

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
UNIVERSIDAD DE BURGOS**



**SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL  
TRÁNSITO DE UNA PLANTA DE  
NEUMÁTICOS MEDIANTE LA  
HERRAMIENTA INFORMÁTICA  
WITNESS**

**INGENIERÍA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL**

AUTOR:

**Alejandro Arnaiz Rigo**

TUTOR:

**Académico: Susana García Herrero  
Empresa: Francisco Javier Adalia Giralda**

**ENERO DE 2014**



# ÍNDICE.



## **MEMORIA DESCRIPTIVA.**

<b>1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>2</b>
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>2</b>
<b>3. LA EMPRESA.....</b>	<b>2</b>
<b>4. LA TRANSÍSTICA.....</b>	<b>7</b>
<b>5. SIMULACIÓN CON WITNESS.....</b>	<b>9</b>
5.1. Introducción al programa.....	9
5.2. Construcción de un modelo con Witness. ....	11
5.3. Parametrización de los elementos del modelo.....	19
5.4. Reglas de unión entre elementos (inputs y outputs).....	58
5.4.1. Reglas básicas.....	59
5.4.2. Resumen de reglas de entrada.....	61
5.4.3. Resumen reglas de salida.....	62
5.5. Simulación del modelo.....	63
5.6. Resultados.....	66
<b>6. PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....</b>	<b>71</b>
6.1. Toma de tiempos de los elementos necesarios.....	71

---



6.2. Aprender a usar la herramienta informática Witness.....	73
6.3. Construcción del modelo en Witness.....	73
6.4. Parametrización de los elementos que componen la transística.....	74
6.5. Establecer las reglas de entrada y salida de los elementos.....	74
6.6. Simular el modelo.....	74
6.7. Interpretar los resultados obtenidos, validarlos y establecer mejoras.....	75
<b>7. CASUÍSTICAS Y RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN.....</b>	<b>76</b>
7.1. Introducción.....	76
7.2. OPL – MAES.....	77
7.2.1. Descripción transística OPL – MAES.....	77
7.2.2. Datos de partida.....	78
7.2.3. Simulación Witness.....	79
7.2.3.1. Tiempo mínimo de paso desde OPL a MAES.....	79
7.2.3.2. Tiempo de saturación del circuito.....	84
7.2.3.3. Simulación de 5 días (7200 minutos).....	88
7.2.3.3.1. Casuística A).....	88
7.2.3.3.2. Casuística B).....	93
7.2.3.3.3. Casuística C).....	95
7.3. MAES – Almacenes Principales.....	105
7.3.1. Descripción transística MAEs - Almacenes principales.....	105
7.3.2. Datos de partida.....	106
7.3.3. Simulación Witness.....	106

---



7.3.3.1. Casuística A).....	107
7.3.3.1.1. Resultados.....	108
7.3.3.2. Casuística B).....	119
7.3.3.3. Casuística C).....	121
7.3.3.4. Casuística D).....	124
7.3.3.5. Casuística E).....	128
7.4. Circuito de enfriamiento.....	131
7.4.1. Descripción transística circuito de enfriamiento.....	131
7.4.2. Situación inicial.....	131
7.4.2.1. OPI 1.....	131
7.4.2.2. OPI 2.....	135
7.4.2.3. Túnel de enfriamiento.....	135
7.4.2.4. Llegada a verificación.....	138
7.4.3. Toma de tiempos.....	138
7.4.4. Simulación Witness.....	139
7.4.4.1. Tiempo de una cubierta en pasar cada circuito.....	140
7.4.4.2. Simulación de 5 días (7200 min) a diferentes volúmenes de producción.....	142
7.4.4.3. Situación de saturación de los circuitos.....	153
7.5. Taller de Verificación. ....	155
7.5.1. Descripción transística Verificación.....	155
7.5.2. Datos de partida.....	156
7.5.3. Simulación Witness.....	157
7.5.3.1. Tiempos de saturación.....	158

---



7.5.3.2. Simulación de 5 días (7200 minutos).....	161
<b>8. PROPUESTAS DE MEJORAS.....</b>	<b>182</b>
8.1. Propuestas de mejora en OPL – MAES.....	182
8.2. Propuestas de mejora en MAES – Almacenes Principales.....	184
8.3. Propuestas de mejora en circuito de enfriamiento.....	186
8.4. Propuestas de mejora en Verificación.....	188
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>192</b>
9.1. Conclusiones OPL – MAES.....	192
9.2. Conclusiones MAES - Almacenes Principales.....	193
9.3. Conclusiones Circuito de enfriamiento.....	193
9.4. Conclusiones Taller verificación.....	193
9.5. Conclusiones globales de toda la transística.....	194
9.6. Conclusiones generales del programa Witness.....	199
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>201</b>



## **ANEXOS.**

1. PLANO N° 1: Esquema transística dividido por tramos, zona Cocción.
2. PLANO N° 2: Esquema transística dividido por tramos, zona Verificación.
3. PLANO N° 3: Esquema de Witness, zona OPL.
4. PLANO N° 4: Esquema de Witness, zona Cocción.
5. PLANO N° 5: Esquema de Witness, Circuito de Enfriamiento.
6. PLANO N° 6: Esquema de Witness, zona Verificación.



INGENIERÍA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL TRÁNSITO DE UNA PLANTA DE  
NEUMÁTICOS MEDIANTE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA WITNESS.

---

# MEMORIA DESCRIPTIVA.



## **1. ANTECEDENTES**

Se pretende realizar un estudio de la zona de tránsito entre las diferentes estaciones de trabajo de la planta de Michelin de Aranda de Duero, con el fin de detectar los cuellos de botella y optimizar el sistema. Se harán simulaciones para la situación actual y para diferentes volúmenes de producción con vistas a un incremento de la misma en un futuro.

## **2. OBJETIVO DEL PROYECTO.**

El objetivo de la realización de este estudio es simular la situación actual de la transística de la planta de Michelin de Aranda de Duero y localizar los puntos críticos. Una vez localizado dichos puntos se deberán realizar las propuestas de mejora.

El siguiente objetivo para la empresa será el de simular cómo se comporta el sistema ante producciones más elevadas que las actuales, para ello se simularán varios escenarios de producción.

Dicha simulación se realizará con la herramienta informática Witness Pwe 3.0.

Por último, otro objetivo que se pretende conseguir, este de carácter individual, es la obtención del título de Ingeniería Organización Industrial mediante la presentación del estudio.

## **3. LA EMPRESA.**

Michelin es, principalmente, un fabricante de neumáticos. Fundada en 1889 en Clermont-Ferrand (Francia) con el desarrollo de neumáticos de bicicleta,

---



es el más importante del mundo junto con Bridgestone.

La mascota de esta compañía es llamada Bibendum, un personaje de color blanco que está formado por muchos neumáticos. Este "hombre neumático" fue creado en 1895, sólo tres años después de que naciera el automóvil.

A fecha de 2007 Michelin posee el récord del neumático más grande fabricado, se trata de los neumáticos 59/80R63 con que va equipado el volquete gigante de Caterpillar modelo 797B, utilizado en excavación minera. Cada neumático pesa 5 toneladas, tiene 4 metros y medio de diámetro y 1,48 metros de ancho, con una presión de inflado de 6,5 bar. El coste de cada uno de estos neumáticos ronda los 30.000 euros.

Algunos datos relevantes sobre Michelin:

- 109.193 empleados (102.692 en equivalente a tiempo completo).
- Más de 150 millones de neumáticos producidos cada año.
- Ventas netas: 14,800 millones de euros.
- Mercado de neumáticos de turismo y camioneta: 80% de neumáticos vendidos en el mercado de remplazo.
- Mercado de neumáticos de camión: 80% de neumáticos vendidos en el mercado de remplazo (para neumáticos radiales).
- 72 plantas de producción en 19 países.
- Presencia Comercial en más de 170 países.
- Cuota de 16,3% del mercado mundial en cifra de negocios.

### Michelin España

España cuenta con factorías en Aranda de Duero (Burgos), Valladolid, Vitoria y Lasarte. Más de 8.000 personas trabajan para Michelin en España. España desempeña un papel preponderante en el contexto de la producción del Grupo. En España se fabrican la mayor parte de nuestras gamas de producto, desde el

---



neumático para moto hasta el destinado a las obras públicas, pasando por los de turismo, camión y autobús, maquinaria y equipos agrícolas, etc. En España más del 85% del personal trabaja en actividades industriales.

La sede social se encuentra ubicada en la madrileña localidad de Tres Cantos donde también se sitúa la Dirección Comercial de España y Portugal y un Centro de Formación y Asesoramiento (CFAM) que ofrece cursos de capacitación para los empleados de la empresa y para el personal de las redes de distribución.

