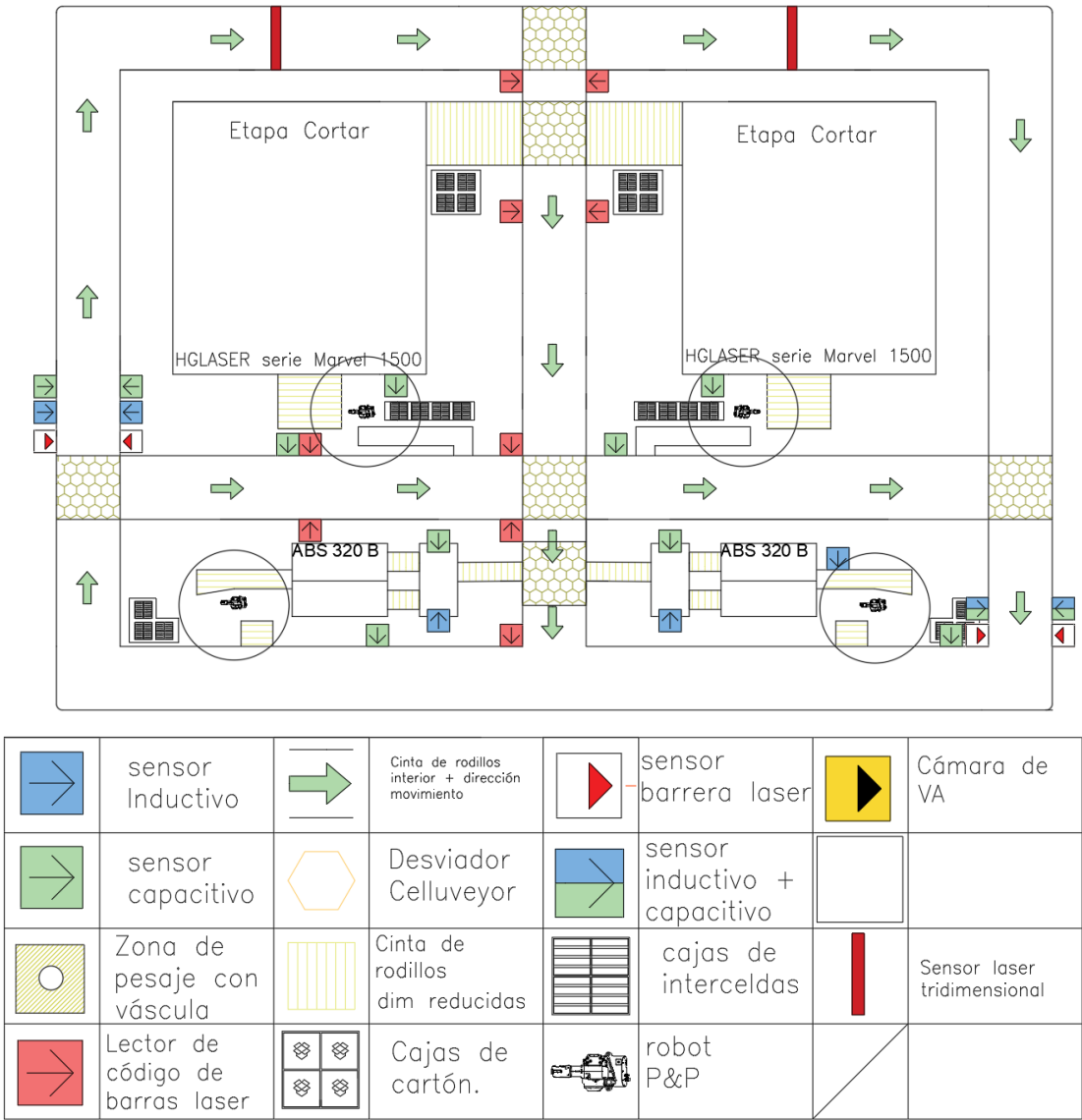
Vista real en la planta del almacén Pallet Shuttle.

Como se ha visto anteriormente, las materias primas se entregan en palets por lo que en la fábrica se almacenan directamente, respecto a los productos intermedios o acabados se juntan en un lote teniendo en cuenta la carga que puede soportar la lanzadera (1500kg).

La capacidad total de los almacenes es de 1500 cajas en total, dividiéndose en estantes de 5 niveles de altura diferentes, a los que se accede mediante el uso de un elevador. Para cada altura, se dispone de una lanzadera que se desplaza longitudinalmente, hasta llegar al canal objetivo. Una vez en él, el carro la recoge de

su sitio para así poder ponerla en circulación por la planta o en el caso de ser un lote de productos terminados entregarlos a su destinatario.

6.3. CELDA DE PRE-CONFORMADO.



Plano de representación a escala de la celda pre-conformado

A esta celda entrara la materia prima para poder ser tratada de cara a los siguientes procesos. Esta materia prima llegará en forma de planchas de acero y de varillas de acero y madera. Estas se distinguirán dentro de la celda mediante sensores tridimensionales que detectarán si se trata de planchas o varas.

Dentro de esta celda se ejecutará, por un lado, el corte de las planchas mediante láser, obteniendo la preforma de los distintos utensilios que van a fabricarse. Esto se realizará en la estación de corte

Además, se cortarán las varas de madera y acero al tamaño necesario, esto se hará en la estación de serrado.

Dentro de la celda habrá dos estaciones de cortado y dos de serrado, las cuales podrán ser utilizadas indistintamente.

Una vez las preformas y varillas estén ya en sus distintas cajas, las cuales se distinguen mediante el código de barras incluido a la salida de las respectivas

estaciones, procederán a abandonar la celda por alguna de sus dos salidas. En las salidas habrá un sensor de peso analógico o báscula, el cual realizará un control y se comprobará si el peso es el correcto o no. En caso de que lo sea, continuará con el proceso habitualmente, y en caso contrario se activará una cinta que lleve esa caja defectuosa a la estación de reciclado donde se evaluará su retorno al proceso.

I. Estación de cortado: ISMA

En esta estación entran entrarán las planchas de acero, y según el utensilio a fabricar se cortará sus preforma mediante láser. Una vez realizado el cortado, saldrá a una cinta Cellveyor, la cual según el tipo de utensilio que sea, lo mandará en dirección a su caja correspondiente. La cinta está conectada con el CNC encargado del corte, por lo que sabrá el tipo de utensilio que se ha mecanizado para poder así mandarlo a su caja correspondiente.

Estas cajas, una vez se hayan introducido el número deseado para completar el lote, saldrán de la estación para dirigirse a la salida de la celda. El control del número de piezas que se han introducido en la caja se llevará a cabo con distintos contadores. Por otro lado, las cajas serán puestas en su sitio correspondiente mediante un robot pick and place, el cual colocará una caja cada vez que detecte que la caja se ha llenado y por lo tanto ha salido, en su lugar correspondiente. A su vez, a esta caja se le pondrá el código de barras correspondiente a su utensilio para facilitar su diferenciación.

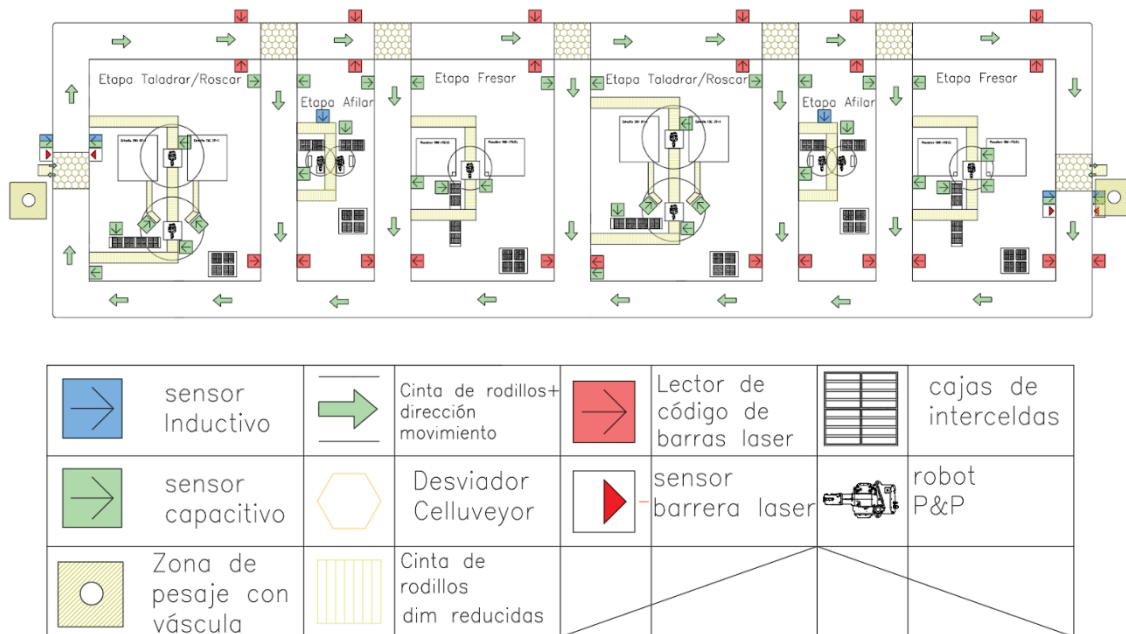
II. Estación de serrado: ISMA

Las varillas (de acero y madera) por otra parte se moverán por la celda hasta la máquina de serrado. A la entrada de la estación se dispondrá de un sensor inductivo que diferenciará las barras de metal de las de madera, y las mandará a su serradora correspondiente.

Una vez hayan sido serradas se introducen en su caja correspondiente. aquí no es necesaria ninguna cinta inteligente a la salida ya que según de la máquina de serrado que salgan ya irán directas a su caja correspondiente.

El sistema de las cajas funcionará igual que en la estación cortar, cuando se hayan introducido en una caja el número deseado de piezas esta saldrá y se dirigirá a la salida, Cuando esto ocurra un robot pick and place colocará otra caja vacía en ese lugar, y se pondrá en ella el código de barras correspondiente.

6.4. CELDA DE MECANIZADO



Plano de representación a escala de la celda mecanizado

Esta celda se encarga de dar la forma a las diferentes piezas que van a componer nuestros utensilios de jardinería. En esta celda se aplicarán las etapas de taladrar y roscar, fresar y afilar. Roscar y taladrar se realizan en la misma CNC, la cual es capaz de realizar ambos procedimientos.

Dispondremos de dos estaciones de taladrar/roscar, dos de fresar y dos de afilar. Los materiales llegarán de la celda de pre-conformado agrupadas en distintas cajas según la parte de cada herramienta que sean, y, al igual que en la celda anterior, se distinguen mediante distintos códigos de barras que se irán poniendo en la caja cuando las piezas salgan de una estación.

Mediante estos códigos de barras y sensores láser con lectores de los mismos, se controlará el movimiento de las distintas cajas por la celda para ir a las estaciones que les corresponda, ya que a diferencia del caso anterior ya existen posibles itinerarios donde se atraviesan varias de las estaciones de esta celda.

Todas las estaciones tienen un sensor de presencia capacitivo antes de sus respectivas salidas para dotar de una mayor seguridad a la maniobra de sacar una caja a la cinta.

I. ESTACIÓN DE TALADRAR/ROSCAR

En esta estación se realizará el taladro en las barras de madera y el roscado tanto hembra como macho en las varas de madera y en las piezas de metal para su posterior atornillado en la celda posterior. Cada estación cuenta con dos máquinas CNC DT-1 haciendo un total de 4 en la celda. Los distintos materiales llegarán en sus cajas correspondientes a la estación, allí, al activar el sensor de presencia capacitivo, un robot Pick and Place introducirá la pieza a la estación CNC desde las cajas. Este CNC obrará con el programa correspondiente según la pieza.

Para los mangos de madera primero taladrará la vara y después realizará el roscado, y para las piezas de metal solo realiza el roscado en el punto donde se va a atornillar. Posteriormente, otro robot Pick and Place situará las piezas en sus cajas hasta llenarlas, recogiendo de las salidas de los CNC's por la activación de otro sensor de presencia capacitivo. Estas tendrán su código de barras correspondiente.

II. Estación de Fresado

En esta estación se dará la forma final a las distintas puntas de los utensilios de jardinería. Se realizará en un CNC de fresado inteligente UMC-750SS el cual dispondrá de los distintos programas según la pieza a procesar. La estación contará con 2 máquinas CNC haciendo un total de 4 en la celda.

Las piezas llegarán en sus cajas correspondientes y serán introducidas en el CNC mediante un robot Pick and Place, que gestiona la entrada y la salida de ambos CNC's.

Una vez finalizado el mecanizado, este se encarga de introducirlas en la caja de salida, identificada con su código de barras.

En la posición de la caja de salida, existe un sensor de presencia capacitivo que le dice al robot cuando colocar otra caja nueva y actúa ante situaciones imprevistas cuando, por mal funcionamiento el programa, del robot pierda la cuenta de las piezas.

III. Estación de Afilado

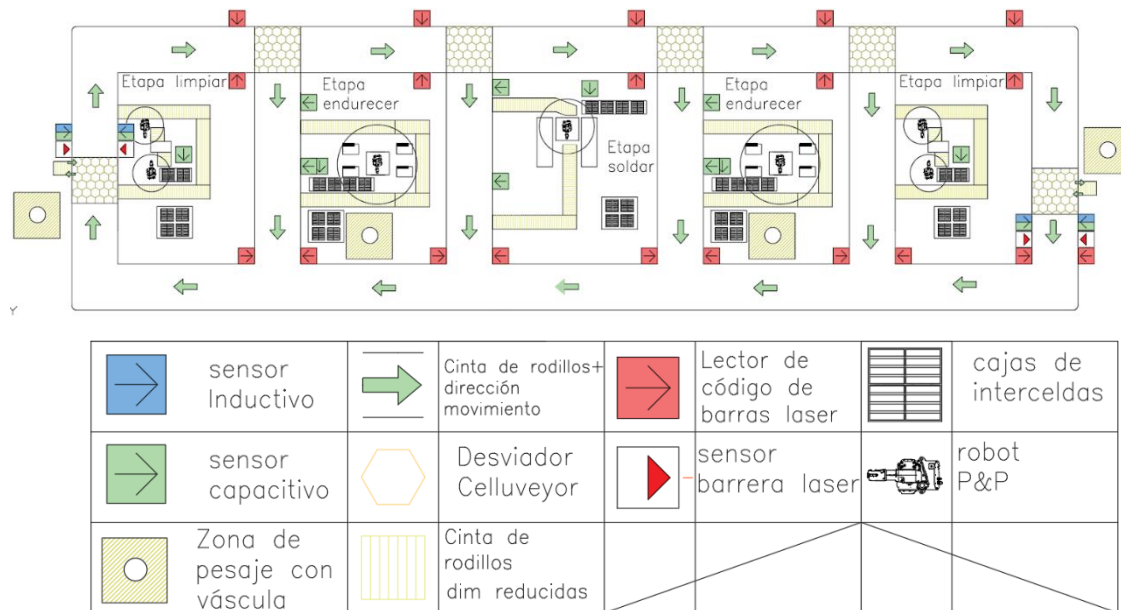
En esta estación se realizará el afilado de las piezas metálicas de las herramientas que lo necesiten.

La estación de afilado cuenta con 2 máquinas afiladoras HMS1000, sumando un total de 4 por etapa.

Las piezas llegarán en sus cajas correspondientes y cuando activan el sensor de presencia inductivo, ya que las piezas contendrán metal de manera segura en esta estación y en caso contrario, dado que se trate de un error, no se activará este sensor, el robot Pick and Place retirará la caja de la cinta e irá introduciendo y colocando las piezas en la afiladora, una vez finalizado el procedimiento, serán colocadas en otras cajas, a las que se les asigna el código de barras.

El buffer de cajas de plástico cuenta con un sensor en caso de que se agoten y cada robot gestiona una máquina afiladora, tanto su salida como su entrada.

6.5. CELDA DE PROCESOS TÉRMICOS



Plano de representación a escala de la celda de procesos térmicos.

En esta celda se van a realizar todos los procedimientos térmicos que son necesarios en nuestro proceso, que son limpiar, endurecer y soldar. Dispondremos de dos estaciones tanto de limpiar como de endurecer, ya que la mayoría de las piezas deben pasar por estos procesos. En cambio, solo tendremos una encargada de soldar, ya que solo se necesita soldar la azada y por lo tanto el volumen de piezas que atraviesen la estación a lo largo de la producción será menor.

La distribución de celda sigue el estilo de la anterior, con forma de bucles anidados horizontalmente, utilizando los módulos de Celluveyor en las intersecciones y en las entradas/salidas.

Además, como es una estación en la que probablemente muchos posibles itinerarios pasen por varias estaciones del mismo se han repartido las estaciones de manera simétrica, un detalle que hace, que sobre el papel, el diseño gane cierta eficiencia acortando los caminos teóricos más eficientes de los productos.

I. ESTACION DE SOLDAR

En esta estación se realizará la unión de las varas de metal de la azada con su punta fabricada previamente en las etapas anteriores. Esta unión, al tratarse de dos metales y buscar una unión homogénea, se realizará mediante soldadura por fricción. Las piezas llegarán en sus cajas correspondientes y serán introducidas en la soldadura mediante un robot Pick and Place. Posteriormente las colocará en otra caja con el adecuado código de barras.

En esta estación el robot gestiona el solo la entrada y salida de 2 máquinas soldadoras, además de la caja de entrada y la de salida. Puede parecer bastantes tareas, pero el tiempo de ciclo de la operación le permite realizarlas sin ningún problema.

La estación cuenta con un sensor de presencia capacitivo para detectar cuando el buffer de cajas se está quedando vacío y otro de seguridad para la salida.

II. ESTACIÓN DE LIMPIAR

En esta estación se realizará la limpieza de las distintas piezas con el objetivo de eliminar

las impurezas y desengrasar para que lleguen en perfecto estado al consumidor.

Esto se realizará en una máquina de limpieza mediante ultrasonido de 4 etapas. Las piezas llegarán en sus cajas correspondientes y serán vaciadas en la cinta de la máquina mediante la acción de un Pick and Place.

A la salida de la máquina las piezas ya limpias se volverán a introducir en cajas con su respectivo código de barras por un segundo Pick and Place.

En esta ocasión, dado que la estación de limpieza puede limpiar toda una caja de piezas a la vez se utilizan dos robots para una sola estación.

Tanto en la entrada, como antes de la salida, por motivos de seguridad y en el buffer de las cajas, se encuentran sensores de presencia capacitivos.

III. ESTACIÓN DE ENDURECIMIENTO

En esta estación se realizará el endurecimiento de las puntas y hojas de las piezas de metal para mejorar así su funcionalidad y resistencia.