La importante presencia industrial del grupo en España, con cuatro fábricas: Lasarte, Vitoria, Aranda de Duero y Valladolid (esta última comparte sede con los servicios centrales del grupo para la península Ibérica), permiten ofrecer una amplia gama de productos y servicios que se comercializan en el país: neumáticos de turismo, de camión, agrícolas, industriales y para vehículos de dos ruedas. Se completa la presencia en España con el Centro de Experiencias Michelin Almería, en las proximidades del Cabo de Gata donde se ensayan neumáticos producidos en las diferentes fábricas del Grupo.

El Centro de Experiencias Michelin de Almería (CEMA) empezó a funcionar el 2 de enero de 1973. Su ubicación fue cuidadosamente elegida, ya que los terrenos ocupan 4.500 hectáreas en el Cabo de Gata, era el enclave geográfico de más baja pluviometría de Europa. En el centro trabajan cerca de 250 personas, ruedan por sus pistas más de 300 vehículos y cuenta con más de 40 pistas cuya longitud supera los 100 kilómetros. En total, el centro posee una veintena de edificios que ocupan una superficie total construida que supera los 60.000 m<sup>2</sup>. El CEMA, que es en la actualidad uno de los centros de ensayo más importantes del mundo, desarrolla una intensa actividad para diversas líneas de producto.

El 27 de julio de 1970 fabricó su primer neumático la factoría burgalesa de Aranda de Duero, tercero de los centros industriales de Michelin en España. En abril de 1995 la factoría se especializa en neumáticos de camión, cesando la

---



fabricación de cubiertas de turismo. Dentro de la línea de producto Camión, la fábrica de Aranda es la planta industrial más importante y productiva con que cuenta el Grupo Michelin. Además en Aranda se preparan conjuntos montados, (rueda metálica, cubierta, válvula, masa de equilibrado y puesta a presión) para los fabricantes de vehículos.

Nacida en 1934, la de Lasarte es la decana de las factorías Michelin en España. Se encuentra a poco más de 10 kilómetros de San Sebastián y su entorno fue escenario de un importante circuito automovilístico hasta 1936. Coció su primer neumático el 24 de enero de 1934, un modelo del tipo Confort destinado a vehículos de turismo. En su larga trayectoria industrial, Lasarte ha fabricado una gran diversidad de productos. En la actualidad, Lasarte es la fábrica más importante del Grupo en la fabricación de neumáticos de moto, actividad en la que esta fábrica es polo de expertos para sí misma y para otras factorías en el mundo. Además esta planta produce membranas de cocción y tejidos (semiterminados).

La fábrica de Valladolid es la más reciente de las cuatro que la empresa tiene en España, ya que el comienzo de su actividad se remonta a 1973. El 2 de octubre de aquel año fabricó su primer neumático, una cubierta de turismo americano. En febrero de 1975 se fabrican las primeras cubiertas de turismo europeo. Este mismo año empieza la fabricación de semiterminados. Actualmente suministra mezclas de goma a diversas factorías de España y Europa. También en el año 1975 se iniciaba la producción de neumáticos agrícolas. La factoría vallisoletana cuenta además con una actividad con la más alta tecnología para el renovado de neumáticos de camión de la marca MICHELIN Remix, que inició su rodadura en noviembre de 1975. En la actualidad, la fábrica cuenta con cadenas automáticas para la confección de neumáticos de turismo de gama media-alta con los últimos avances tecnológicos para este tipo de procesos. En el recinto de esta factoría se encuentran las Oficinas Generales que acogen las actividades de la dirección de la empresa en la Península Ibérica.

---



La segunda fábrica Michelin de España se encuentra también en la Comunidad Autónoma del País Vasco, concretamente en Vitoria-Gasteiz. El día 5 de enero de 1966 salió de las prensas de cocción su primer neumático: una cubierta de obras públicas de la dimensión 23.5-25 XRT\*\*B. Con posterioridad, se comenzó a fabricar neumáticos de turismo, además de elaborar productos semiterminados (mezclas de goma, cables, aros, tejido metálico...). En la actualidad, la fábrica de Vitoria, además de su sección de neumáticos de obras públicas que es una de las de mayor volumen de producción en el Grupo Michelin, cuenta con una actividad muy potente de fabricación de neumáticos de turismo, con diversas cadenas automáticas de producción de este tipo de producto.

La actividad comercial de Michelin en España, así como la sede de la sociedad MEPSA radica desde 2002 en la población de Tres Cantos (Madrid). Desde estas modernas instalaciones se coordinan todos los servicios necesarios para atender a la clientela de España y Portugal (además existe una oficina comercial de apoyo en la ciudad de Lisboa). La primera oficina comercial de Michelin en España se instaló en la calle Sagasta de Madrid en 1909, manteniéndose abierta hasta el cambio de sede a la calle Ramón de la Cruz en 1924. En 1963 se construye la que durante muchos años sería la más conocida Agencia Michelin en España, en la calle Doctor Esquerdo. Finalmente y tras una etapa transitoria en las proximidades de la Avenida de América, las dependencias comerciales de Michelin y el Centro de Formación y Asesoramiento se ubican en la localidad de Tres Cantos.

### El proceso de fabricación del neumático de Camión

Comienza en la línea de “preparación”, una parte de la fábrica donde los diversos tejidos toman la forma apropiada para posteriormente mezclarse con la goma y obtener las diversas “capas” que compondrán el neumático.

A continuación pasamos al taller de “confección” donde las diversas capas que

---



hemos obtenido en el proceso anterior se colocan de forma milimétrica sobre la carcasa del neumático. Todo esto ocurre en cuestión de segundos en una larga máquina con varios puestos, donde en cada una se le aplica un proceso diferente al futuro neumático.

Finalmente el bandaje que ha salido del taller de confección pasa a las líneas de cocción, donde el neumático se cuece en prensas en un proceso que requiere principalmente agua sobrecalentada a alta presión y vapor. Tras unos 45 minutos de cocción y prensado el neumático pasa a enfriarse al circuito de enfriamiento y es enviado al taller de verificación para realizarles los diferentes test de calidad e idoneidad. Por último en el apilador se separan por tipos y de ahí se llevan al almacén.

#### **4. LA TRANSÍSTICA.**

Transística es un término acuñado en el grupo Michelin para definir el conjunto de elementos (cintas transportadoras, mesas giratorias...) que unen las diferentes estaciones de trabajo. El proceso de tránsito de los bandajes/cubiertas se hace de forma automática. Cada bandaje/cubierta tiene un código de barras, con el cual, en los lectores y posterior control de los autómatas, saben cuál debe ser la posición de en los almacenes, a que estación de trabaja debe ir, etc.

Como hemos dicho en el apartado anterior del objetivo del estudio es detectar y optimizar la transística.

El problema viene cuando la producción no es uniforme en el tiempo, es decir, cuando se producen picos de producción. Esto ocurre, entre otras cosas, porque las máquinas de ensamblado son máquinas manuales y dependen de los operarios.

Otro problema es cuando un grupo de cubiertas deben ir a un mismo sitio

---



saturando un camino y produciendo cuellos de botella, haciendo que máquinas no puedan evacuar los bandajes u otras que permanezcan vacías a la espera de que le lleguen.

En conclusión se debe analizar la transística para detectar los puntos críticos y optimizar la misma con ayuda de Witness.

La transística se compone de varios elementos:

- ✓ TB – Tapices a banda: Son transportadores de bandajes, y dependerá su capacidad de la longitud del mismo.
- ✓ TG – Transporte por gravedad: es un sistema de rodillos por el que el bandaje cae por gravedad. Para parar la caída de las bandajes tienen un freno que actúa sobre los rodillos. Tienen capacidad para varios bandajes dependiendo también de su longitud.
- ✓ BB – Basculante: se usan para pasar de una a dos alturas o viceversa, es decir, separa una línea en dos paralelas o une dos líneas en una sola. Tiene sólo capacidad para un bandaje.
- ✓ MG – Mesa giratoria: se usan en intersecciones, pudiendo de una sola entrada, separarse en 3 salidas diferentes, o al contrario, unir 3 flujos en uno sólo. Tienen capacidad para un bandaje.
- ✓ TI, PL, TAB – Tapiz Intralox: tienen la misma función que las mesas giratorias pero son más rápidas, ya que en vez de girar la mesa completamente, se elevan del lado opuesto al que quieren enviar el bandaje, desplazándolos por gravedad. También se pueden usar para lo contrario, unir hasta 3 flujos en uno sólo, aprovechando el movimiento del tapiz origen hasta que el bandaje está en el Intralox, y moviéndose el



Intralox en la dirección de salida una vez que el bandaje está sobre el mismo. También tiene capacidad tan sólo para un bandaje.

- ✓ CR – Curva de rodillos: se utilizan para trazar curvas de 90° en la dirección del bandaje sin que haya división o incorporaciones de flujos. También tiene capacidad sólo para un bandaje.
- ✓ MC – Mesa cruzada: mesa similar a la mesa giratoria pero más rápida, ya que no necesita girar para recoger ni evacuar el bandaje. Tan sólo sube una parte de la mesa que hace moverse al bandaje en dirección transversal. Tiene capacidad para un bandaje.

## 5. SIMULACIÓN CON WITNESS.

### 5.1 Introducción al programa.

La herramienta informática utilizada para la realización del presente proyecto es el Witness Pwe 3.0.

Witness Pwe 3.0 es un paquete de simulación interactiva fundamentalmente para el mundo industrial por los siguientes motivos:

- Permite crear modelos de sistemas en los que fluye algún elemento (admite hasta las 32.000 piezas) a través de distintos puestos de trabajo (máquinas), pudiendo modelarse además almacenes (buffers), cintas transportadoras (conveyors), trabajadores (labours), transportes (tracks&vehicles), turnos de trabajo (shifts), etc.... que ayudarán a definir el sistema a modelar.
  - Permite el empleo de gran cantidad de variables y atributos para, a través de su lenguaje de programación propio, poder modelar correctamente el
-



funcionamiento de nuestro sistema.

- Permite crear modelos gráficos con movimiento, dotando a la simulación de gran claridad, entendimiento, rigurosidad e impacto visual.
  - Ofrece gran cantidad de datos como salida de un experimento de simulación para su posterior estudio, bien directamente, a través de los informes generados, o bien volcando los ficheros de datos generados a alguna aplicación informática para su tratamiento.
  - Es fácil de comprender para una persona sin conocimientos previos, aunque el dominio de todos sus elementos y su lenguaje de programación es algo más complejo.
  - Es fácil de utilizar gracias al entorno Windows con el que trabaja: ventanas, cajas de dialogo y menús desplegables con manejables con el ratón.
  - Dispone de un sistema de ayuda on-line, pulsando F1 en cualquier momento.
  - Permite la utilización en un experimento de datos incluidos en ficheros realizados por otro programa (una hoja de cálculo como Excel, por ejemplo) y generar los resultados de la simulación en forma de un fichero manipulable desde otro programa informático.
  - Puede “editarse” (construirse, modificarse) un modelo sin necesidad de correr Witness mediante un programa de edición de texto como Write (Windows), manipulando un archivo librería \*.lst.
  - Permite crear ficheros de arranque en formato ASCII (con Write, por
-



ejemplo) para poder concatenar varios experimentos uno tras otro, de modo que se pueda dejar corriendo el ordenador hasta que finalice todas las simulaciones programadas. Después será posible examinar el modelo en aquel punto de la simulación al que ha llegado.

- Pueden crearse submodelos que puedan ser copiables, borrables, desplazables e interconectables, lo que permite un diseño modular.
- Permite realizar gráficas e histogramas de determinados parámetros del modelo que interese estudiar, para facilitar su comprensión y ver su variación temporal.
- Pueden emplearse gran cantidad de distribuciones de probabilidad, tanto teóricas como empíricas, para proporcionar aleatoriedad al modelo (dispone de 1000 series de números aleatorias distintas). Así mismo, es posible establecer varios tipos de “roturas” a la vez en cada uno de los centros de trabajo del modelo.

Una realidad industrial puede estar formada por un conjunto de piezas que fluyen a través de un conjunto de máquinas en las que son mecanizadas, montadas, divididas, etc....

Además de esto, el sistema puede estar compuesto por diversos transportadores (que llevan las piezas de un lugar a otro), almacenes, operarios (necesarios para que una máquina funciones, para hacer reparaciones, para hacer cambios de herramienta, etc...), vehículos (para transportar las piezas), etc....

Por otra parte, las piezas deben fluir en un determinado orden y sentido, pueden fluir solas o en grupo, las máquinas y operarios harán una cosa u otra en función de ciertos parámetros, etc....



Esta realidad industrial puede ser plasmada en un modelo Witness empleando los elementos de los que dispone el programa como programando el modelo mediante una lógica de control adecuada.

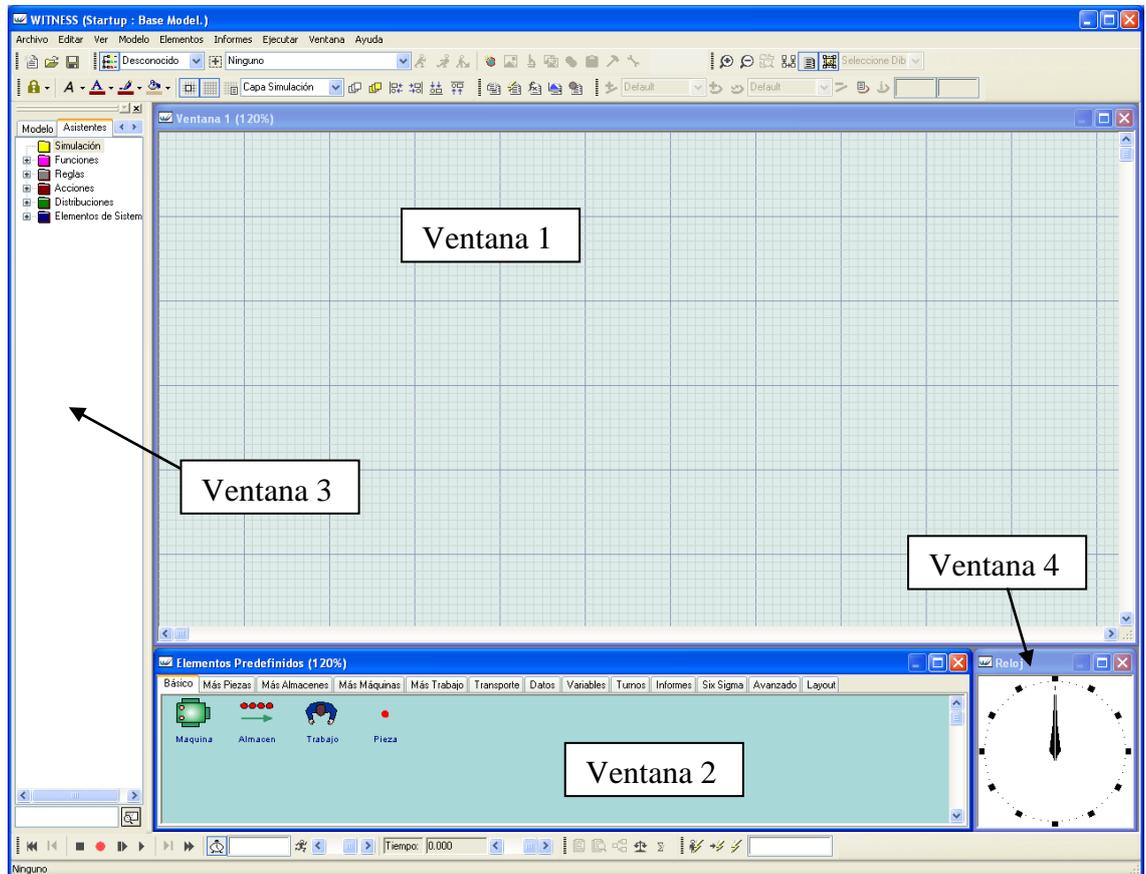
En Witness, los modelos se construyen de acuerdo a unos procedimientos concretos y utilizando unos elementos determinados. Cada elemento modelará a alguna parte del sistema real que se desea simular, pero no es necesario tratar de plasmar todos y cada uno de los elementos del sistema real, sino los indispensables.

Cada elemento de Witness puede simular gran variedad de cosas, y una misma cosa se puede simular por lo general con varios elementos indistintamente. La elección de un elemento u otro debe hacerse en función de la sencillez y facilidad de interpretación del modelo resultante.

## **5.2. Construcción de un modelo con Witness.**

Primero se va a describir los pasos a seguir para la creación de un modelo Witness, después ya se estaría en condiciones de utilizar el modelo y finalmente se podrán extraer conclusiones con los resultados de los experimentos realizados y con los informes obtenidos, para profundizar en el estudio del sistema modelado.