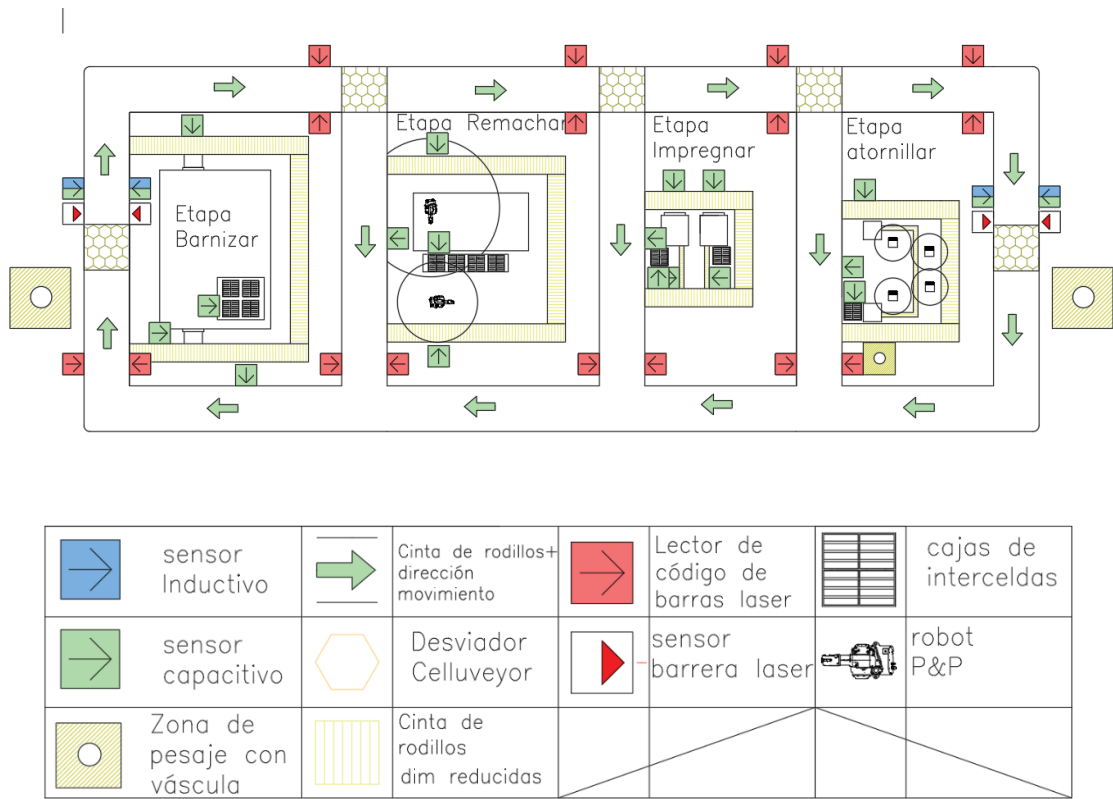
Este procedimiento se realiza mediante el TruDisk, es un láser de estado sólido patentado de alto rendimiento para la soldadura, el corte y el mecanizado de superficies de metales. Las piezas llegarán en sus cajas correspondientes, una vez que se detecte en el sensor de presencia capacitivo y si previamente el lector de código de barras más próximo hizo una lectura de una caja que debía entrar en la estación, la caja se parará y las piezas serán introducidas mediante un robot Pick and Place a las máquinas TruDisk 1000. y, una vez finalizado el mecanizado, las colocará en una caja con el código de barras correspondiente.

En este caso, dada la lentitud del tiempo de ciclo de las máquinas un pick and place gobierna las 4 máquinas de manera completa, es decir su entrada de piezas, su salida y las cajas tanto de entrada como de salida.

Como el robot tiene una ocupación tan alta, hemos relegado cierta responsabilidad en un sensor de peso o báscula para indicar a la cinta cuando la caja está llena. Así independizamos este proceso del robot.

La estación también cuenta con sensores de presencia capacitivos en la salida, con motivos de seguridad y en el buffer de las cajas.

6.6. CELDA DE ACABADO



Plano de representación a escala de la celda de acabado

En esta celda se realiza el montaje y acabado de las piezas que nos llegan de las celdas previas, con el objetivo de dejarlo preparado para su entrega, siempre y cuando superen el control de calidad, el cual se hará en la siguiente celda.

La parte de montaje tiene dos procesos: una de atornillar, en la que se atornillan los mangos con sus correspondientes cabezales y otra de remachar, para la unión de las hojas de las tijeras.

La parte de acabado tiene otros dos procesos: una de impregnar, que se utiliza para las piezas de metal y otra de barnizar, que se utiliza para las piezas de madera.

En esta celda solo hay una estación de cada proceso, ya que son procesos relativamente rápidos respecto al tiempo total de producción de cada producto, o bien, poco frecuentes, como la estación de remachar, exclusiva para las tijeras de podar.

Esto conlleva a que, pese a ser estaciones únicas, no se produzcan desbordamientos ni tiempos de espera considerables como para provocar un mal funcionamiento.

I. Estación de atornillar

Cuando el lector de código de barras detecta una caja con piezas que se vayan a atornillar con un mango, entra en la estación de atornillar.

La estación tiene un sistema diferente, a la hora de pedir las piezas que necesita, al resto de las estaciones. Esto es debido a que realmente necesitamos tanto mangos de madera, como la otra pieza que vayamos a atornillar.

Como en cualquier proceso de atornillado necesitamos mangos de madera, la estación puede almacenar hasta 2 cajas de mangos sin incluir a la que vuelca en la cinta y llegan a las estaciones.

Suponiendo que hay mangos operativos en la estación, una vez detenida la caja de la otra pieza atornillable, ésta se vierte en una tolva que posteriormente las vuelca en una cinta amarradas y colocadas en perfecta alineación en posición vertical, de manera que permite a las piezas que se van a atornillar pasar ordenadamente por un módulo de atornillado compuesto por 4 Cobots. Encargados de unir, en este caso un cabezal con su correspondiente mango de madera.

Una vez finalizado, se vierten de la estación de atornillado a la caja correspondiente, con su código de barras y cuando el sensor de peso llegue a los valores de funcionamiento se procede a activar la cinta para expulsar de la estación la caja.

II. Estación de remachar

Cuando el lector de código de barras detecta que es una caja con piezas de tijeras, entra en la estación de remache. Una vez detenida la caja por detección provocada por el sensor de presencia capacitivo, un robot Pick and Place posicionará las hojas de las tijeras en la máquina de remachar, ya dentro es el mecanismo interno el encargado de colocar las hojas en su posición perfecta para permitir la unión con una tolerancia de nanómetros.

Una vez finalizado, serán devueltas a las cajas por otro Pick and Place, a las que se les actualizará el código de barras.

Como el número de tijeras ya unidas es reducido no se ha hecho uso de sensores de peso, solo un sensor de presencia capacitivo para asegurar que la caja está colocada en la posición que espera el robot y él llevará la cuenta.

También encontramos los típicos sensores de presencia en el buffer de las cajas, para pedir las al control y que no se acaben, además de uno que nos asegura la salida de la estación.

III. Estación de impregnar

En esta estación se impregnan los productos con aceites en la máquina MC 1C-1000 mediante un sistema de rodillo de espuma y con recuperación del producto, con la capacidad de impregnar una sola cara de paneles con un ancho de hasta 1000 mm o piezas ensambladas. Con el objetivo de evitar su oxidación y mantenerlo en el mejor estado hasta llegar al cliente final.

Como en esta estación las piezas pasan por un rodillo, la colocación no es tan meticulosa como en otras estaciones y podemos utilizar métodos para introducir las piezas más rápidos y caóticos, en este caso, las piezas entran en la máquina de impregnado mediante un proceso de volcado. Lo que hará que sea un proceso más rápido.

Cuando la caja entrante es detectada por el sensor de presencia capacitivo, la cinta con una cierta pendiente descendente situada en la boca de la tolva acoplada a la entrada de la máquina es activada.

Como la estación cuenta con 2 máquinas, se han colocado también dos sensores para realizar esta tarea.

Una vez finalizado el proceso de impregnado, y su posterior secado, la máquina reúne las piezas en su respectiva caja con el código de barras propio del proceso.

A continuación, la caja avanzará hasta llegar a la cinta de rodillos principal de la estación y será evacuada cuando se detecte con otro sensor de presencia capacitivo.

IV. Estación de barnizar

Para barnizar los productos que contengan alguna superficie de madera con una disolución de una o más resinas en un aceite, se realiza mediante la máquina de barnizado MITO, que es completamente automática. Este proceso se lleva a cabo con el objetivo de que, al secarse, este barniz, forma una capa lustrosa capaz de resistir la acción del aire y de la humedad.

Esta estación está equipada con una barrera de detección por fotodiodos de gran precisión para detectar las piezas entrantes. La detección precisa de las dimensiones de las piezas y el procesamiento de su posición por parte del software de gestión permiten optimizar la pulverización y reducir al mínimo el desperdicio de pintura.

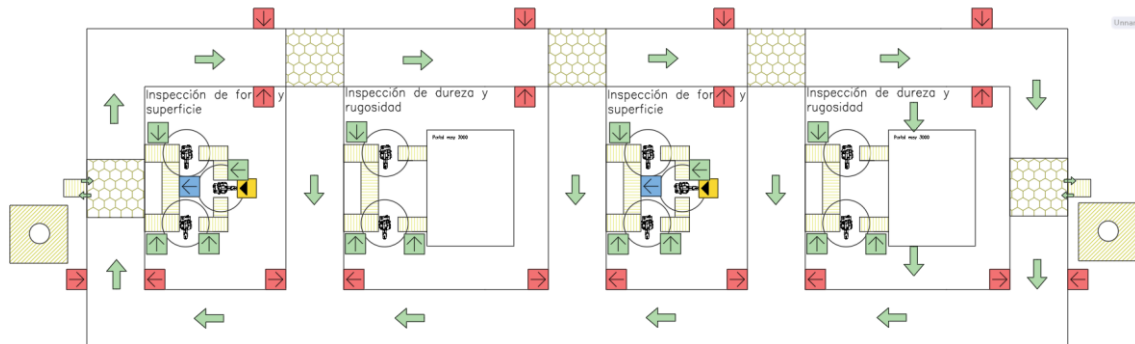
Como en esta estación la máquina barnizadora MITO admite las piezas por una cinta, las cajas cuando llegan a la estación y son detectadas por el sensor de presencia capacitivo, esto activa la cinta de entrada de la máquina y las piezas acceden al interior.

La propia máquina las gestiona y las coloca para barnizarlas lo que hace que se reduzca considerablemente el tiempo de procesamiento de la estación.

Una vez finalizado el proceso de barnizado, serán vertidas a las cajas a las que se les ha asignado el código de barras pertinente, y cuando la caja se posicione en la salida de la máquina se procederá a la maniobra de salida de la estación.

La gestión de las cajas es interna en la máquina, aunque se ha colocado un sensor capacitivo para conectarla al sistema de control y que sea capaz de admitir “cajas de cajas” para reponerlas.

6.7. CELDA DE INSPECCIÓN



| | | | | | | | |
|--|----------------------------|--|--|--|----------------------------------|--|----------------------|
| | sensor inductivo | | Cinta de rodillos + dirección movimiento | | Lector de código de barras laser | | cajas de interceldas |
| | sensor capacitivo | | Desviador Celluveyor | | sensor barrera laser | | robot P&P |
| | Zona de pesaje con vâscula | | Cinta de rodillos dim reducidas | | Cajas de cartón. | | Cámara de VA |

Plano de representación a escala de la celda de inspección.

En esta estación se realiza la labor de inspección de tanto piezas como, sobre todo, productos acabados para asegurarnos que están dentro de las tolerancias impuestas en nuestro acuerdo de calidad tanto en forma como en dureza.

Se realiza una inspección de dureza, otra de forma y otra de análisis superficial.

La inspección de dureza se realizará con el durómetro de portal. Las piezas o productos llegarán en sus cajas correspondientes y serán colocadas en la cinta del durómetro mediante la acción de un robot Pick and Place.

Dependiendo del contenido de esas cajas el durómetro actuará con el programa adecuado en consecuencia. A la salida de éste, los utensilios que estén correctos serán introducidos de nuevo en sus cajas correspondientes.

Para la inspección de forma se va a utilizar una estación de medición e inspección visual en 3D. Esta consiste en que, una vez más, un robot antropomórfico Pick and Place agarrará las piezas y las irá moviendo delante de una cámara siguiendo el programa, la cual compara la forma y superficie de los distintos utensilios con datos previamente almacenados.

Las piezas llegarán desde sus cajas correspondientes y tras su inspección positiva serán introducidas nuevamente en sus cajas.

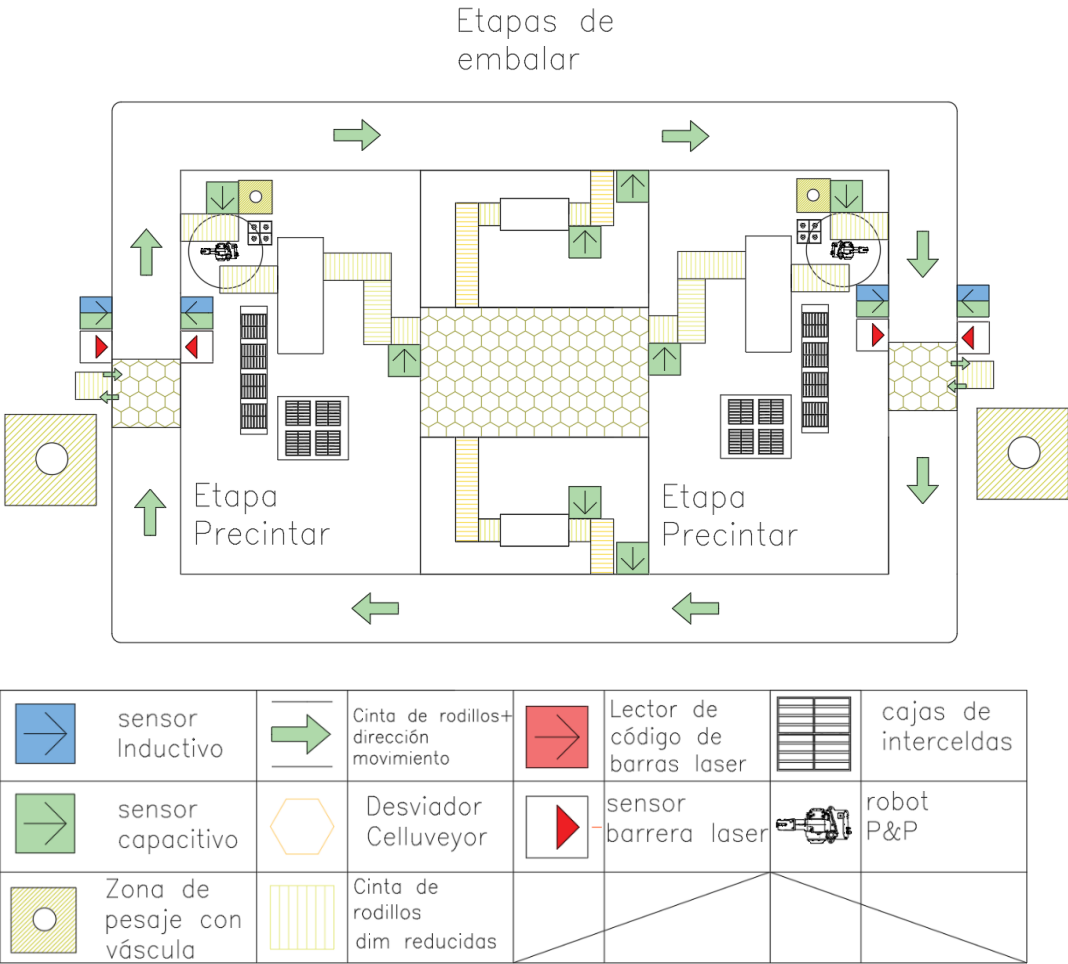
Para ambas inspecciones, en caso de que la inspección arroje resultado erróneo, esa pieza será sacada del sistema y se llevará a una estación de reciclaje, donde, si es posible, se volverá a introducir en la etapa de mecanizado.

La tarea de inspeccionar el producto por lo general, aunque depende de la pieza, lleva más tiempo que el resto de las etapas por lo que habrá 2 estaciones, tanto de inspección de dureza, como de inspección de forma y superficie.

Cabe recalcar que el ensayo de dureza no se aplicará en ningún caso a superficies de madera en productos acabados ya que es un procedimiento, que pese a ser necesario, tiene altas posibilidades de llevar a la destrucción de la pieza si esta está verdaderamente lejos de cumplir las expectativas en dureza. Por lo que el ensayo de dureza sólo se aplicará a los mangos.

Es necesario, por último, añadir que la celda no cuenta con una estación de inspección mediante pesaje, esto es debido a que existen sensores que miden el peso repartido por la planta que realizan esta labor continuamente, además muchas máquinas cuentan con sensórica interna que indican el peso del producto que están trabajando.

6.8. CELDA DE EMBALAJE



Plano de representación a escala de la celda de embalaje.

A esta celda llegarán los utensilios es sus cajas correspondientes y serán cerradas y precintadas para su posterior distribución. Además, se les colocará una etiqueta final indicando el utensilio dentro de las cajas para facilitar su posterior producción.

A esta celda llegarán cajas con utensilios ya terminadas dispuestas a ser empaquetados en otras cajas, éstas, de cartón corrugado, en el formato para su transporte y distribución.

Las cajas comenzarán a ser llenadas tras su montaje en la máquina montadora. La máquina montadora también pegará una etiqueta a las cajas para indicar el contenido de ellas.

A lo largo de la celda se encuentran dispuestos sensores capacitivos en conjunto con lectores de códigos de barras para identificar el tipo de caja que circula en las cintas.

Cabe destacar, que, si sacrificamos un ápice de flexibilidad en toda la planta, es en esta estación. Esto encuentra su justificación en que el entorno de rodillos de la cinta transportadora de la celda podría dañar el cartón en caso de una caja que saliera de la estación de empaquetado a la estación de embalaje y permaneciera mucho en este buffer, por lo que se ha preferido separar en cierta manera, el producto de la estación

empaquetado del resto de la celda. Solución bastante adecuada ya que no interfiere en el comportamiento del resto de la celda.

I. Estación de Empaquetado

Las cajas con las herramientas entran a un buffer de carga y un robot Pick and Place será el encargado de ir colocando individualmente cada una de las piezas dispuestas en las cajas con protectores de poliestireno expandido, que se encontrarán apilados en un montón al alcance del robot, y servirá para que no se dañen las herramientas en el transporte. Un sensor de peso medirá el peso de la caja inicial hasta detectar que se haya vaciado del todo. Una vez vacía, se doblará y se introducirá en otra caja de plástico, es en esta estación donde se forman “cajas de plástico de cajas de plástico”, estas se pondrán en circulación y entrarán en cualquier otra estación que sean necesarias.

Explicamos que el número de estas “cajas de cajas” es fijo, y dado que su uso realmente es algo cíclico, no causará saturaciones en ningún punto.

A la salida de la montadora de cajas habrá un sensor capacitivo que detectará el paso de la caja de embalaje que una vez llena se enviará al bucle post-embalaje.

II. Estación de Precintado

Esta estación hace atravesar las cajas embaladas dentro de ella por un sistema de rodillos. La máquina, a su vez, pegará a las cajas precintadas un código de barras necesario para su almacenaje en la planta.

También habrá al final un sensor capacitivo que permitirá saber al sistema que la caja ha salido de la máquina.

7. Estaciones de trabajo

7.1. Maquinaria.

I. Cortar.

- **Máquina:** Cortadora Láser HGLASER de la serie Marvel 15000
- **Enlace:** [Série Marvel Cortadora a laser - HGLASER](#)



- **Descripción y propiedades:**

Es bien sabido que, en todos los equipos, bandas de música, películas hay una persona que brilla más que el resto por sus capacidades o talento, a la que calificamos como estrella. Si en nuestra fábrica hubiera una, indiscutiblemente sería esta.

Se trata de la estación cortadora por láser de Marvel serie 15000, con la cual se pueden realizar distintas piezas con formas variadas de forma automática, la carga y descarga de las materias las realiza la propia estación con un “pick and place” interno que las recoge y deposita en la cinta que la atraviesa. En esta máquina entrará la materia prima, en este caso, las planchas de acero. Por lo que su alta maniobrabilidad con la materia prima de grandes dimensiones y su eficiencia e independencia justifica su precio y dimensiones.

II. Serrar.

- **Máquina:** Sierra de cinta ABS 320 B
- **Enlace:** [ABS 320 B - Sierras Horizontales de Cinta de Corte Recto - KNUTH](#)



- **Descripción y propiedades:**

La ABS 320 B es una sierra de cinta completamente automática diseñada para la máxima fiabilidad. El modelo convence por sus componentes de alto valor y por un bastidor pesado y sólido. Pese a que su uso habitual y diseño sea para metales, su amplia capacidad de herramientas hace que sea una máquina muy flexible, y en nuestro caso, permite serrar indistintamente metal o madera cambiando su configuración en un tiempo muy reducido. El avance automático por medio de rodillos accionados en las mordazas de sujeción permite un funcionamiento continuo, perfecto para la fabricación de piezas tanto individuales, como largas series. Es una solución sólida y asequible de producción, que goza de una elevada eficiencia y fácil uso.

Permite un funcionamiento totalmente automático gracias a su tornillo de avance del material con rodillos.

El resto de las especificaciones se encuentran en el enlace adjunto.

III. Fresar.

- **Máquina:** Fresadora
- **Enlace:** [UMC-750SS | Fresadora de 5 ejes | Cono ISO 40 | Super Velocidad | Fresadoras verticales – Máquinas CNC Haas \(haascnc.com\)](https://www.haascnc.com/Products/Vertical-Mills/UMC-750SS.aspx)



- **Descripción y propiedades:**

El mecanizado de 5 ejes es un método eficaz para reducir la cantidad de configuraciones necesarias y aumentar la precisión al mecanizar piezas complejas o con varias caras. Por lo que es una elección inteligente a la hora de fresar en múltiples configuraciones.

Los centros de mecanizado universal de la serie UMC de Haas son una solución rentable para el mecanizado de 3+2 caras y de 5 ejes simultáneos. El UMC-750SS cuenta con una tabla basculante de doble eje y alta velocidad integrada con una plataforma de 500 mm de diámetro con ranuras en T estándar y un agujero piloto de precisión para un utillaje amplio y versátil.

La mesa basculante de doble apoyo ofrece -35° y +120° de balance y 360° de rotación para voltear las herramientas con comodidad y admitir piezas grandes.

El resto de las especificaciones se encuentran en el enlace adjunto.

IV. Taladrar.

- **Máquina:** Torno + Taladro DT-1
- **Enlace:** [DT-1 | Fresadora con cono ISO 30 | Máquinas de taladrado/roscado | Fresadoras verticales – Máquinas CNC de Haas \(haascnc.com\)](#)



- **Descripción y propiedades:**

El modelo DT-1 es una máquina compacta de taladrado y roscado de alta velocidad con plena capacidad de fresado. El potente accionamiento de husillo con acoplamiento directo y cono BT-30 ofrece 10 000 rpm y permite efectuar el roscado rígido a una velocidad elevada. El cambiador de herramientas de 20 posiciones cambia de herramienta a gran velocidad, característica imprescindible con nuestras necesidades de flexibilidad, mientras que los avances rápidos de 2400 ipm, combinados con tasas de aceleración elevadas, reducen los tiempos de ciclo y los tiempos muertos.

El DT-1 es un centro de mecanizado con una superficie ocupada en planta compacta pensado para tareas de producción ajustada que permite aprovechar eficientemente el valioso espacio de la planta de su taller.

El resto de las especificaciones se encuentran en el enlace adjunto.

V. Afilar.

Máquina: Afiladora

Enlace: [AFILADORA AUTOMATICA CON REFRIGERACION CUCHILLAS HASTA 1000 MM \(maquinariaparacarpintero.com\)](http://maquinariaparacarpintero.com)



- **Descripción y propiedades:**

Se trata de una afiladora automática con refrigeración, capaz de afilar hasta cuchillas de hasta 1000 mm. Tiene una construcción robusta y sin vibraciones para un afilado perfecto, con un sistema de fijación sencillo y eficaz de la cuchilla. Cada ángulo de afilado es regulable por graduación, con un rango entre 0° y 55°. La muela abrasiva tiene un diámetro de 100 mm, un eje de 20 mm y una frecuencia de 2800 min-1. Las dimensiones son 1000 x 150 x 15 mm. Cumple todas las demandas de flexibilidad y durabilidad, aparte de ser altamente eficiente.

El resto de las especificaciones se encuentran en el enlace adjunto.

sus grandes dimensiones, de 8500x2900x2260 mm, y su precio, al menos para nuestros objetivos.

El proceso es controlado por el terminal situado en el exterior a la derecha de la compuerta, se puede observar en la imagen adjunta.

Donde se pueden añadir los parámetros necesarios para darle la forma y el volumen requerido incluso de manera individualizada y específica, lo que aumenta el umbral de flexibilidad de la fábrica.

También tiene un sistema de prevención inteligente durante el procesamiento de la máquina, para garantizar la fiabilidad de la producción y minimizar el riesgo de colisión.

El resto de las especificaciones se encuentran en el enlace adjunto.

VI. Soldar.

- **Máquina:** Soldadora Picus 2

Enlace: <https://www.kuka.com/es-es/productos-servicios/m%C3%A1quinas-de-producci%C3%B3n/m%C3%A1quinas-de-soldadura-por-fricci%C3%B3n-rotativa/picus>



- **Descripción y propiedades:**

La Picus 2 es la nueva máquina de soldadura por fricción totalmente automatizada de KUKA cuyo campo de aplicación ya no se limita a las válvulas para motores de combustión interna, sino que se ha ampliado para incluir nuevas aplicaciones industriales y de movilidad eléctrica. Además de ser extremadamente rentable, la Picus 2 también es increíblemente versátil.

El robot de manipulación KUKA Agilus, integrado en la máquina, es de suma importancia.

Debido a su mayor versatilidad, este robot le permitirá ampliar enormemente el espectro de sus componentes. Ideal para proyectos flexibles.

El resto de las especificaciones se encuentran en el enlace adjunto.

VII. Remachar.

- **Máquina:** Remachadora punzonadora con servomotor.
- **Enlace:** <https://www.eckold.de/de/technologien/stanznieten/servomotorisches-stanznietsystem/>



- **Descripción y propiedades:**

Esta remachadora está basada en un sistema controlado por servomotores y el software ECKOLD VISU desarrollado internamente, puede hacer que su producción en el campo de la tecnología de unión sea más eficiente, rentable, fiable y transparente.

El resto de las especificaciones se encuentran en el enlace adjunto.

VIII. Atornillar.

- **Máquina:** Atornillado mediante módulos MCA + Cobots.
- **Enlace:** <https://www.fiamgroup.com/es/productos/maquinas-automaticas-para-atornillar/>



- **Descripción y propiedades:**

Los módulos de atornillado MCA se pueden combinar perfectamente con todos los robots colaborativos del mercado. El uso de Cobots de dimensiones compactas en las líneas de producción es cada vez más frecuente, ya que son ideales para:

- Automatizar las operaciones repetitivas y aprovechar al máximo las capacidades de los operadores
- Realizar automáticamente la mayoría de las aplicaciones de atornillado
- Se pueden reprogramar rápidamente y utilizar para diferentes aplicaciones.

Sus características también ofrecen:

- Flexibilidad a la automatización de los procesos, ya que pueden programarse para funcionar en modo reducido cuando una persona ingresa a la zona de trabajo del robot y reanuda la velocidad máxima cuando la persona se aleja
- Muy fácil de programar y tiempos de configuración muy rápidos
- Incremento de la capacidad de producción, la calidad de los procesos de atornillado y, por lo tanto, de los productos finales.

IX. limpiar.

- **Máquina:** Limpiador ultrasónico Kerry
- **Enlace:** <https://www.guyson.co.uk/finishing-equipment/automated-ultrasonic-cleaning-sytems/kerry-microclean-multi-stage-aqueous-cleaner>



- **Descripción y propiedades:**

El sistema de limpieza acuoso ultrasónico de 4 etapas Microclean de marca 'Kerry' de Guyson (limpieza ultrasónica calentada, enjuague, secado con aire tibio) se adapta a una amplia gama de necesidades de limpieza en los sectores aeroespacial, de ingeniería, electrónico y otros. El enjuague con agua desionizada de alta pureza y circuito cerrado produce una limpieza orgánica e iónica superior al estándar MIL.

Las características estándar de Microclean incluyen: chorros debajo de la superficie y desbordamiento del vertedero para todas las etapas húmedas.

La configuración de la máquina Kerry elegida para esta planta industrial contiene las siguientes opciones:

- Módulo de prelimpieza con separador de aceite para limpieza intensiva
- Ultrasonidos para enjuagar etapas
- Agitación vertical a todas las etapas húmedas
- Secado por aire caliente de doble capacidad para un mayor rendimiento
- Microclean 450 Sistema de limpieza acuoso ultrasónico de 4 etapas con Autotrans iDrive

X. Endurecer

- **Máquina:** Endurecimiento por láser TruDisk 8001
- **Enlace:** https://www.trumpf.com/es_ES/productos/laser/paquetes-tecnologicos/paquete-tecnologico-para-endurecimiento-por-laser/



- **Descripción y propiedades:**

El TruDisk es un láser de estado sólido de alto rendimiento para la soldadura, el corte y el mecanizado de superficies de metales. Este pertenece al paquete tecnológico TRUMPF para el endurecimiento por láser le permite endurecer superficies de manera más flexible, libre de deformación y uniforme que nunca antes. La regulación de temperatura integrada regula la potencia del láser con independencia de la ubicación. De este modo se evita la acumulación térmica en los bordes, los orificios o las esquinas del componente y se consigue una profundidad de endurecimiento uniforme con un grado de dureza definido. Gracias a la tecnología de escáner con campo de trabajo propio, resulta posible endurecer de manera flexible superficies grandes e incluso geometrías de componente complejas, a una temperatura exacta y de forma homogénea. Ventaja adicional: gracias a la unidad de sensores podrá documentar exhaustivamente sus procesos de producción.

Las especificaciones se encuentran en el enlace adjunto.

XI. Remachar.

- **Máquina:** Impregnadora MC 1C-1000
- **Enlace:** <https://talleres-mc.com/productos/impregnadora-1c-1000/>



- **Descripción y propiedades:**

Máquina automática controlada desde una pantalla táctil y PLC.

Estructura de acero y dos contenedores en acero inoxidable para las estaciones de impregnado.

El sistema de transporte cuenta con una estación de rodillos de PVC en la entrada de la máquina y discos de acero inoxidable a la salida.

Gracias a la recuperación del producto permite economizar en gran medida los procesos productivos, lo que la convierte en una alternativa muy eficiente.

Las numerosas especificaciones se encuentran en el enlace adjunto.

XII. Barnizar

- **Máquina:** Barnizadora oscilante Mito
- **Enlace:** <https://www.mademaq.com/product/mito-by-cefla-barnizadora-automatica-por-pistolas/>



- **Descripción y propiedades:**

Mito es la barnizadora oscilante de Cefla, adecuada para la aplicación de cualquier tipo de pintura o laca, de base acuosa o solvente. Es perfecta para pymes que necesitan flexibilidad, eficiencia de producción y, al mismo tiempo, rentabilidad de uso.

- Flexible y modulable, perfecta para producciones pequeñas y medianas
- Dotada de Plénum patentado para la perfecta aspiración de la niebla de pulverización
- Configuración de papel perfecta para colas y pinturas no recuperables
- La configuración CFB está dotada de sistemas patentados de limpieza y de centrado automáticos de la cinta.

Más especificaciones en el enlace adjunto.

XIII. Inspección de dureza

- **Máquina:** Durómetro para la inspección de dureza Easydur 3000
- **Enlace:** <https://www.easydur.com/es/portale-easy-3000/>



- **Descripción y propiedades:**

Los Durómetros de Portal de Easydur son soluciones con un altísimo contenido mecánico y tecnológico. Son máquinas personalizables en cuanto a estructura y dimensiones mecánicas, ya que están diseñadas de acuerdo con las más estrictas necesidades de ensayo de nuestros clientes. Por lo que en nuestra fábrica servirá para el ensayo de dureza tanto a las superficies de acero como de madera.

Dispone de una cinta transportadora que hace pasar los utensilios por el portal para ser examinados.

Tiene una carga máxima de 3000 kg.

El resto de especificaciones técnicas están disponibles en el enlace adjunto

XIV. Empaquetar

- **Máquina:** Empaquetadora Robotape CF
- **Enlace:** <https://www.robopac.com/en/robotape-cf-p327>



- **Descripción y propiedades:**

Esta máquina posee dos encintadoras laterales accionadas por correas para cajas de tamaño uniforme, ideal para nuestro proyecto. Equipadas con dispositivo automático de plegado de solapas superiores. Soporta cajas con pesos de hasta 50 kg. El resto de las especificaciones, como tamaños máximos y mínimos de las cajas y tamaño de la cinta se pueden encontrar en el enlace adjunto.

7.2. Robots pick and place.

- **Máquina:** Pick and place's KUKA

Enlace: <https://www.kuka.com/es-es/productos-servicios/sistemas-de-robot/robot-industrial/kr-cybertech-arc>

A lo largo de la producción intervienen varios Robot Pick and Place, realmente su utilidad no podría describirse mejor en su nombre, estos robots agarran y colocan. Pero depende de lo que agarren y donde lo coloquen necesitaremos un robot u otro. La empresa KUKA ofrece una cantidad de prestaciones y características enormes en sus catálogos, pero las más importantes y las que han tenido un mayor peso a la hora de elegir estos robots están relacionadas con la carga que son capaces de manejar y el rango de alcance, además de su precisión máxima. En nuestro proyecto industrial contamos con 3 robots distintos.

KR CYBERTECH nano



Robots flexibles y económicos para aplicaciones como la manipulación, la soldadura, el paletizado o el pegado aunque nosotros solo los utilizaremos con el fin de colocar piezas de manera precisa.

Los robots industriales de la familia KR CYBERTECH nano están optimizados para la manipulación de componentes pequeños en campos de aplicación casi ilimitados. Con una nivelación muy fina de la capacidad de carga de 6, 8 y 10 kg y unos tipos de robot perfectamente adaptados, podrá seleccionar justo el robot que realmente necesita para obtener la máxima eficiencia y rentabilidad.

KR 300-2 PA



El KR 300-2 PA es un robot de paletizado que se adapta de forma flexible a cualquier situación. Carga y embala incluso cargas pesadas de forma rápida y precisa. Este robot de paletizado domina cualquier tarea del ámbito de cargas pesadas con tiempos de ciclo óptimos.

El robot KR 300-2 PA de KUKA es ligero, rápido, robusto y ha sido diseñado expresamente para realizar tareas de alta velocidad con cargas pesadas. Es perfecto para tareas de manipulación de hasta 300 kg y se puede adaptar de forma flexible a cualquier tarea gracias a sus bancadas de distintas alturas. Por lo que será ideal para el manejo de cajas en nuestra instalación.

KR 1000 titan



El KR 1000 titan es el primer robot de seis ejes de cargas pesadas con una cinemática abierta y una capacidad de carga única. Domina la manipulación de cargas pesadas en distancias de hasta 6,5 m de forma rápida y precisa. Bloques de motor, piedras, cristal, vigas de acero, piezas de aviones, bloques de mármol, piezas de hormigón, etc.: el KR 1000 titan puede con cualquier peso pesado y cuenta con la mejor relación alcance-capacidad de carga o la variante de robot de paletizado para cargas pesadas de hasta 1,3 toneladas.

Es el único robot Pick and Place se puede permitir maniobrar nuestras materias primas, en especial, las planchas de acero.

7.3. Sensores.

I. Sensor capacitivo.



- **Fabricante:** IFM.
- **Modelo:** KI5087 - KIA3150NFPKG2T/US
- **Descripción y propiedades:**

Reaccionan ante metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica.

Estos sensores se emplean para la identificación de objetos, para funciones contadoras y para toda clase de control de nivel de carga de materiales sólidos o líquidos. En nuestro caso son utilizados para la detección de la madera y el metal en la etapa de serrar.

- **Enlace:**
https://www.automation24.es/sensor-capacitivo-ifm-electronic-ki5087-kia3150nfpkg2t-us?previewPriceListId=1&refID=adwords_shopping_ES&qclid=Cj0KCQjwr-SSBhC9ARIsANhzu16Jkwg10DO1t1x_TfYq63xg1jx6FyB6imoa0OJ8YFw0Pu83X1XmxooaAilzEALw_wcBq

II. Sensor laser-fotoeléctrico



- **Fabricante:** Baumer.
- **Modelo:** O500.RP-GW1B.72O
- **Descripción y propiedades:**

Detecta si pasa algo con un haz láser, independientemente del material, tamaño y forma. Para determinar si se tiene que desviar por los distintos caminos de la celda o detener en caso de que haya una posible colisión.

Muestreo de alta velocidad de 80 microsegundos.

Diferenciación de alta precisión de 0,01 mm.

- **Enlace:**

<https://www.baumer.com/es/es/product-overview/deteccion-de-objetos/barreras-y-sensores-fotoelectricos/estandar-con-mas-prestaciones/mayores-alcances/o500-rp-gw1b-72o/p/27103>

III. Sensor laser, escáner Código de barras



- **Fabricante:** Pepperl-Fuchs
- **Modelo:** VB34-2500
- **Descripción y propiedades:**

Dispositivo que emite luz mediante un diodo láser capaz de leer códigos de barras a distancias medias y largas, en entornos con luz poco favorable y a alta velocidad.

- **Enlace:** https://www.pepperl-fuchs.com/spain/es/classid_663.htm?view=productdetails&prodid=26991

IV. Sensor de presencia inductivo de superficie.



- **Fabricante:** IFM.
- **Modelo:** I27001 SIY-3120-BPKG
- **Descripción y propiedades:**

Detecta metales, generalmente de corto alcance. Este sensor tiene la función de saber si en la etapa de serrar el material es metal o madera, si detecta algo es metal.