Tras un estudio del sistema que se pretende modelar se deberán conocer los elementos que constituyen nuestro sistema real y su funcionamiento, para empezar a pensar en elegir los elementos de Witness adecuados para modelar cada elemento real, teniendo en cuenta hacerlo de un modo sencillo y eficaz. Determinado esto, podemos comenzar a construir el modelo y así entraremos en el programa apareciendo inicialmente la pantalla de la figura 1.



**Figura 1.** Ventana principal de Witness.

En esta figura aparecen 4 ventanas diferenciadas:

- La ventana 1 es donde se dibuja el modelo que deseamos.
- La ventana 2 es la de los elementos predefinidos, que es donde se encuentran los diferentes elementos que necesitaremos para la simulación como son las máquinas, piezas, cintas transportadoras, etc.
- La ventana 3 muestra un resumen de todos los elementos utilizados así como todas las reglas y distribuciones utilizadas.
- La ventana 4 es una ventana donde se muestra el tiempo transcurrido cuando se pone en marcha la simulación.



### **ELEMENTOS DE MODELIZACIÓN DE WITNESS.**

Un modelo de Witness está compuesto por diversos elementos físicos conectados entre sí mediante una serie de reglas lógicas denominadas reglas de entrada y salida. Cada componente del sistema real tendrá una representación mediante uno o más elementos de Witness.

El propósito de la simulación será construir un modelo de un escenario particular, ponerlo en marcha y recoger resultados, después hacer cambios en el modelo y ponerlo en funcionamiento otra vez y comparar los resultados con el modelo original, En la vida real estos sería muy caro y requeriría mucho tiempo de experimentación.

Para simular un proceso, Witness utiliza la misma combinación de gentes, piezas y máquinas que en la vida real. Cada factor de producción será uno de los llamados ELEMENTOS del modelo.

Hay cuatro categorías de elementos: discretos, continuos, lógicos y gráficos. A continuación se describen brevemente para ser tratados con detalle más adelante.

#### ✓ **Elementos procesos discretos.**

**Piezas:** Son los elementos que fluirán a través del modelo, pasando de unos elementos a otros en función de las reglas de entrada y salida de los mismos. La entrada en el modelo se realiza desde un elemento predefinido llamado world, o a través de un fichero de piezas –part file- que indica cuando entra cada pieza en el modelo y en que numero, y a la salida del modelo se hace hacia otro elemento predefinido llamado ship o hacia un fichero de piezas –part file- que recoge cuando sale cada pieza del modelo.

Las piezas pueden representar cualquier cosa: paletas, motores, personas, cartas,

---



bebidas, etc...., que constituyan aquellos elementos que fluyen por el modelo.

Las piezas pueden visualizarse en el modelo (display) de una de las siguientes formas: como iconos, como las 4 iniciales de su nombre o como un simple contador que señala el número de piezas que hay dentro de un elemento. Para determinar la forma en la que se visualizará este tipo de elementos se elegirá la opción Display ofreciendo la siguiente barra de herramientas.

Cada pieza puede llevar asociada uno o varios atributos que pueden tomar distintos valores en distintos momentos de la simulación, activando o no diferentes eventos lógicos.

Las piezas pueden moverse individualmente, en grupo pueden juntarse o dividirse, pueden transformarse en otro tipo de piezas en el transcurso de la simulación, etc....

**Buffers:** Son elementos que almacenan piezas, sirviendo para representar un almacén, una cola, un conjunto de pedidos a procesar, etc.... Los buffers son elementos pasivos que no pueden tomar ni soltar piezas desde/hacia otros elementos, sino simplemente almacenarlas.

**Máquinas:** Son los elementos que operan con las piezas: que reciben de otro elemento, realizan alguna acción con las mismas en un cierto tiempo (tiempo de ciclo), y las envían a otro elemento.

Son el elemento principal de simulación y tienen gran utilidad por poder representar gran variedad de operaciones realizadas por máquinas o personas: una máquina que mecaniza o monta piezas, un trabajador, un elevador, una mesa de giro, etc....

Gráficamente pueden representarse por un icono (propio del programa o diseñado por nosotros) que puede cambiar de color en función del estado de la máquina durante la simulación:

---



El significado de cada uno de los colores es:

- Verde – ocupada (trabajando).
- Amarillo – esperando piezas.
- Magenta – bloqueada.
- Roja – Averiada.
- Azul – esperando operario para funcionar.
- Cyan – esperando operario para ser configurada.
- Blanco – fuera de turno.

Solo los elementos monocromáticos pueden cambiar de color cuando el elemento cambia de estado.

Existen varios tipos de máquinas, dependiendo del nº de piezas que procesen a la vez:

- *Simple*: solo procesan una pieza de una vez.
  - *Por lotes*: procesa un lote de piezas a la vez. En este tipo de máquinas, las piezas van entrando hasta completar el tamaño del lote, procesa el lote un tiempo de ciclo y sale el lote completo hacia el siguiente elemento. El tiempo de ciclo no empieza a contar hasta no disponer de todas las piezas del lote en la máquina.
  - *Ensamblaje*: entran varias piezas, son ensambladas y sale sólo una pieza. El tiempo de ciclo no empieza a contar hasta no disponer de todas las piezas en la máquina.
  - *Producción*: entra una pieza y sale esa pieza más una cantidad fijada de otra pieza que se desea producir.
-



- *General*: entra una cantidad fijada de piezas y sale otra cantidad fijada de esas piezas. Si entran dos piezas de tipo distinto y sale sólo una pieza, su tipo será el mismo que el de la primera pieza que entro.
- *Multi estación*: máquina con varias posiciones a las que van entrando secuencialmente las piezas una tras otra.

**Cinta transportadora**: Mueven piezas desde un punto fijo en el modelo a otro en un periodo de tiempo.

**Vehículos**: Transportan piezas.

**Pistas**: Son las rutas/caminos por donde circulan los vehículos.

**Labour**: Recurso que necesitan otros elementos para desarrollar ciertas operaciones (limpiar, reparar...).

**Modulos**: Contienen grupos de elementos.

✓ **Elementos procesos continuos.**

**Fluidos**: Fluyen de forma continua a través de los elementos que a continuación se indican. También se pueden utilizar estos elementos en modelos que no emplean líquidos para representar por ejemplo tráfico denso, el correo...

**Tanques**: Son los elementos en los que se almacenan los fluidos.

**Pipes**: Se encargan de conectar procesadores y tanques.



✓ **Elementos lógicos**

**Atributos:** Son valores vinculados a un elemento pieza. Por ejemplo, el número de cilindros de un motor.

**Variables:** Son valores que pueden ser accedidos desde cualquier lugar del modelo.

**Distribuciones:** Permiten construir la variabilidad del modelo incluyendo datos que habrán sido recogidos del sistema que se está recogiendo en el modelo.

**Ficheros:** Se pueden emplear para importar valores a la simulación o para exportar datos que pueden ser usados en otros programas o informes.

**Funciones:** Son funciones ya preparadas para devolver información acerca del estado del modelo, o construir la ruta/comportamiento del modelo.

**Turnos:** Son modelos de trabajo que pueden ser referenciados por otros elementos, permitiendo construir el modelo sobre tipos de secuenciación ya definidos.

**Fichero de piezas:** Contiene una lista de partes; para cada parte en el fichero se puede especificar en qué momento llega al modelo. Estos es muy útil para los problemas de programación de horarios, producción...

✓ **Elementos gráficos.**

**Series temporales:** Permiten representar sobre la pantalla los resultados de la simulación de forma gráfica (valores de una variable frente al tiempo). Resultan muy útiles para determinar tendencias y ciclos en los modelos representados.

**Histogramas:** Permiten representar los resultados de la simulación en la pantalla en forma de diagrama de barras. Son útiles para determinar el rango de

---



valores observados de algún parámetro de la simulación.

**Gráfico de sectores:** Permiten presentar los resultados de la simulación en la pantalla en forma de gráfico de sectores.

### 5.3. Parametrización de los elementos del modelo.

En este apartado se describe como se parametriza cada uno de los elementos anteriormente modelados.

#### ✓ Piezas

Las características que hay que definir en Witness desde la opción Detalle son las siguientes:

**Nombre:** nombre de la pieza.

**Tipo:** indica si los atributos de los elementos serán fijos (no puede cambiar su valor durante la simulación) o variables (pueden variar su valor durante la simulación).

**Valor:** da valor a los atributos fijos... A las variables se les da valor en el campo Acciones.

**Número del grupo:** indica el número del grupo de atributos variables al que pertenece el elemento.

**Modo de llegadas:** indica si la llegada activa de piezas al modelo desde el world está activado o no. Se debe emplear el modo pasivo cuando las piezas entren a través de un archivo externo.

**Máximo de llegadas:** máximo número de piezas que pueden entrar al modelo.

**Tiempo entre llegadas:** tiempo entre llegadas de las distintas piezas al modelo.

---



**Primera llegada:** momento temporal en que la primera pieza llega al modelo.

**Lote:** tamaño del lote de piezas que llegan a la vez al modelo.

**Turno:** turno de trabajo en el que llegan las piezas.

**Regla de salida:** indica a que elemento y bajo qué condiciones será enviada la pieza a dicho elemento.

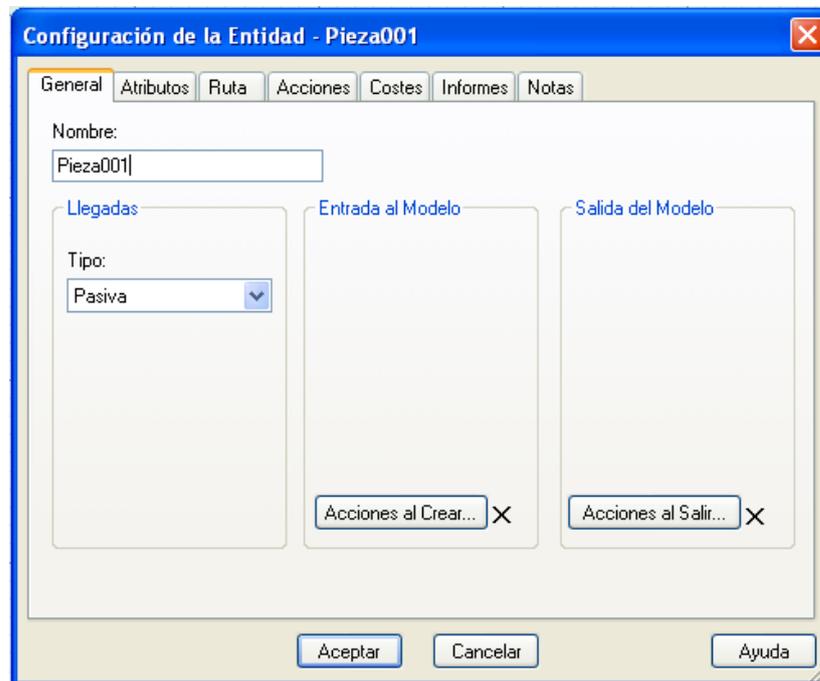
**Ruta de la pieza:** permite definir la ruta que seguirá la pieza a través del modelo, identificando los distintos puntos por los que deberá pasar. Para utilizar una ruta hay que emplear como reglas de entrada/salida de los distintos elementos push/pull to Route.

**Contenedores de fluidos:** indica si esa parte es un fluido, su tipo y su volumen.

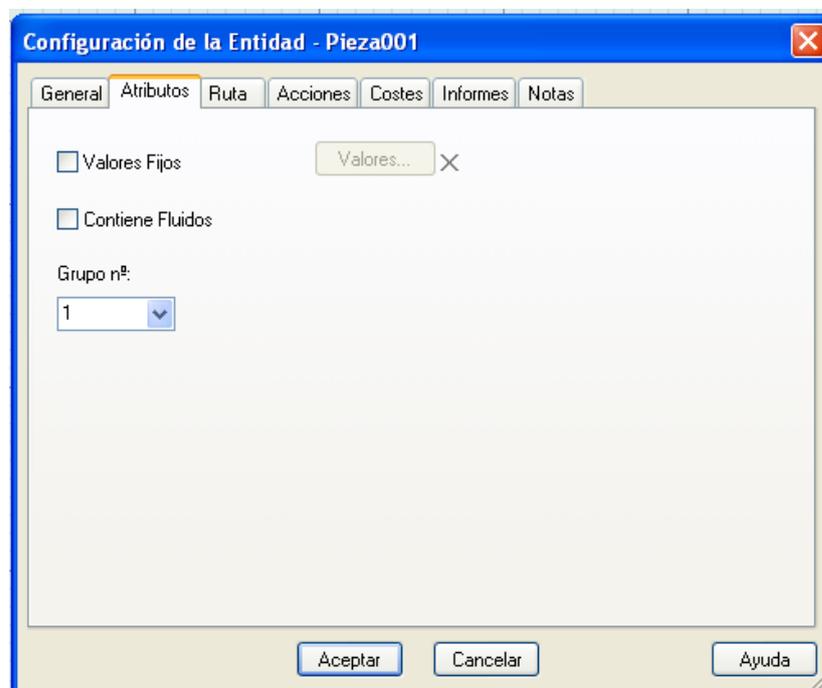
**Acciones:** indican las órdenes lógicas programadas a ejecutar cuando una pieza es creada o abandona el modelo. Estas acciones permiten “programar” el modelo de modo que actúe como es deseando que lo haga.

**Reporting:** sirve para indicar, si se desea, que se tomen estadísticas sobre esa pieza.

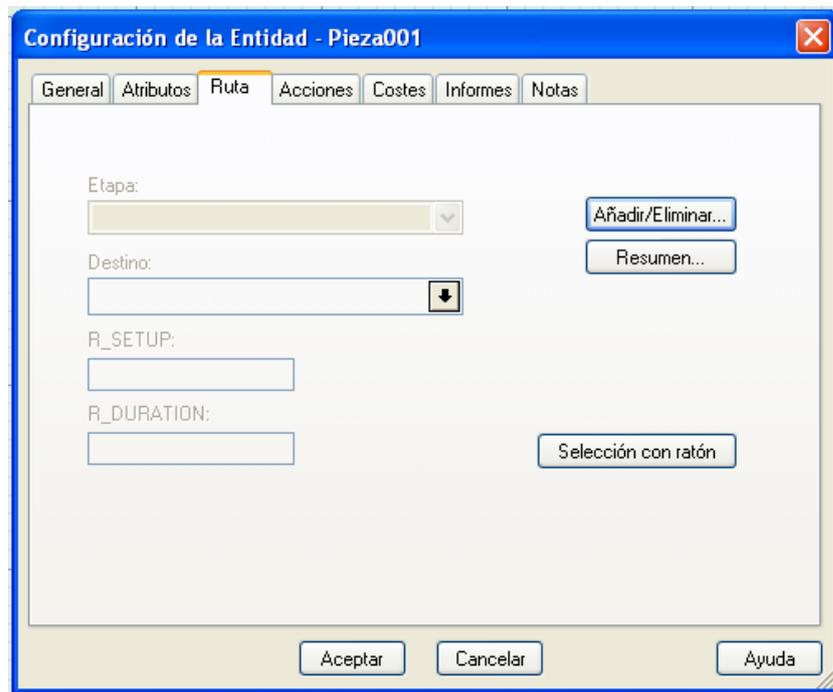
A continuación se muestran unas imágenes con las diferentes ventanas para parametrizar las piezas:



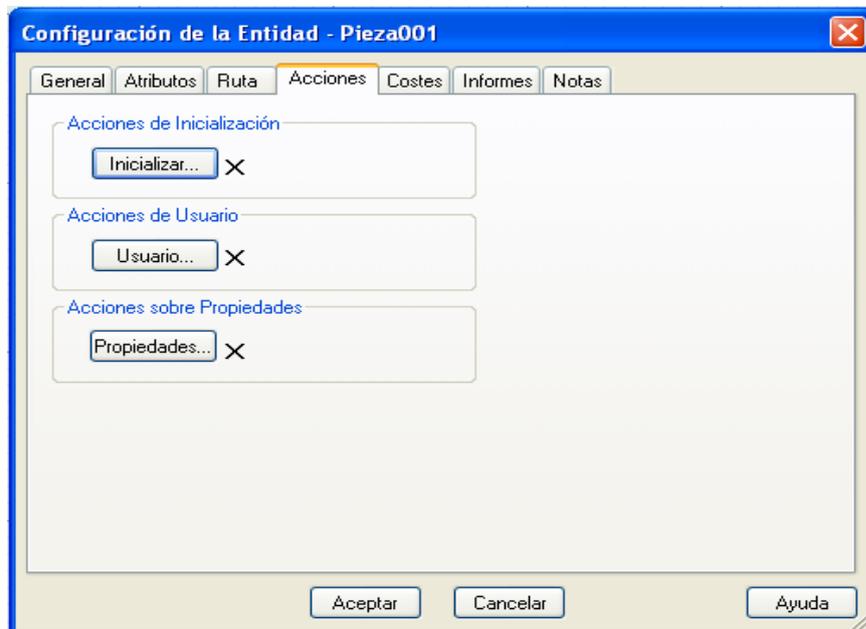
**Figura 2.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las piezas o elementos.