- **Enlace:**

<https://www.ifm.com/ar/es/product/I27001>

V. Sensor de peso



- **Fabricante:** Mettler Toledo.
- **Modelo:** I27001 SIY-3120-BPKG
- **Descripción y propiedades:**

Los módulos de peso de METTLER TOLEDO permiten convertir de forma rápida y segura un depósito, un recipiente, un silo, una tolva, un transportador o un sistema de estructura en una báscula. La protección frente a elevaciones y carga lateral incorporada asegura el mantenimiento de la protección, el rendimiento y la precisión.

- **Enlace:**
[https://www.mt.com/int/es/home/products/Industrial Weighing Solutions/AutomPrecision.html](https://www.mt.com/int/es/home/products/Industrial_Weighing_Solutions/AutomPrecision.html)

VI. Cámara de visión artificial



- **Fabricante:** INFAIMON.
- **Modelo:** Ensenso Serie N
- **Descripción y propiedades:**

Los sistemas de visión artificial aplicados a la industria permiten obtener, procesar y analizar imágenes 2D, si bien es cierto esto lo hacen de manera distinta a una cámara de fotografía artística usual, ya que el objetivo principal de captar esas imágenes es el procesamiento posterior mediante un ordenador. Gracias a su reducido peso, los modelos Ensenso N40 son también adecuados para su uso en brazos robóticos de colaboración, que tienen una fuerza de propulsión limitada para proteger al personal humano.

Esto conlleva una gran cantidad de ventajas, destacando la capacidad de automatizar gran cantidad de tareas de supervisión que hace no más de una década eran impensables sin la presencia humana. Ya que, actualmente, aportan a las máquinas la información necesaria para la toma de decisiones en estas aplicaciones.

En nuestra fábrica permitirán llevar a cabo un control de calidad de forma rápida y eficaz, siendo capaces de detectar imperfecciones tanto superficiales como de forma en los propios productos.

- **Enlace:**

<https://www.ifm.com/ar/es/product/I27001>
https://www.mt.com/int/es/home/products/Industrial_Weighing_Solutions/Autom_Precision.html

VII. Sensor laser tridimensional.



- **Fabricante:** Leuze
- **Modelo:** ROD 4 PLUS
- **Descripción y propiedades:** Los escáners láser tridimensionales de distancia ROD 4 y ROD 4plus han sido diseñados para detectar y medir objetos dentro del campo de trabajo en un ángulo. Se pueden configurar hasta 4 diferentes zonas de detección independientes y se pueden guardar hasta 8 pares de campo de detección. La especialidad del ROD 4 es la detección de objetos. Campo de detección hasta 50 m, 4 campos de detección independientes, opcionalmente con calefacción, alta disponibilidad gracias al tiempo de arranque de sólo 6 s.
- **Enlace:** <http://www.interempresas.net/Medicion/FeriaVirtual/Producto-Escaner-laser-Leuze-ROD-4-PLUS-203948.html>

8. Justificación de flexibilidad

Para cumplir los objetivos de los sistemas FMS se procede a realizar el siguiente test de cuatro preguntas:

Test de variedad de productos. *¿Puede el sistema procesar diferentes tipos de piezas en un modo de producción que no sea por grandes lotes?*

Todos los utensilios producidos en nuestra fábrica proceden de la misma materia prima inicial, a la cual se le va dando la forma deseada según la pieza final que se quiera fabricar en los distintos procesos de mecanizado a los que se somete en las distintas celdas.

Además, desde la celda de pre-mecanizado los distintos utensilios ya se empaquetan en distintas cajas, a las que se les pone un código de barras indicando el utensilio del que se trata y su correspondiente proceso. Este código de barras se va actualizando cada vez que se somete a la pieza a un nuevo proceso. De esta forma nos aseguramos de que se pueden estar fabricando distintos productos de forma simultánea, y, según lo indicado por el código de barras, cada producto seguirá su proceso correspondiente hasta la finalización y distribución. Por lo tanto podemos considerar que la fábrica cumple con el test de variedad de producto.

Test de cambio de programación o producción. *¿Puede el sistema realizar cambios en la producción programada y cambios en cualquier parte del producto o de las cantidades fabricadas?*

La fábrica cuenta con la posibilidad de adaptación en cuanto a la producción, pudiendo variar la proporción de cada producto en función de la demanda establecida.

Además, nuestra fábrica cuenta con máquinas totalmente programables, las cuales nos permiten no solo aumentar o disminuir la producción, sino que además nos permite realizar cambios en cualquier momento del proceso. Simplemente, para efectuar esos cambios en producción, valdría con aumentar la frecuencia de entrada al sistema de la materia prima, ya que la fábrica está preparada para poder ajustarse sin que se produzcan cuellos de botella en determinadas máquinas o tiempo ocioso en estas.

Por lo tanto, podemos considerar que la fábrica cumple con las condiciones para pasar el test de cambio de programación o producción.

Test de recuperación de errores. *¿Se puede recuperar el sistema satisfactoriamente de roturas o errores de funcionamiento sin que esto conlleve la interrupción completa de la producción?*

En caso de rotura de una máquina o de un sistema de transporte no será necesario el paro del sistema completo, pudiendo continuar el sistema con normalidad mientras se soluciona la avería.

Si hablamos de las posibles averías que puedan ocurrir en las distintas máquinas, hay que destacar que en la mayoría de las celdas encontramos dos máquinas empleadas con el mismo fin, por lo que en caso de avería de una de ellas se puede ajustar el sistema para que la máquina que aun esta productiva se encargue de toda la producción mientras se soluciona la avería. En la celda de inspección y embalaje se disponen dos estaciones idénticas, ya que es un proceso continuo, y en caso de que una estación falle la producción se derivará a la otra.

En referencia a las salidas y entradas de las distintas celdas se ha dispuesto dos salidas bidireccionales en cada celda por la que los productos podrán entrar y salir

indistintamente, por lo que si una falla no supondría un problema en el resto del sistema.

En cuanto al transporte, tanto de interceldas como interceldas, se ha diseñado un sistema de transporte, en la que los productos no dependen de un solo camino fijo para el proceso, por lo que en caso de avería en alguna cinta siempre se dispondrá de otro camino para continuar con el proceso.

Se comprueba que la fábrica pasa el test de recuperación de errores.

Test sobre la posibilidad de ampliar la gama de fabricación de piezas o partes producidas. *¿Se pueden añadir nuevas piezas diseñadas al sistema de fabricación de manera relativamente fácil?*

Siempre y cuando la materia prima sea común a los productos que ya están en catalogo y que no necesiten de un proceso único y distinto a los que ya se realizan se podrán añadir nuevos productos sin ningún problema, ya que, tal y como se ha dicho antes, la fábrica cuenta con máquinas totalmente programables, a las que añadir un nuevo producto a fabricar no costaría ningún trabajo. Además, ya que nuestro sistema de clasificación de productos dentro de la fábrica se realiza mediante códigos de barras, lo único que sería necesario hacer para añadir un nuevo producto es añadir un nuevo código de barras correspondiente a dicho producto, con su proceso correspondiente. Por ejemplo, sería fácilmente ampliable al catálogo con utensilios como rastrillos o pequeñas tijeras de poda.

La fábrica cumple con el test sobre la posibilidad de ampliar la gama de fabricación de piezas o partes producidas

9. SIMULACIÓN DE LA PLANTA EN SIMPROCESS.

Una vez finalizado el diseño del layout, estudiaremos su funcionamiento. Para ello, utilizaremos una simplificación del mismo a partir del programa Simprocess.



El layout dispone de los siguientes elementos:

Conveyors: Longitud 50m, capacidad 10 uds, velocidad 20m/min.

Almacenes y buffers: Inicialmente tienen toda una capacidad de 10 uds. (Hay un almacén antes de cada etapa, y luego antes de cada estación hemos colocado un buffer con el objetivo de no bloquear las cintas que trasladan los materiales a lo largo de toda la planta).

Estaciones

Para el tiempo de ciclo de las distintas máquinas se ha utilizado una distribución normal, ya que permite darle un cierto rango de demora a las máquinas en el caso de que fuera necesario.

- Celda preconformado

Cortar: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.85 min y una desviación típica de 0.35 min.

Serrar: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.25 min y una desviación típica de 0.1 min.

- Celda mecanizado

Taladrar/Roscar: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.35 min y una desviación típica de 0.1 min.

Fresar: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.25 min y una desviación típica de 0.1 min.

Afilar: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.85 min y una desviación típica de 0.35 min.

- Celda de procesos térmicos

Soldar: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.45 min y una desviación típica de 0.2 min.

Limpiar: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.35 min y una desviación típica de 0.1 min.

Endurecer: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.65 min y una desviación típica de 0.25 min.

- Celda acabado

Atornillar: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.25 min y una desviación típica de 0.1 min.

Remachar: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.4 min y una desviación típica de 0.2 min.

Impregnar: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.25 min y una desviación típica de 0.1 min.

Barnizar: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.2 min y una desviación típica de 0.1 min.

- Celda inspección y embalaje

Inspección: Su tiempo de ciclo tiene una media de 1 min y una desviación típica de 0.35 min.

Embalaje: Su tiempo de ciclo tiene una media de 0.25 min y una desviación típica de 0.1 min.

Piezas de llegada

Barras de madera: Son utilizadas únicamente para la creación del mango de las herramientas.

Arrival

Time between arrivals:

Quantity:

Barras de acero: Son utilizadas únicamente para unir el mango y el cabezal de la azada.

The 'Arrival' dialog box shows the following configuration:

- Time between arrivals:** `nor[2.0,1.0,2]`
- Quantity:** `2.0`
- Buttons: `edit`, `list`, `OK`, `Cancel`, `Help`

Planchas de acero: Son utilizadas para la creación de todos los cabezales de las distintas herramientas que disponemos.

The 'Arrival' dialog box shows the following configuration:

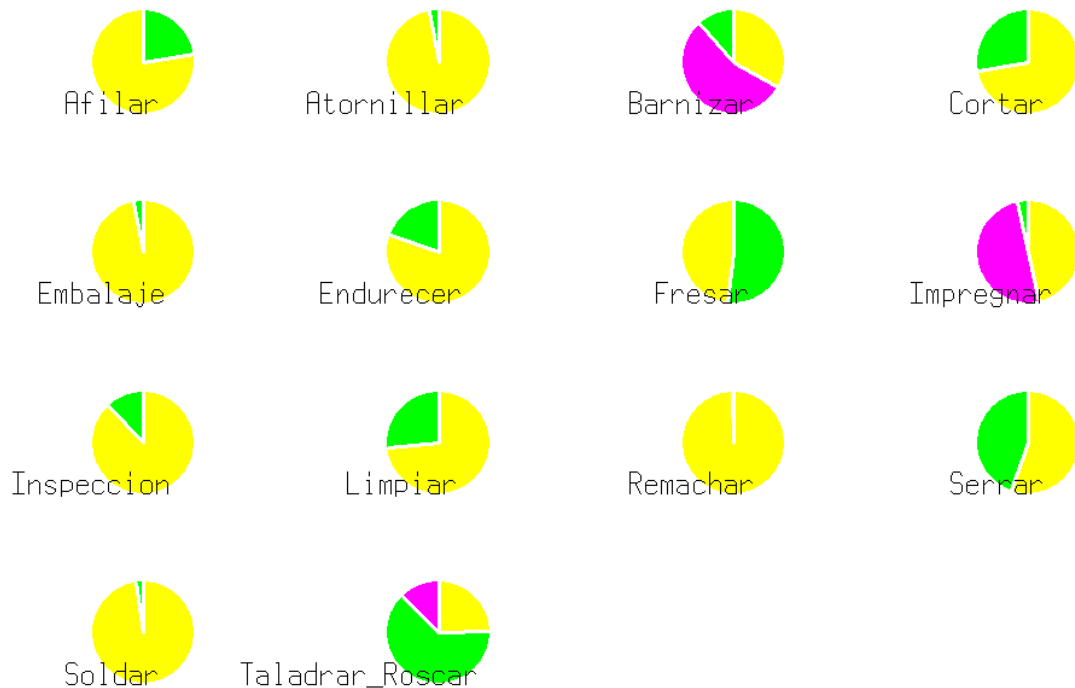
- Time between arrivals:** `nor[3.0,50,2]`
- Quantity:** `2.0`
- Buttons: `edit`, `list`, `OK`, `Cancel`, `Help`

Modelo de simulación

Para la simulación el precalentamiento es de 15 minutos, ya que no hay ninguna estación que necesite una elevada temperatura para trabajar en el estado optimo. El tiempo de replicación es de 200 minutos. Con 5 replicaciones.

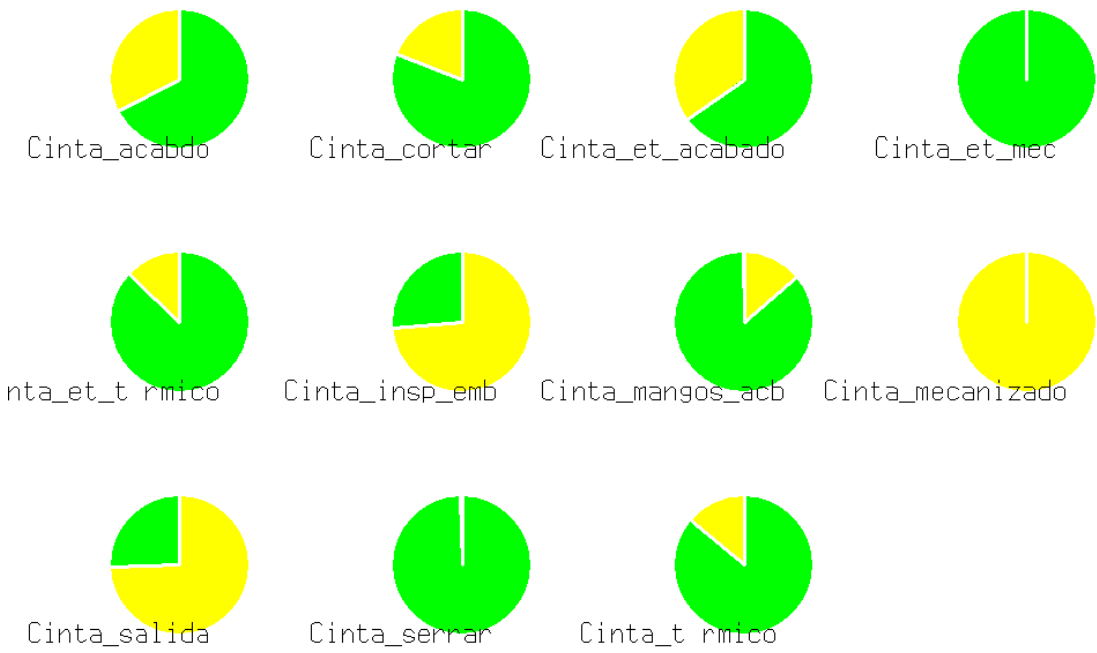
Simulaciones del modelo inicial

La simulación que muestra el funcionamiento de las máquinas respecto al tiempo, nos muestra los siguientes datos:



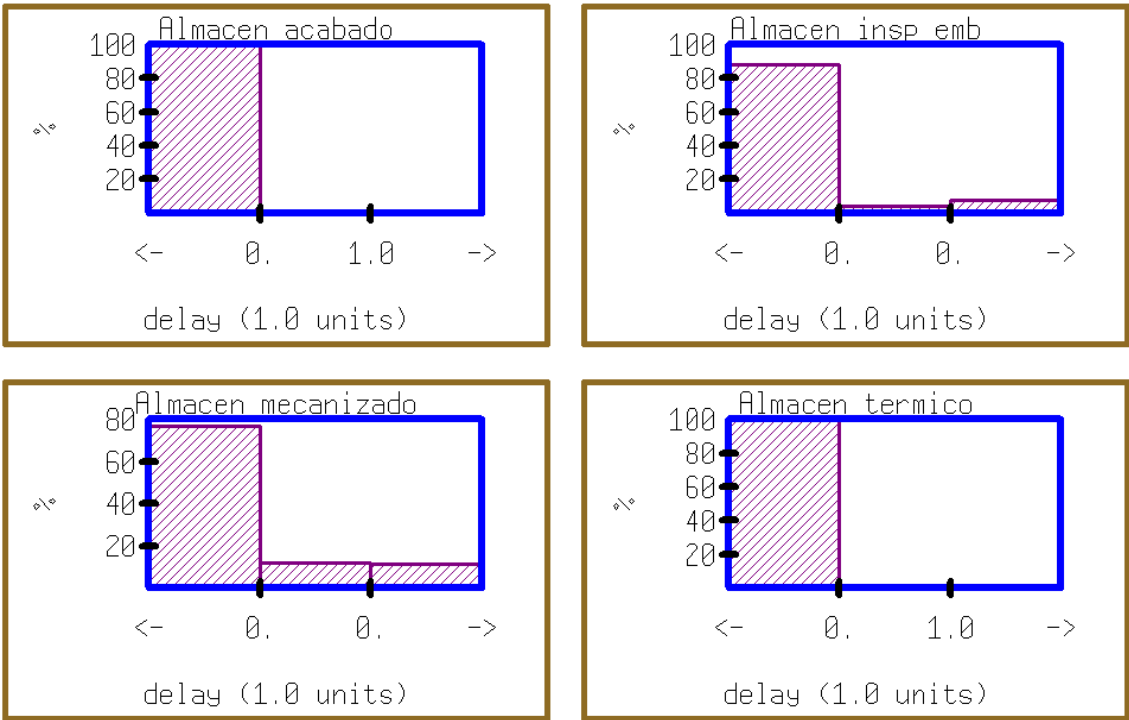
Aquí se muestra el funcionamiento de las estaciones a expensas de ser optimizadas, como se puede observar la gran mayoría están excesivamente en modo ocioso y

además hay tres estaciones que tienen tiempos de espera, los cuales se deben de evitar.

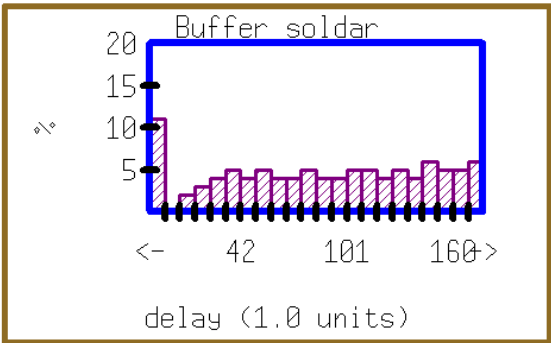
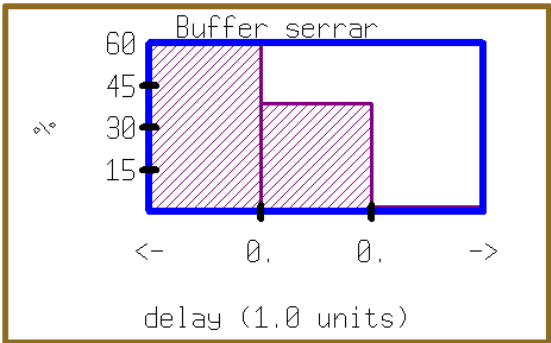
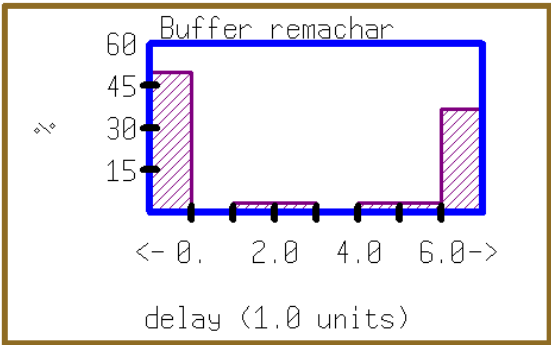
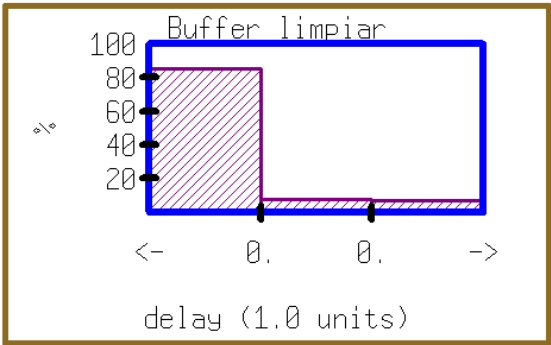


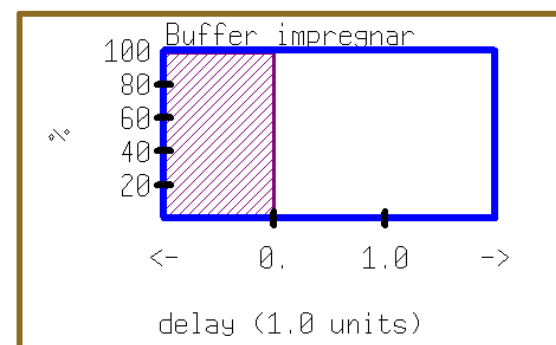
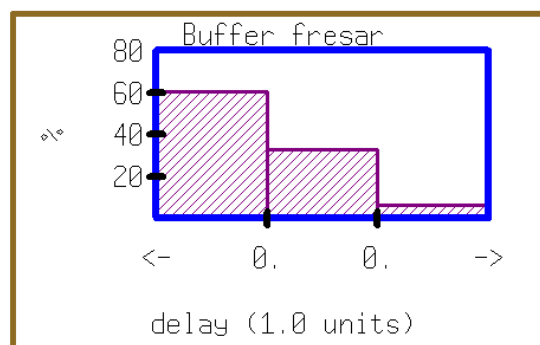
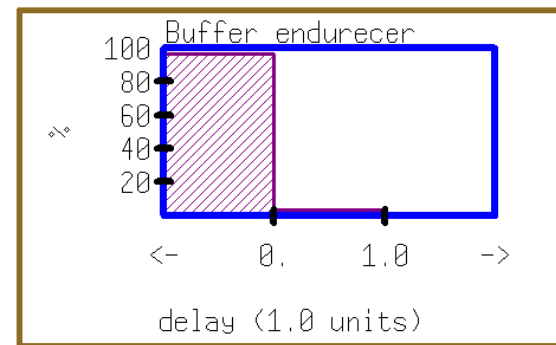
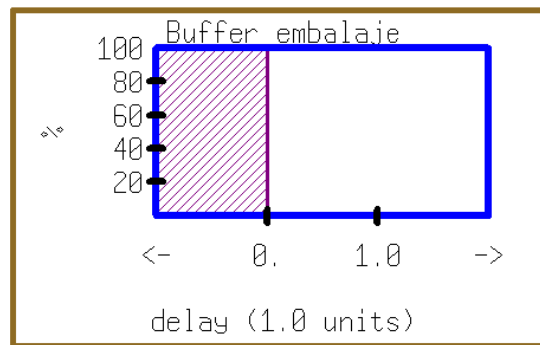
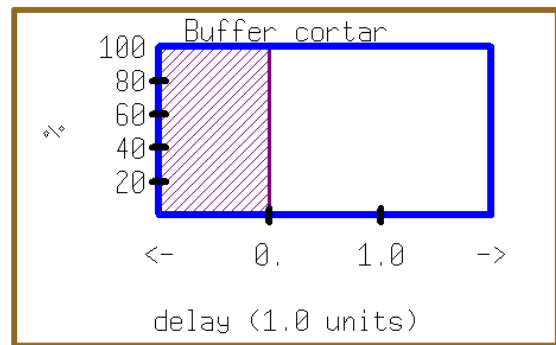
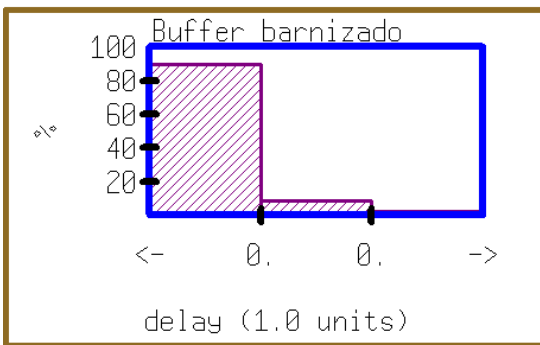
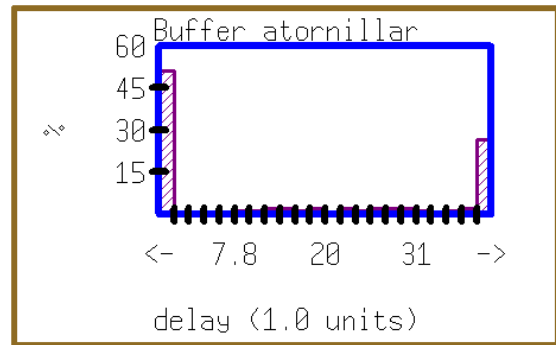
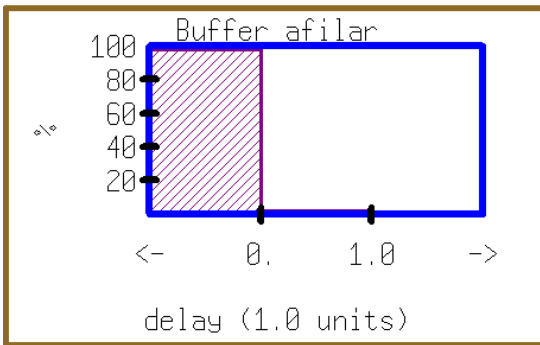
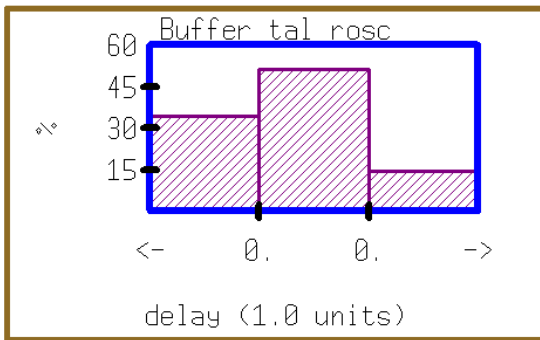
Aquí se puede ver el funcionamiento de las cintas, a pesar de ser el modelo inicial son unos resultados bastante correctos. A excepción de la cinta_mecanizado la cuál esta el 100% del tiempo en un modo ocioso, y de la cinta_et_mec y la cinta_serrar, las cuales están demasiado saturadas.

En cuanto a la ocupación de los almacenes:



Estos son los almacenes de antes de las celdas, en los cuales como se puede ver no se acumula ninguna pieza ya que la circulación de las piezas es bastante óptima a lo largo del recorrido por la planta.





En la mayoría de los buffers no se acumula ninguna pieza, eso se debe a que no hay tiempos de espera en las estaciones posteriores. En el buffer de soldar se acumula un número de piezas un poco superior al que se puede considerar aceptable, como podría ser el buffer de remachar. Sin embargo, el buffer de soldar se encuentra completamente saturado, superando su capacidad máxima.

9.1. Iteración 1

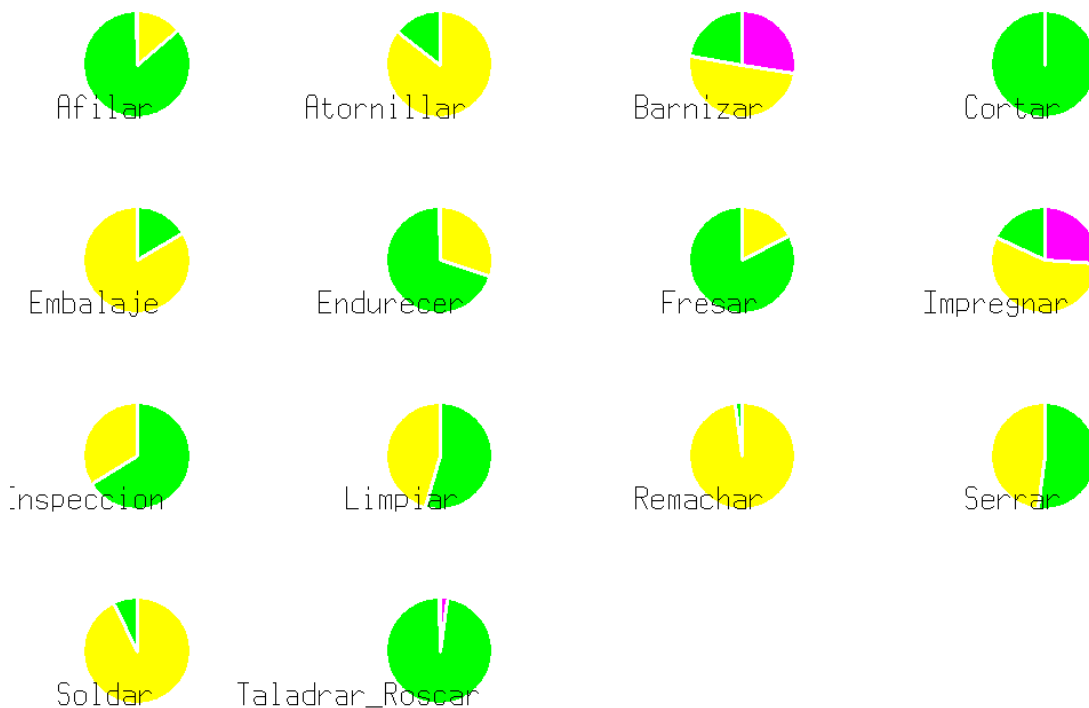
Como hemos podido observar en la simulación del modelo inicial, las máquinas estaban muy ociosas, por lo que la primera modificación que haremos será aumentar las llegadas de las materias primas:

Barra de acero: Lo hemos modificado para que saque 1 pieza cada un tiempo establecido por una distribución normal, que es el siguiente: media de 1 min y una desviación típica de 0.5 min.

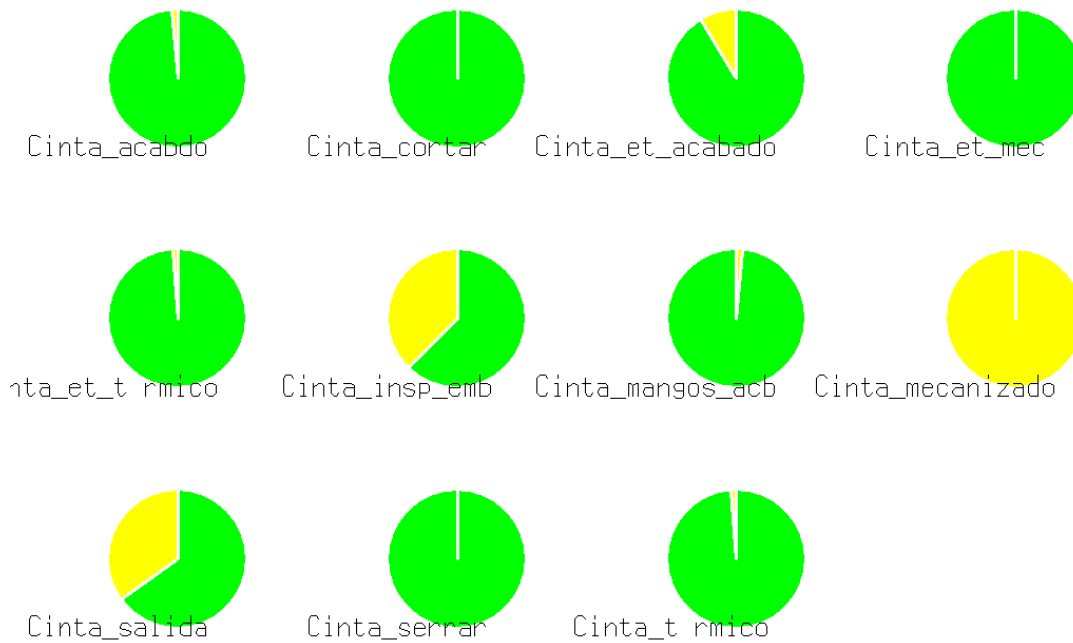
Barra de madera: Lo hemos modificado para que saque 5 piezas cada un tiempo establecido por una distribución normal, que es el siguiente: media de 1.5 min y una desviación típica de 0.75 min.

Plancha de acero: Lo hemos modificado para que saque 3 piezas cada un tiempo establecido por una distribución normal, que es el siguiente: media de 1 min y una desviación típica de 0.5 min.

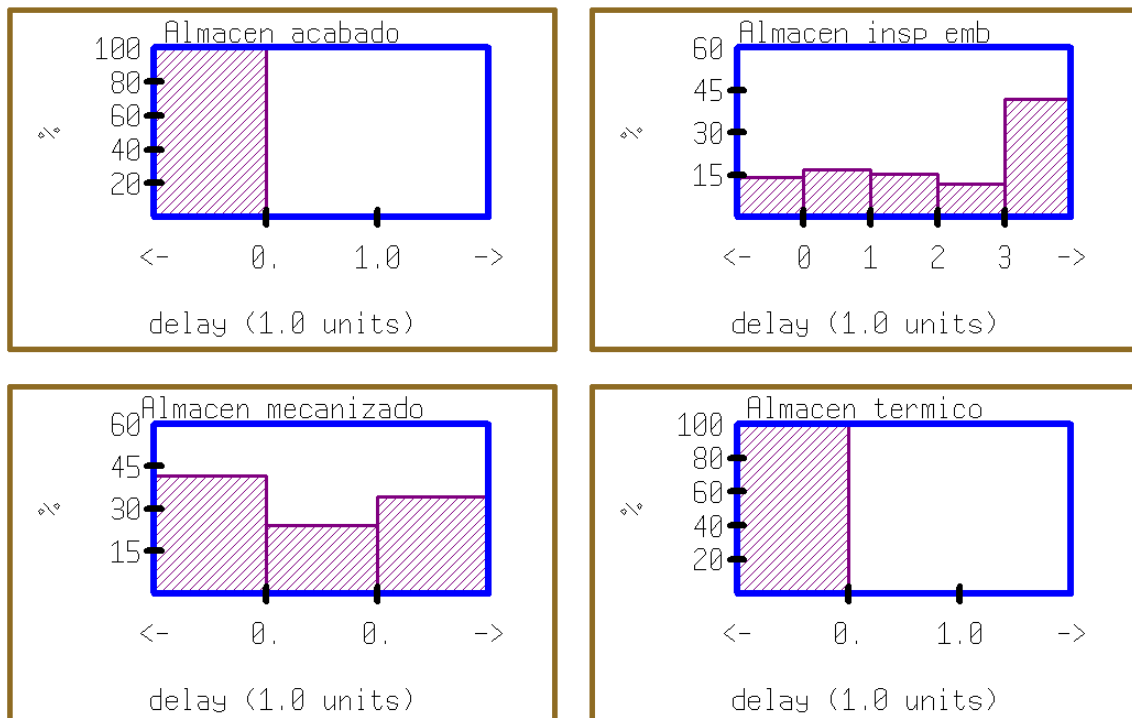
La simulación que muestra el funcionamiento de las máquinas respecto al tiempo, nos muestra los siguientes datos:



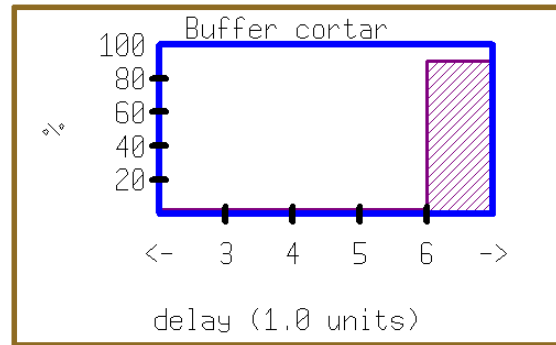
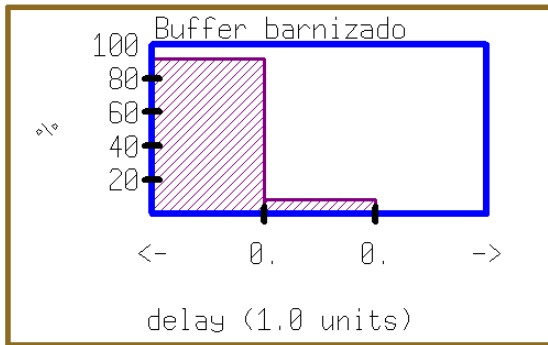
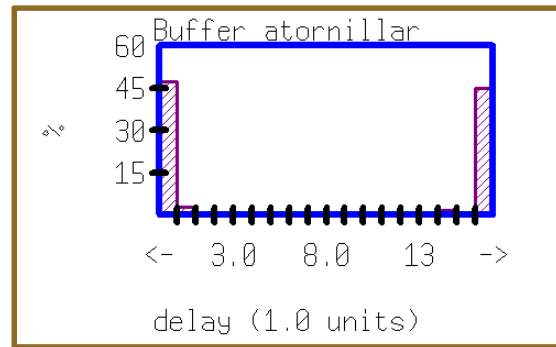
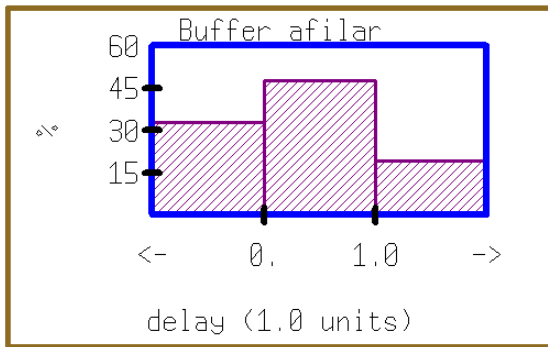
En general se ha conseguido mejorar el modo de funcionamiento de la gran mayoría, ya que han dejado de estar tan ociosas. Pero también ha ocurrido que algunas máquinas como la de cortar se ha saturado. Los tiempos de espera se han conseguido reducir, pero aún siguen siendo bastante significativos.