**Figura 3.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las piezas o elementos.



**Figura 4.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las piezas o elementos.



**Figura 5.** Ventana detalle de Witness para parametrizarlas piezas o elementos.

---



Figura 6. Ventana detalle de Witness para parametrizar las piezas o elementos.

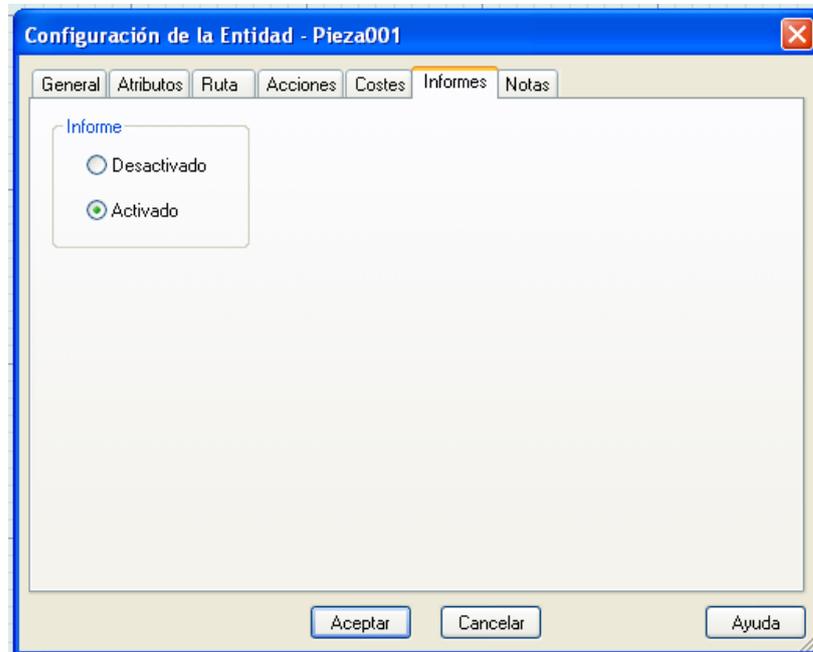
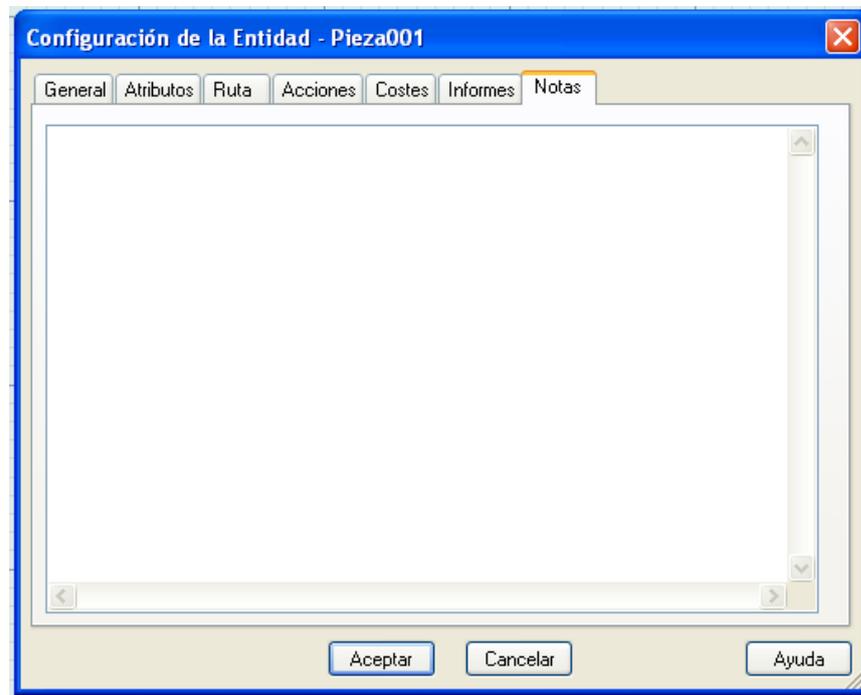


Figura 7. Ventana detalle de Witness para parametrizar las piezas o elementos.

---



**Figura 8.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las piezas o elementos.

✓ **Máquinas**

Las características de las máquinas que hay que definir en Witness son las que aparecen en las siguientes ventanas y en cada una de sus pestañas:

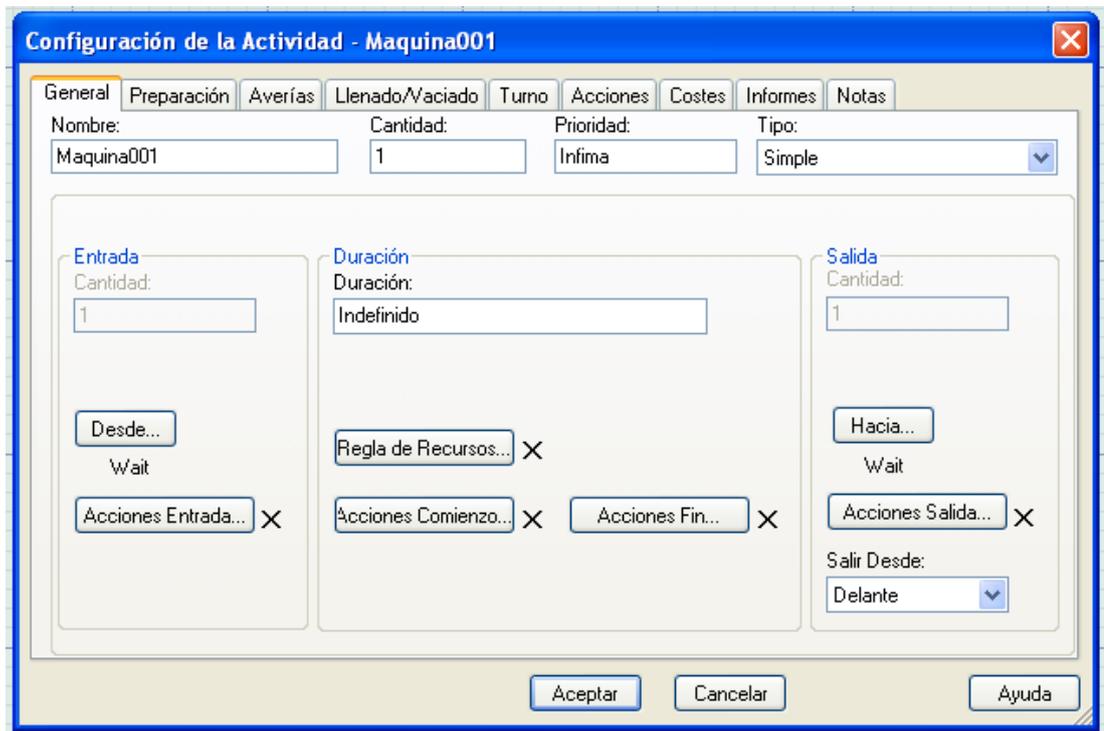


Figura 9. Ventana detalle de Witness para parametrizar las máquinas.

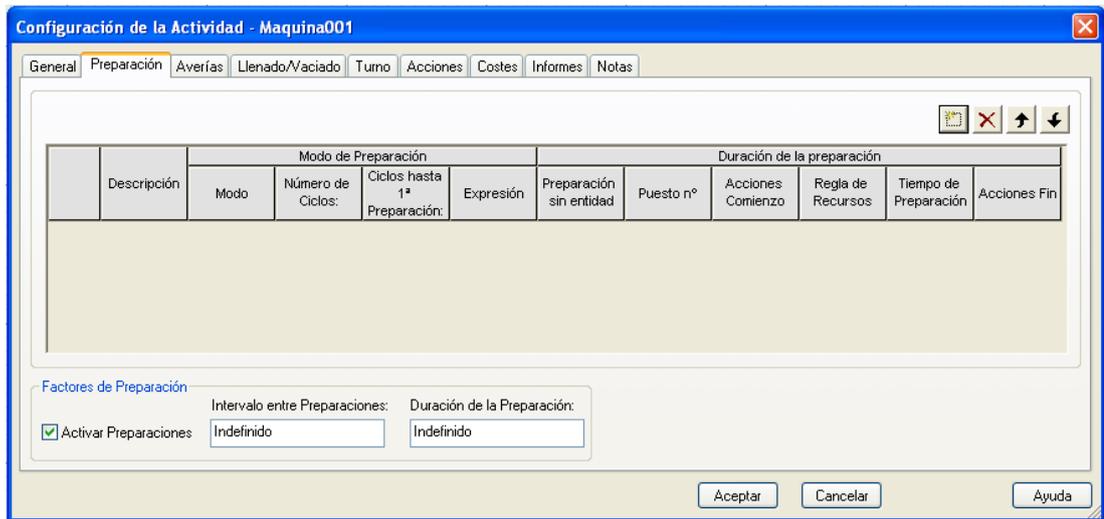


Figura 10. Ventana detalle de Witness para parametrizar las máquinas.

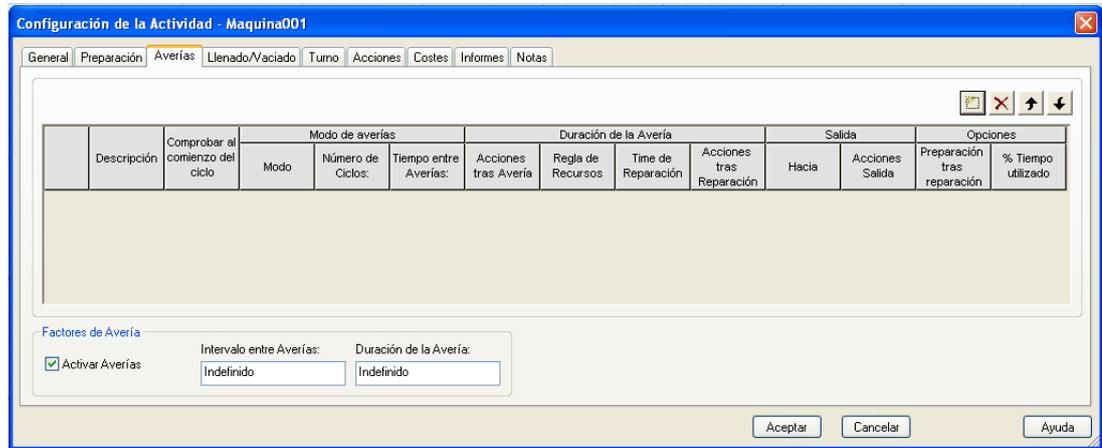


Figura 11. Ventana detalle de Witness para parametrizar las máquinas.

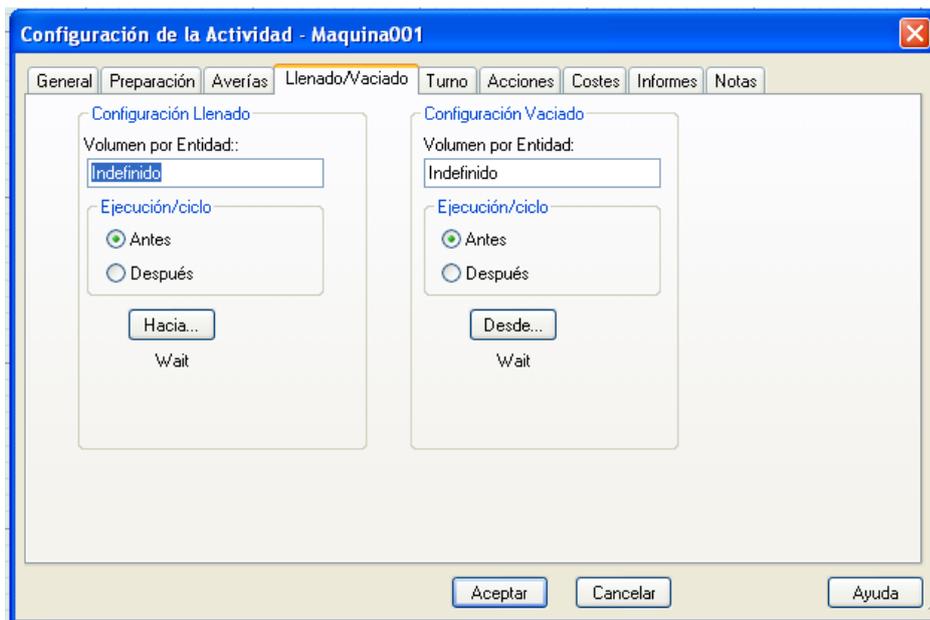
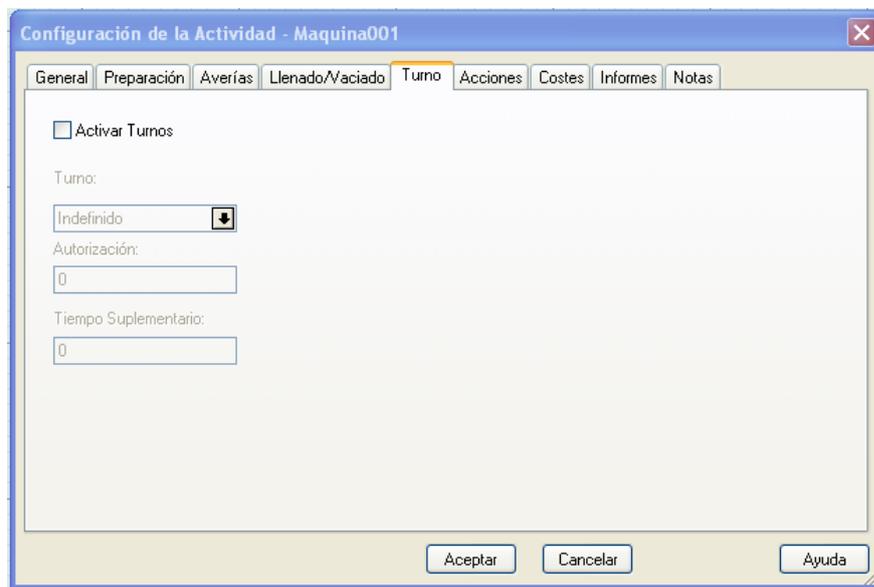
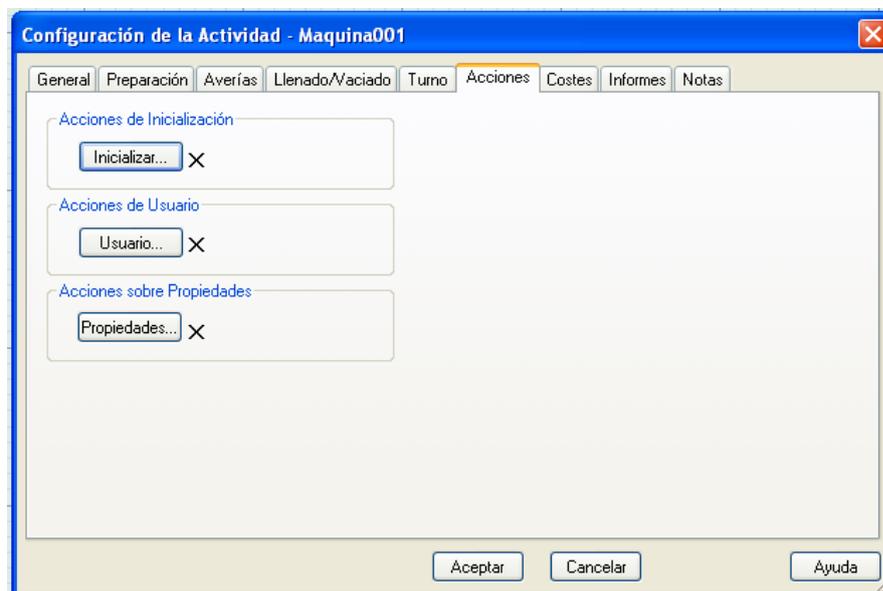


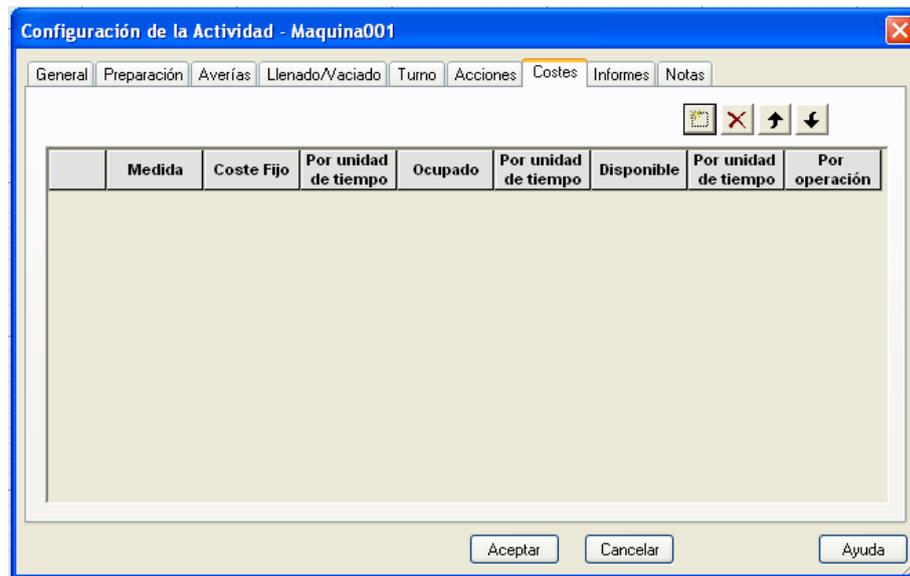
Figura 12. Ventana detalle de Witness para parametrizar las máquinas.