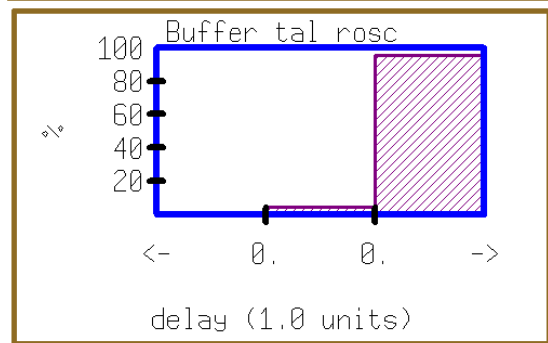
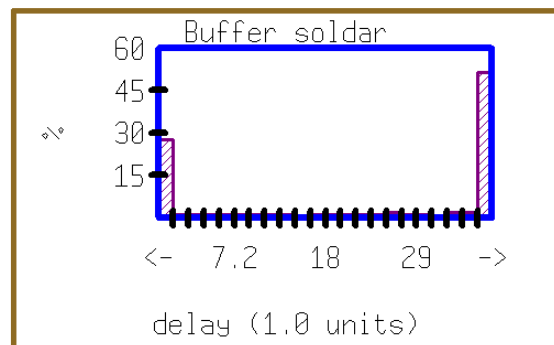
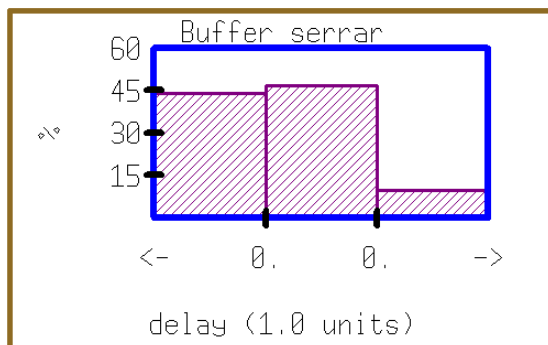
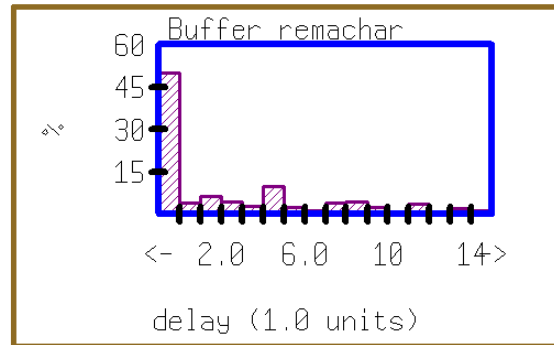
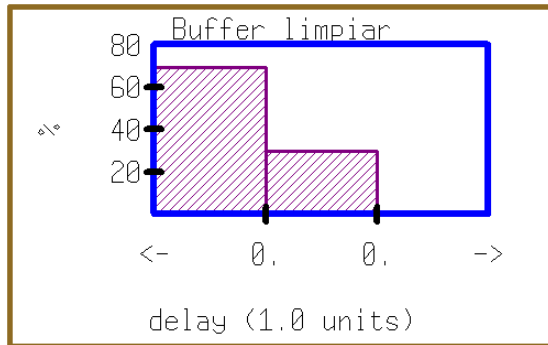
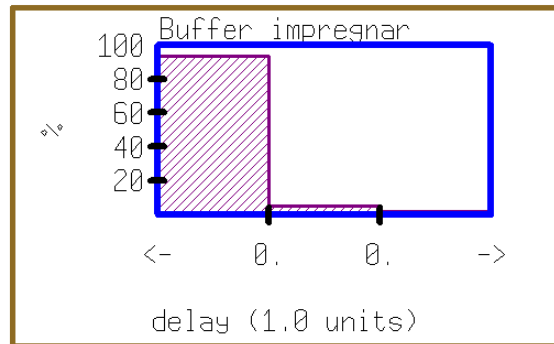
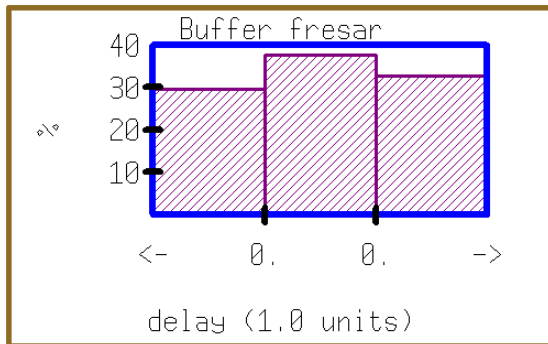
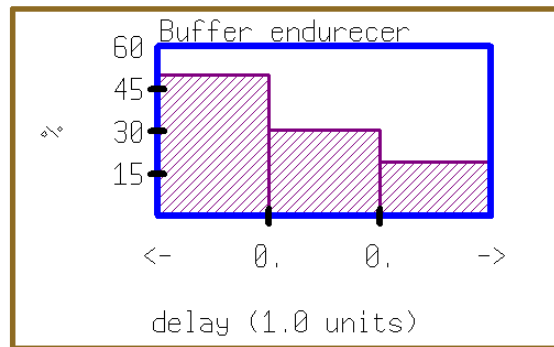
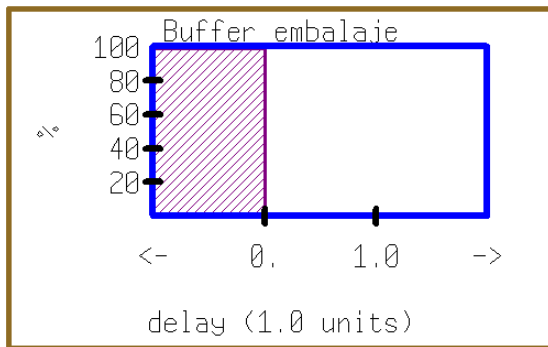


En general todas las cintas han aumentado su tiempo de funcionamiento, llegando incluso a saturar alguna, problema que solucionaremos más adelante.



En los almacenes de antes de las celdas, como hemos dicho antes, no se acumula ninguna pieza en tres de los 4 almacenes ya que la circulación de las piezas es bastante óptima. Y en el almacén de inspección y embalaje se acumulan piezas, pero muy pocas, de hecho, es ideal que haya un par de piezas esperando en el almacén para que la estación no tenga que esperar llegadas nuevas piezas.





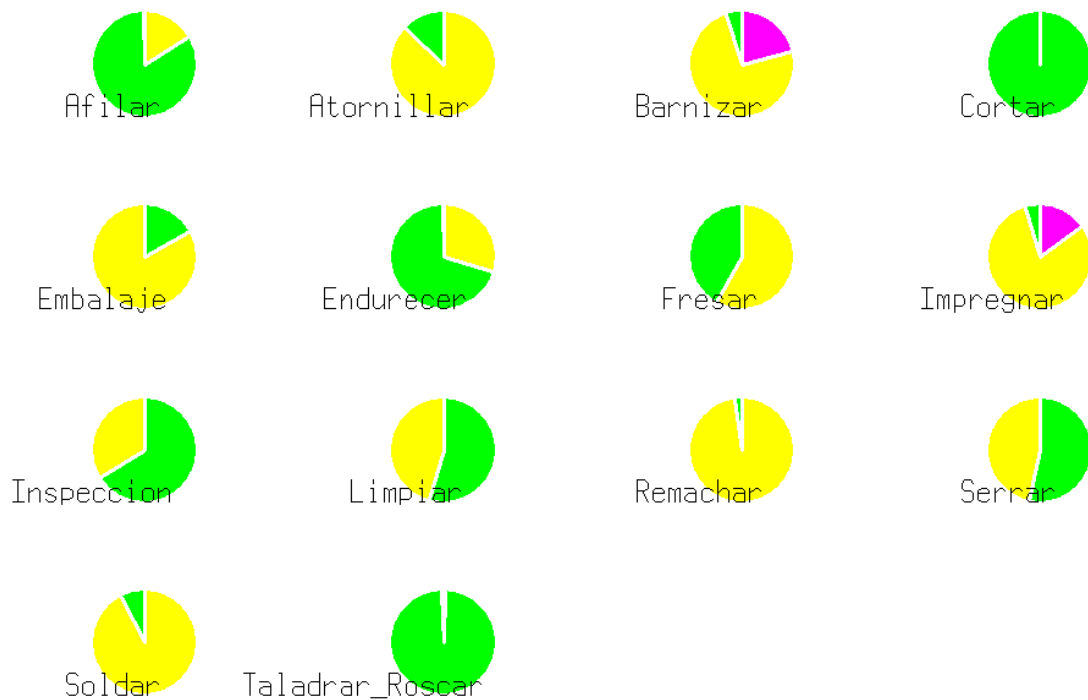
Con respecto al modelo inicial podemos ver como hemos reducido drásticamente la cantidad de piezas en el buffer de soldar, llegando a conseguir que no se sature y que se mantenga por debajo de su capacidad máxima. Luego en el buffer de remachar y atornillar se acumulan unas 15 piezas, un valor más que aceptable. En el resto de los buffers no se acumula ninguna pieza.

9.2. Iteración 2

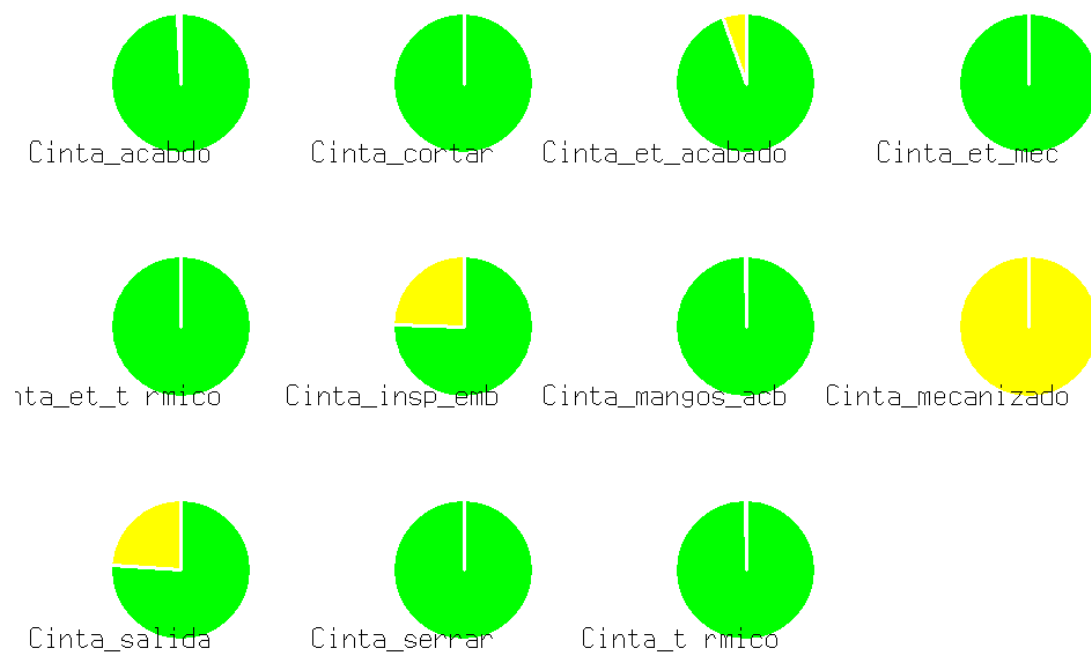
En esta iteración el objetivo era eliminar los estados de espera y en caso de no poder, reducirlos lo máximo posible.

Para ello hemos aumentado el número de estaciones de fresar en 2, y las estaciones de impregnar y barnizar se aumentan en 5 con una capacidad de 12.

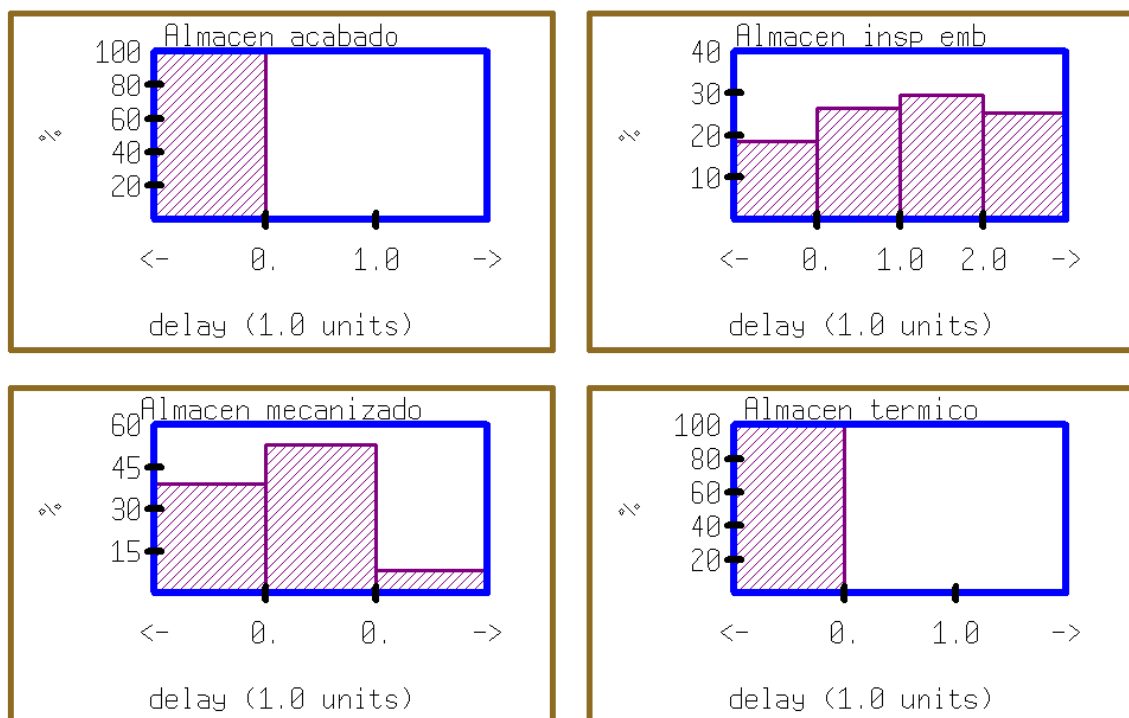
La simulación que muestra el funcionamiento de las máquinas respecto al tiempo, nos muestra los siguientes datos:



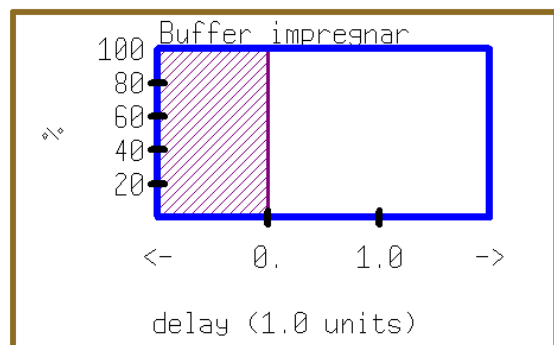
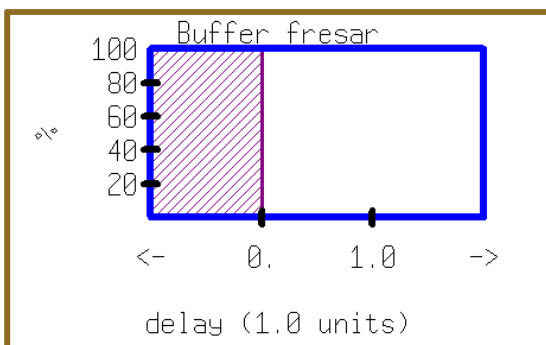
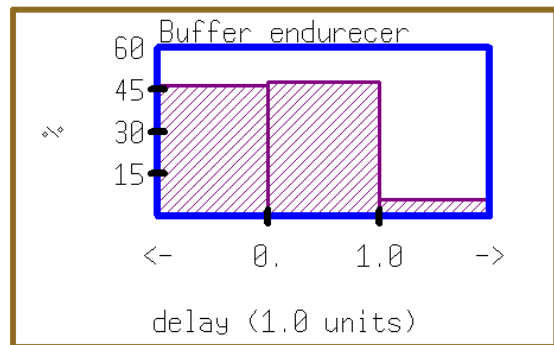
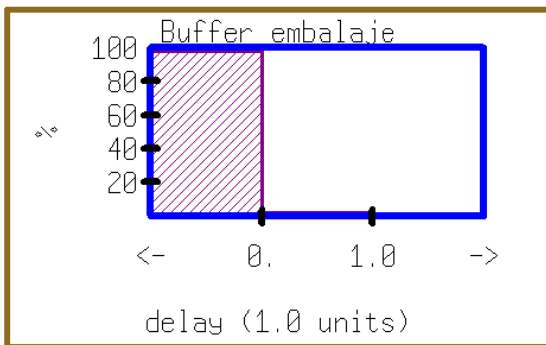
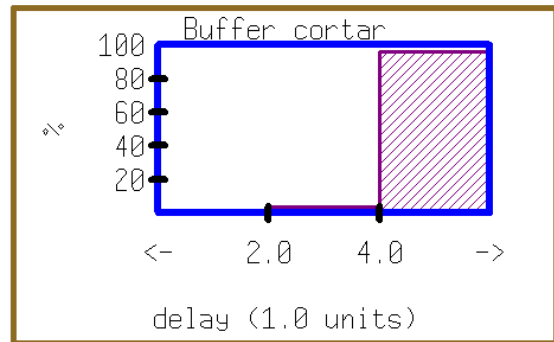
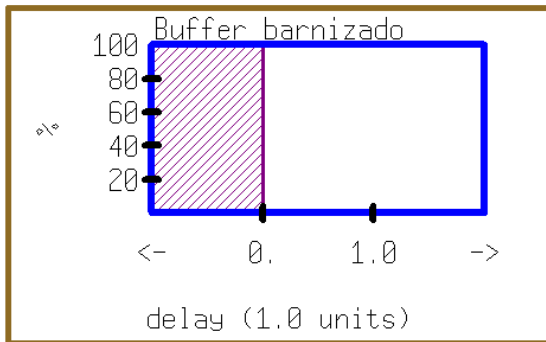
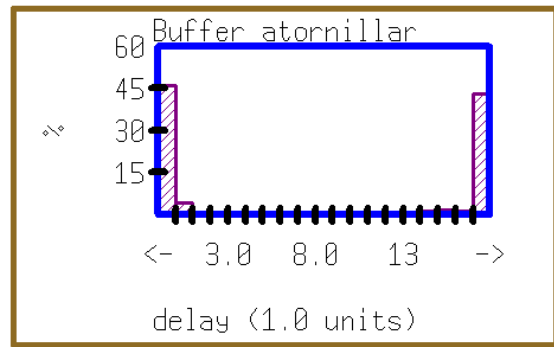
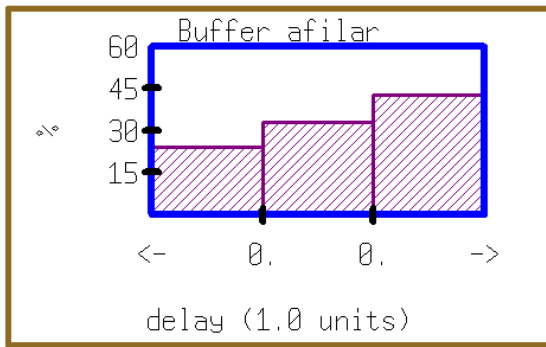
A pesar de que se nos han reducido ciertos tiempos de funcionamiento, haciendo que algunas máquinas estén más ociosas que en la iteración anterior, hemos conseguido reducir bastante los tiempos de espera.

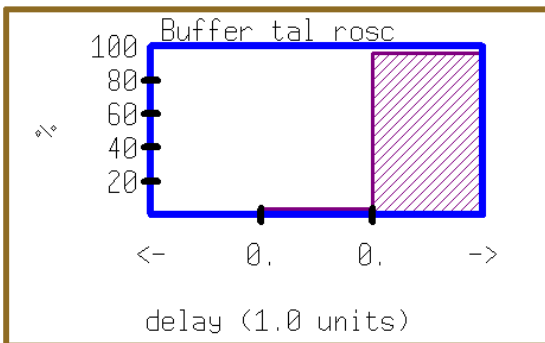
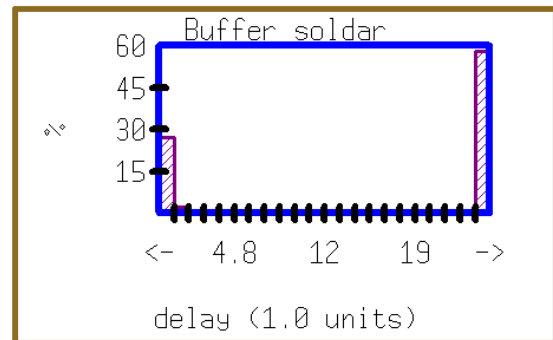
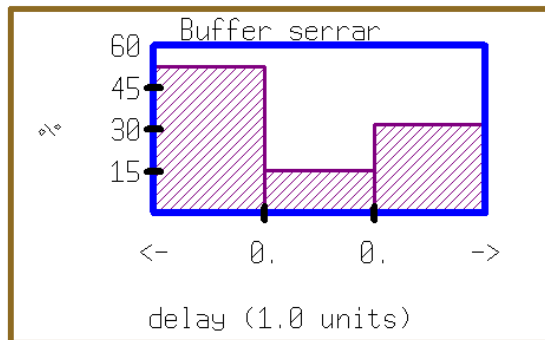
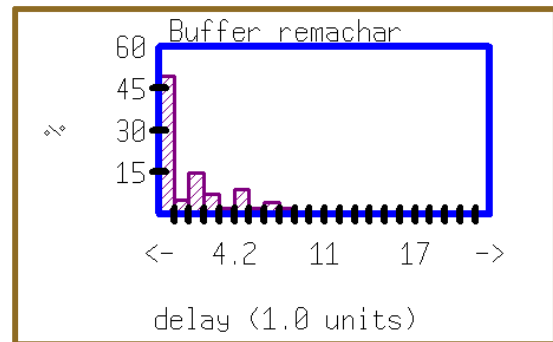
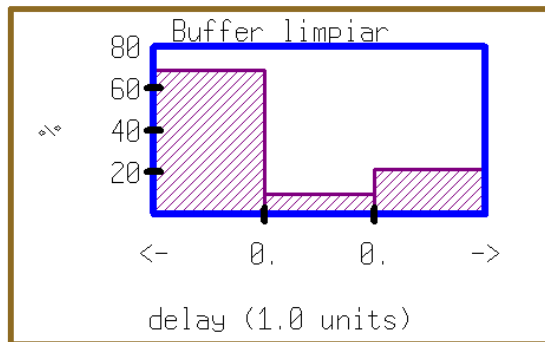


La única diferencia con respecto a la iteración anterior es que ha mejorado el funcionamiento de cinta_salida y de cinta_insp_emb, ya que se ha reducido el estado ocioso de ambas.



En los almacenes de antes de las celdas no varía con respecto a la anterior iteración.

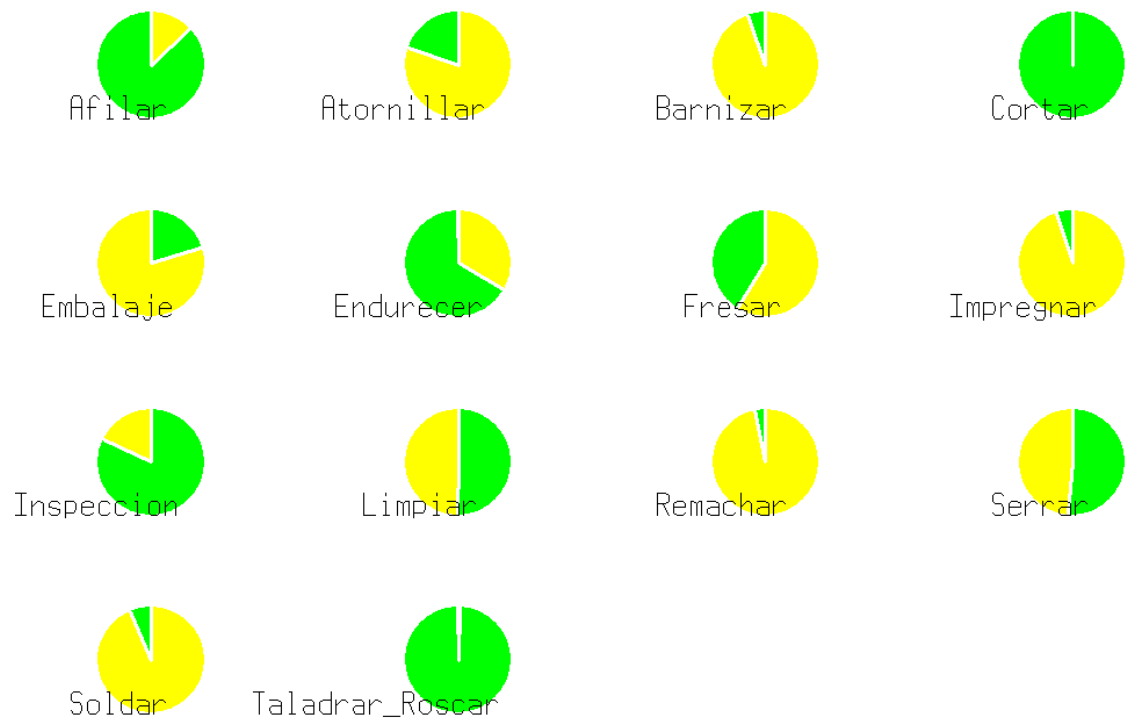




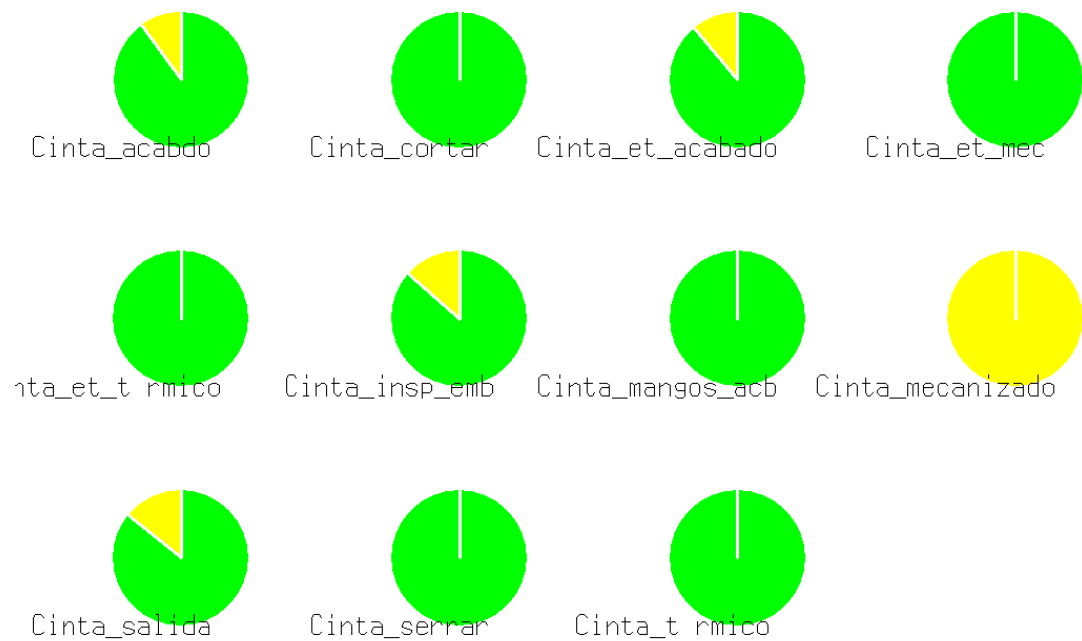
Los buffers tampoco sufren mucha diferencia con respecto a la iteración anterior.

9.3. Iteración 3

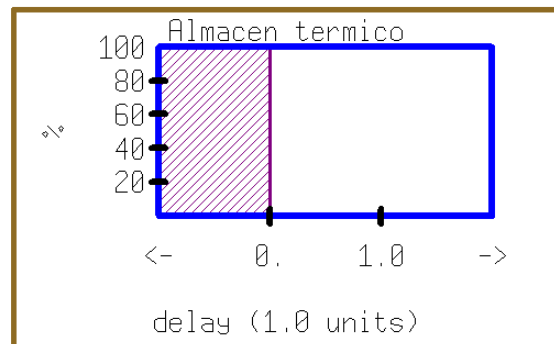
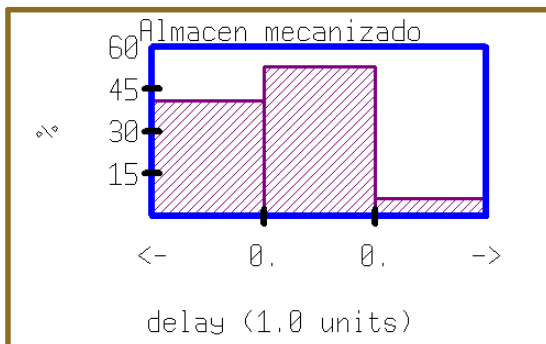
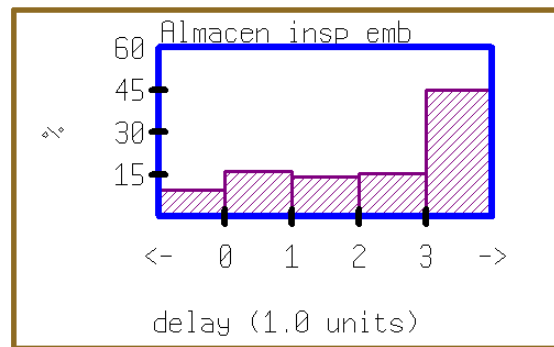
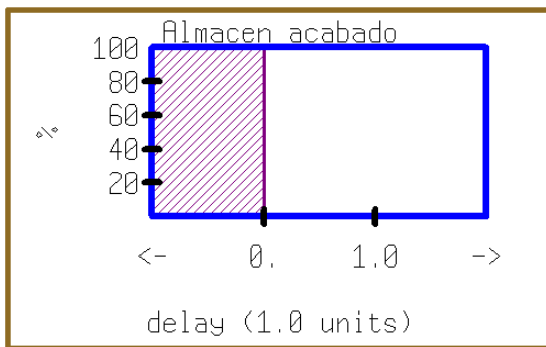
En esta iteración se consigue eliminar los tiempos de espera de barnizar e impregnar. Para conseguir dicho objetivo se ha aumentado la capacidad del buffer de atornillar a 200, ya que había momentos en los que se bloqueaba. Además, hemos aumentado la capacidad a 30 de la cinta que va hacia inspección, y lo mismo, pero cambiando la longitud a 100 m con las cintas que van a cortar, a serrar, a la celda de térmico, la que lleva los mangos a acabado y la que lleva a las estaciones de la celda de térmico.



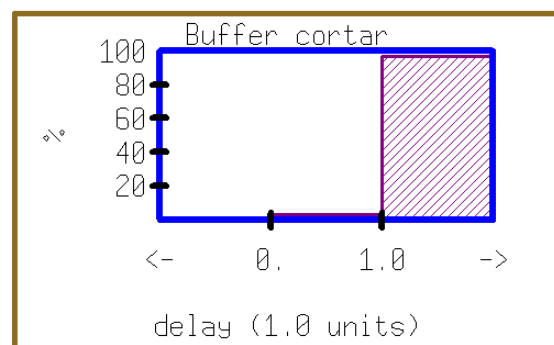
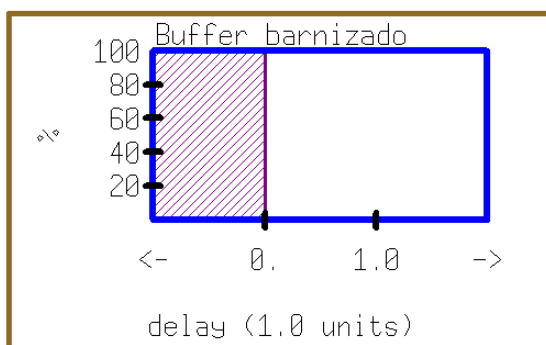
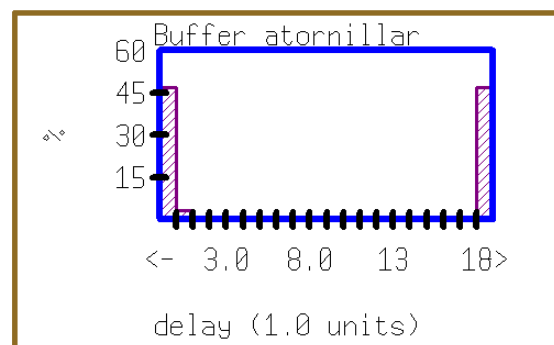
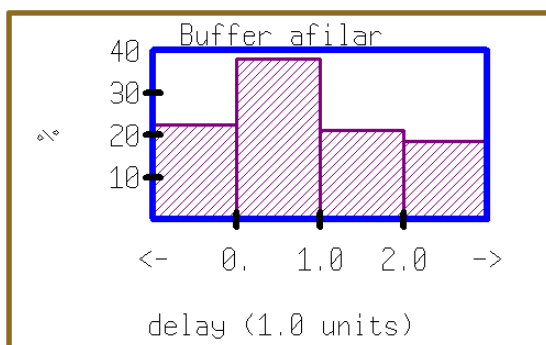
Como podemos observar hemos conseguido eliminar todos los tiempos de espera, aunque aún sigue habiendo máquinas demasiado ociosas y máquinas demasiado saturadas.

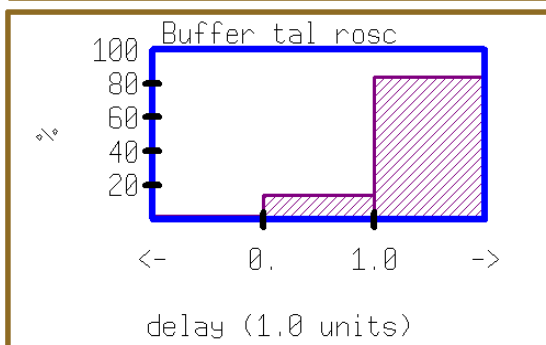
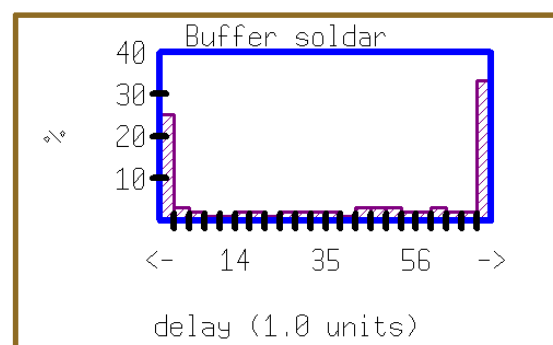
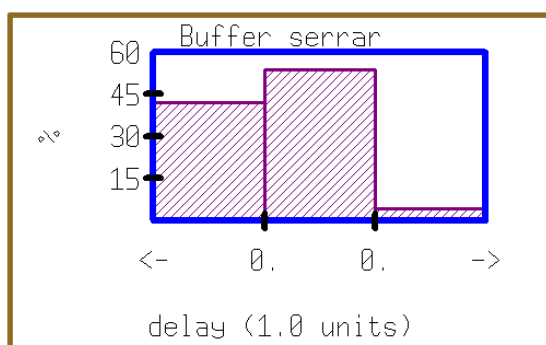
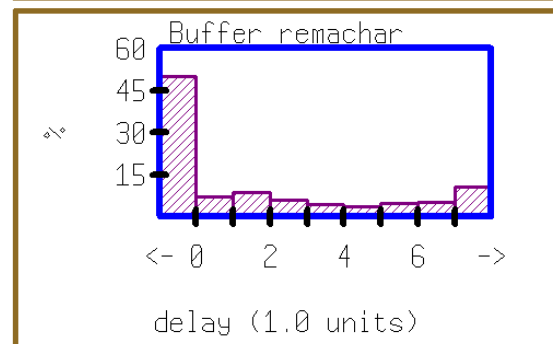
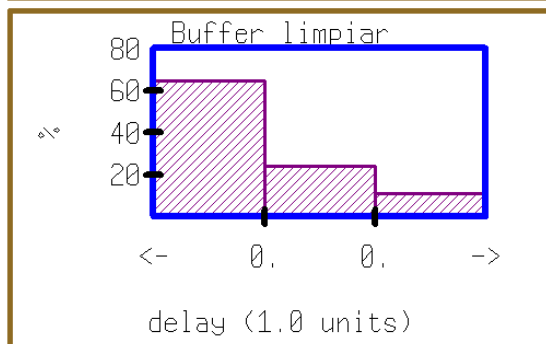
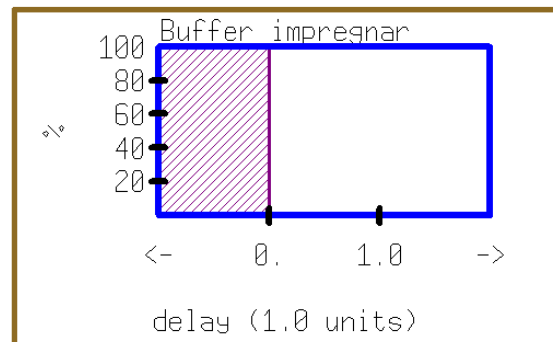
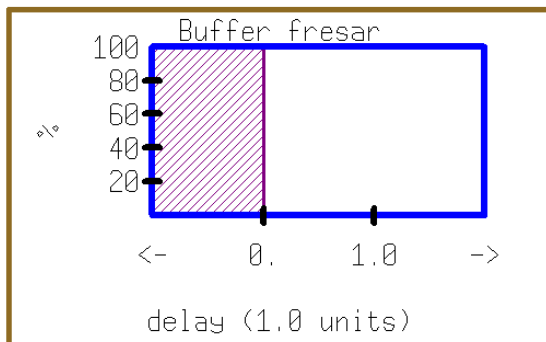
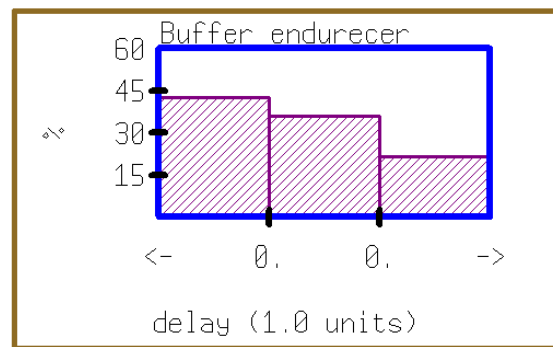
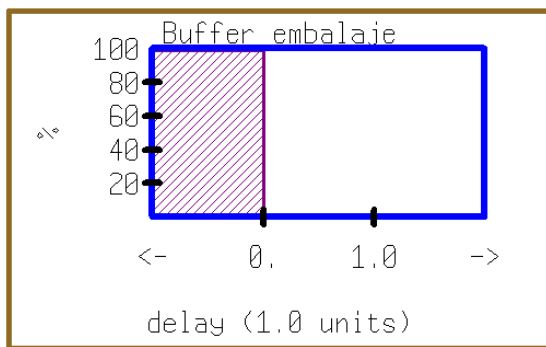


En cuanto al funcionamiento de las cintas se puede observar cómo se ha conseguido que deje de estar saturada la cinta_acabado.



En los almacenes de antes de las celdas no varía con respecto a la anterior iteración.





En el caso de los buffers, la gran mayoría siguen igual a excepción del buffer de soldar que se ha saturado un poco más de lo que estaba, pero sin llegar a superar la capacidad máxima.

9.4. Iteración 4

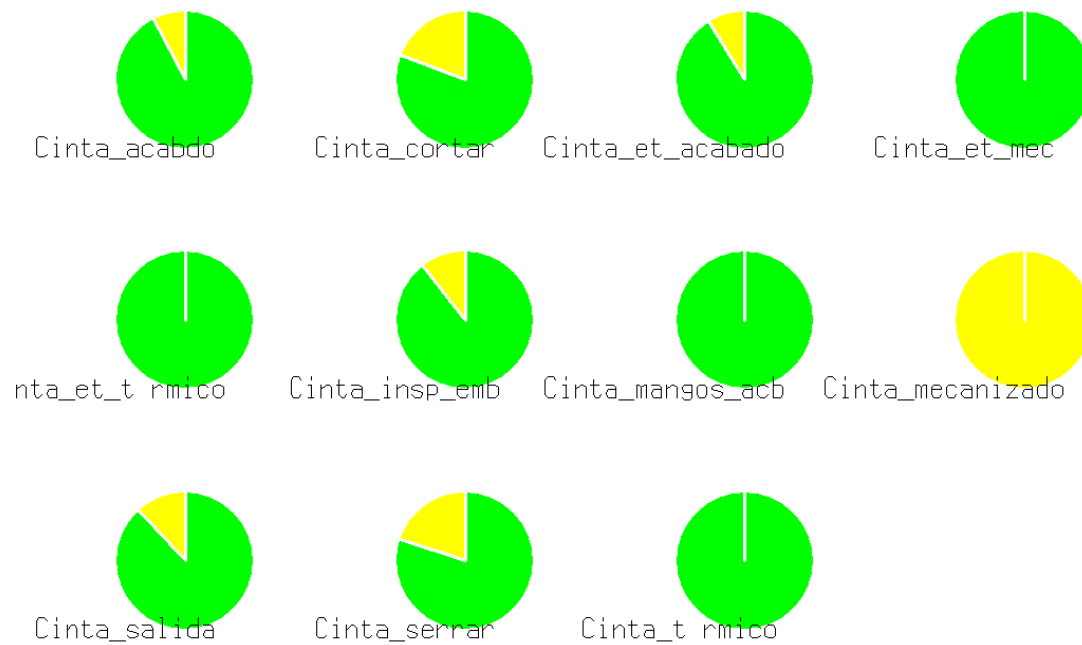
En esta iteración el objetivo es optimizar las estaciones de cortar y serrar. Para ello añadiremos una estación extra de cortar y además aumentaremos la cantidad de barras de madera para serrar de 5 a 6.

Al realizar estos cambios prevemos que tendremos tiempos de espera y saturación de almacenes en la estación de Taladrar/Roscar, por eso mismo aumentaremos el número de estaciones en 2.

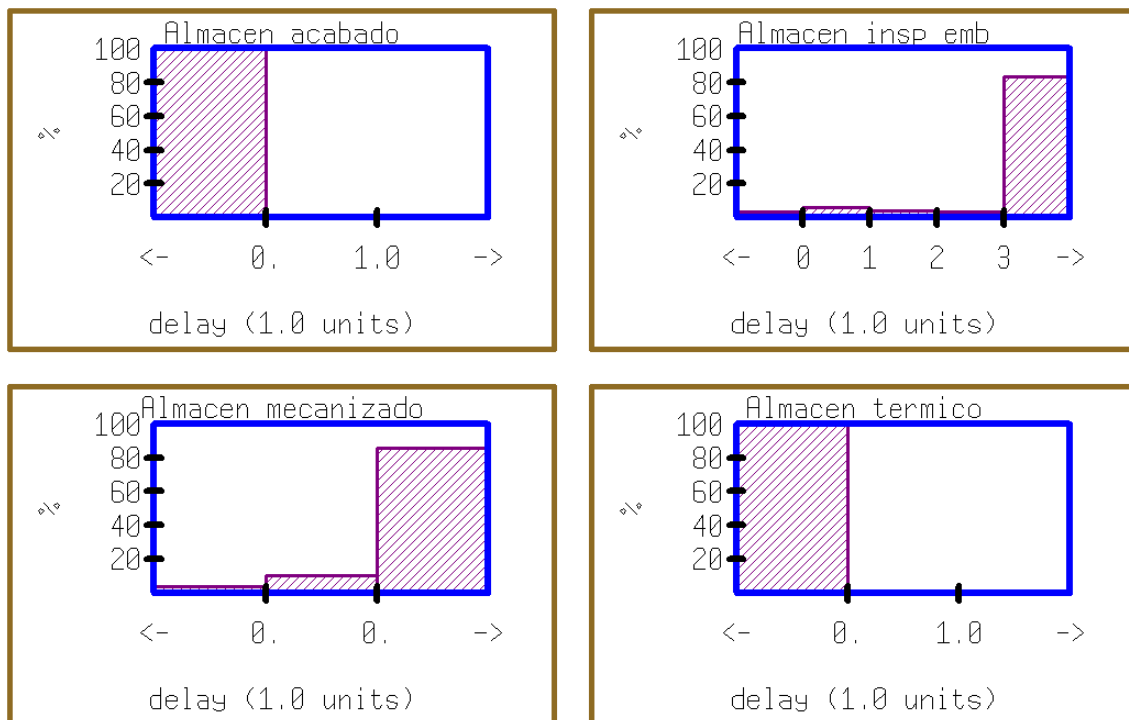
Además, optimizaremos las cintas que van a cortar y serrar, cambiando la longitud de estas a 20 metros, ya que el recorrido que hacen es más corto que el que se haría para ir de una celda a otro.



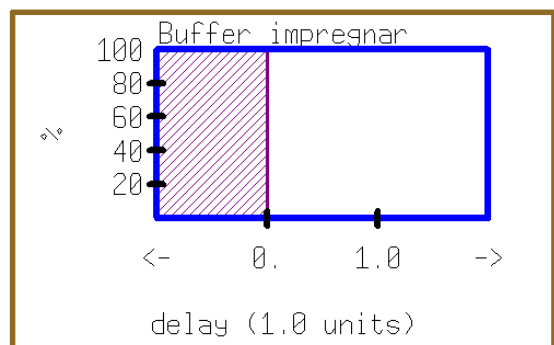
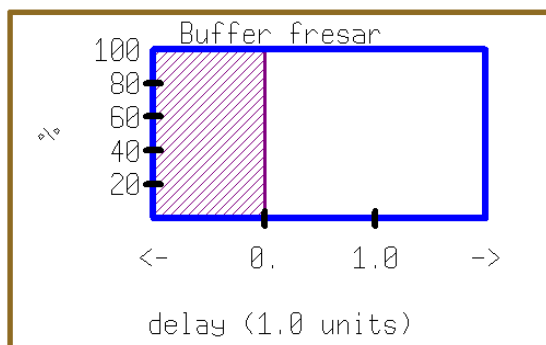
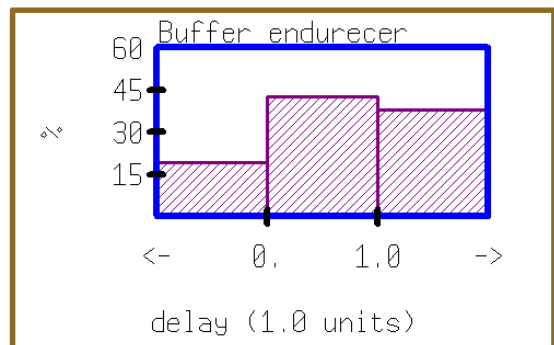
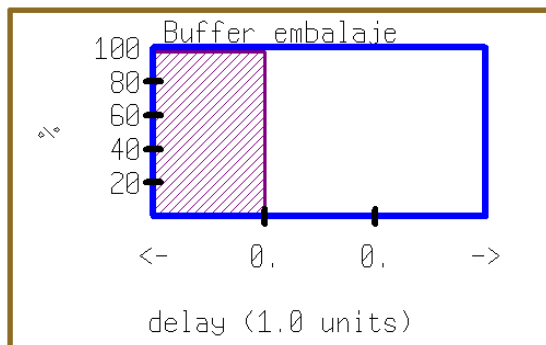
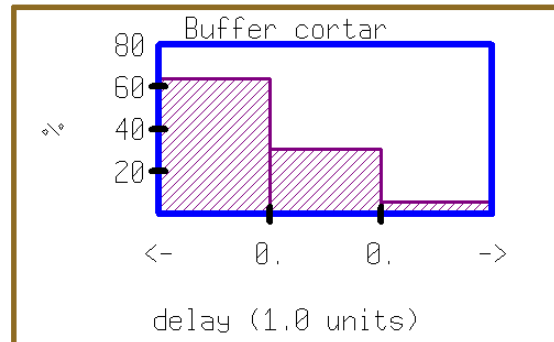
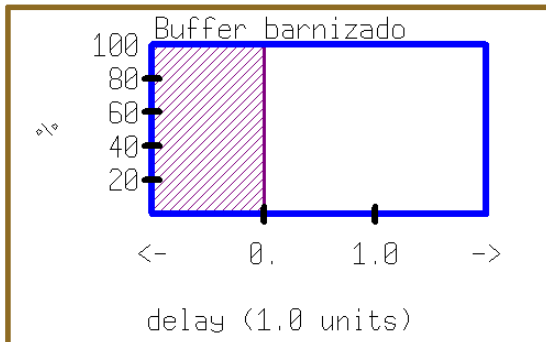
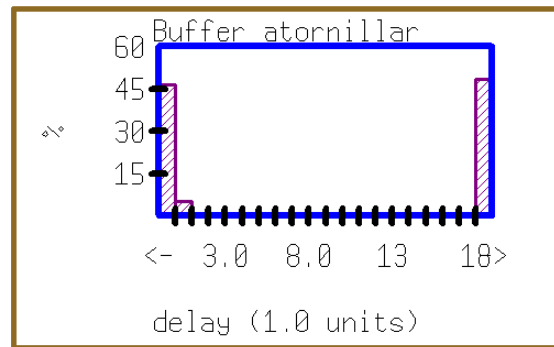
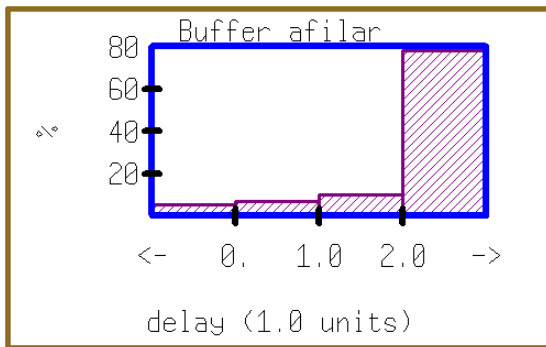
Como podemos observar se han optimizado las estaciones de cortar, serrar y taladrar/roskar. El resto se mantienen igual que en la anterior iteración

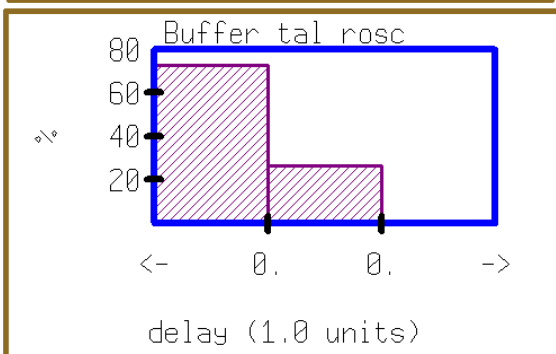
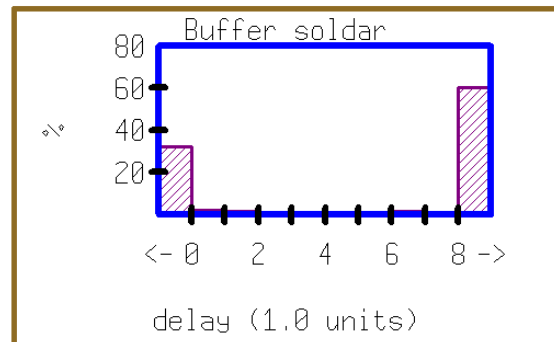
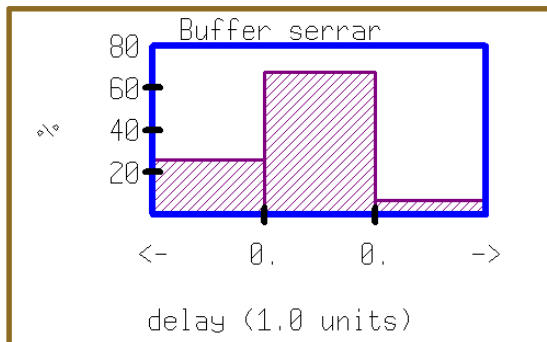
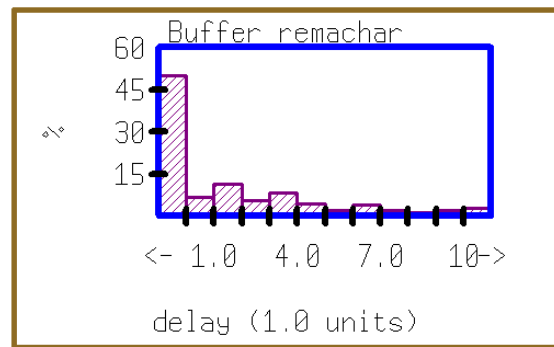
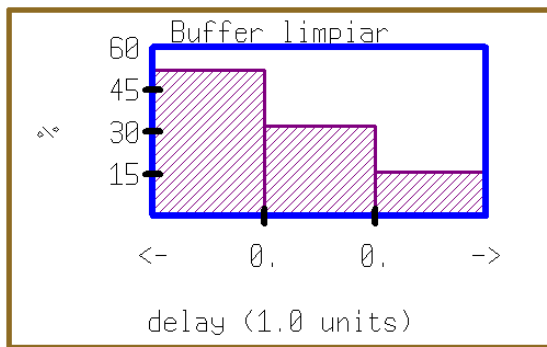


En el caso de las cintas es similar, ya que se ha conseguido optimizar las cintas de cortar y serrar, pero el resto siguen igual que en la iteración anterior.



En los almacenes de antes de las celdas no varía con respecto a la anterior iteración.





En el caso de los buffers se mantienen igual que en la iteración anterior con la diferencia de que se ha conseguido optimizar de forma muy correcta el buffer de soldar.

9.5. Iteración 5

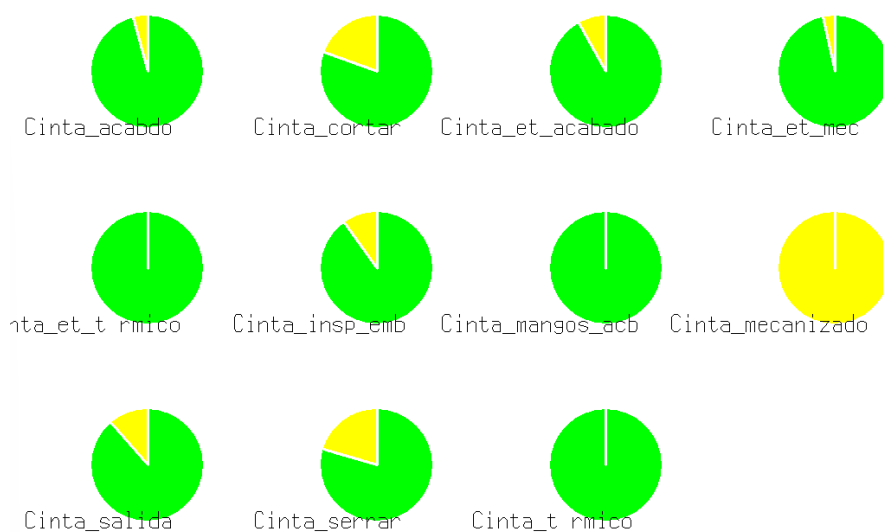
En esta iteración se tiene como objetivo optimizar el funcionamiento de la estación de afilar, la cual está demasiado rato en funcionamiento. Para solucionar este problema añadiremos otra estación de afilar.

Además, se va a optimizar la cinta que lleva a las estaciones de mecanizado, la cual está demasiado saturada. Por lo que se va a aumentar la capacidad de la cinta en 30 y la longitud se va a establecer en 20 metros, porque como ya hemos dicho antes, el recorrido que hacen es más corto que el que se haría para ir de una celda a otro.



Aunque aún hay estaciones que están muy ociosas tomamos esta solución como la más óptima que podemos conseguir con nuestro proceso. Si nos fijamos en los resultados, las estaciones con más tiempo ocioso son estaciones las cuales hacen un proceso muy específico que solo se efectúa sobre un tipo de herramienta y al fabricarse las distintas partes de esas herramientas, se utilizan previamente mecanizados y materias primas comunes a otras herramientas. Por lo que variarlas supondría obtener estados de espera en otras estaciones, lo que es una prioridad para evitar.

De todas formas, a raíz de estos datos podemos afirmar que si en un futuro es necesario fabricar más herramientas de un tipo específico o introducir nuevas herramientas que compartan esos procesos podríamos hacerlo sin problemas. Lo que no podemos conseguir es no tener tiempos ociosos en algunas estaciones fabricando el mismo número de herramientas.



En las cintas vemos que en todo momento hay productos pasando por ellas y circulando por la fábrica, lo cuál es favorable ya que indica que hay un flujo continuo de productos.