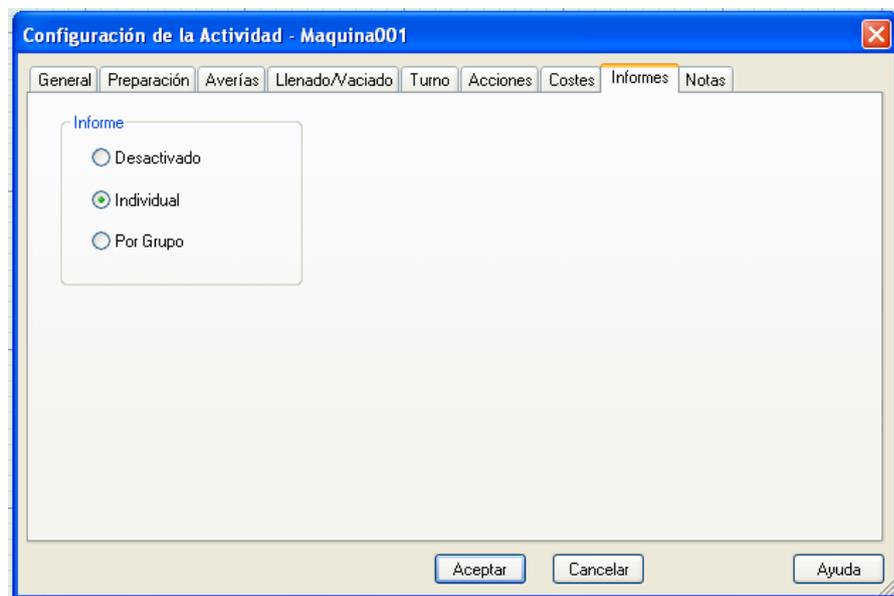
**Figura 13.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las máquinas.



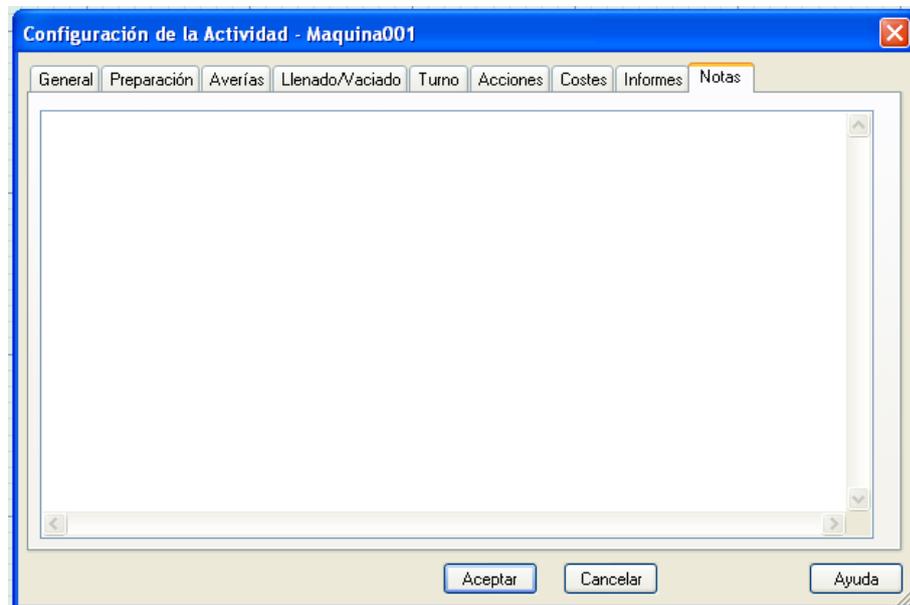
**Figura 14.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las máquinas.



**Figura 15.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las máquinas.



**Figura 16.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las máquinas.



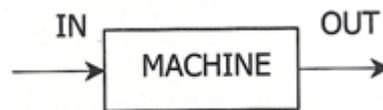
**Figura 17.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las máquinas.

**Nombre:** nombre de la máquina (8 caracteres)

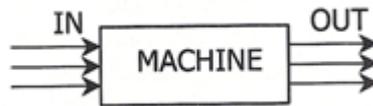
**Cantidad:** número de máquinas exactamente iguales (hasta 99) que deseamos modelar.

**Tipo:** tipo de máquina. Hay varios tipos como:

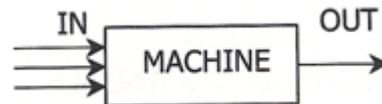
- *Simple:* Procesa las piezas de una en una.



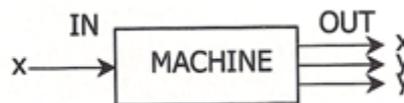
- *Por lotes:* Procesa un lote /grupo de piezas a la vez. Agrupa el lote y especifica el número mínimo y el máximo de piezas que constituye en lote o grupo



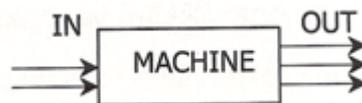
- *Ensamblaje:* Este tipo de máquina toma más de una pieza y da de salida una sola pieza.



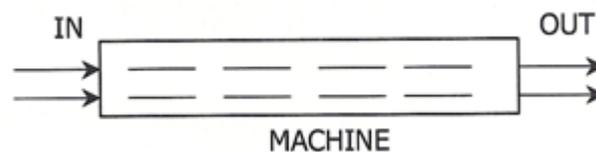
- *Producción:* Toma una sola pieza y saca varias piezas, dependiendo de lo que configuremos.



- *General:* Una máquina general saca de diferentes piezas diferentes números de Outputs, dependiendo del número especificado de inputs y outputs.



- *Multi:* Una máquina multi procesa una o más piezas a través de un número de estaciones.





**Prioridad:** Prioridad de esa máquina frente a las demás cuando una pieza o un labour puede ir a varias máquinas. Un “1” indica máxima prioridad y un “0” indica sin prioridad.

**Labour:** indica si la máquina precisa de algún labour (operario, herramienta) para su puesta en marcha, su funcionamiento normal (ciclo) o su reparación (repair). Se indica además la cantidad de labour requerida y su tipo.

**Reglas:** sirven para indicar a las máquinas los criterios bajo los cuales las piezas entran (reglas de entrada) o salen (reglas de salida) de las máquinas.

**Tiempo de ciclo:** indica el tiempo de operación de la máquina.

**Averías:** sirven para establecer cómo la máquina se estropea, fijando la ley o distribución estadística bajo la que lo hace, el tiempo medio de reparación y el tiempo medio entre fallos. Las máquinas sólo pueden romperse si tienen dentro piezas/s.

Las roturas pueden establecerse en función de:

- El tiempo que la máquina esté libre. En este caso el tiempo medio entre fallos se calculará como el tiempo medio entre el comienzo de una rotura y el comienzo de la siguiente.
- El tiempo que la máquina esté ocupada.
- El número de operaciones realizadas por la máquina.

**Acciones:** inicia las acciones lógicas programadas a ejecutar cuando la máquina comienza a trabajar, cuando finaliza, cuando se rompe o cuando es reparada.

---



**Setup:** establece si es requerida una puesta en marcha de la máquina, si se hace siempre o cada cierto tiempo, y su duración. Witness permite hasta 99 configuraciones (setup) distintas para cada elemento. Pueden establecerse tiempos de configuración en función del número de operaciones realizadas, en función del tipo de pieza que llegue a la máquina (partchange) o en función del cambio en el valor de alguna variable (value change). Es un campo muy potente que permite muchas opciones.

**Reporting:** sirve para indicar si deseamos que se tomen estadísticas sobre esa máquina.

**Reglas de fluidos:** definen las reglas para el manejo de fluidos (llenado y vaciado).

**Detalle del turno de trabajo:** permite especificar el turno de trabajo en el que opera la máquina.

✓ **Almacenes**

Las características de los almacenes que hay que definir en Witness son las que aparecen en la siguiente pantalla y en cada una de sus pestañas:

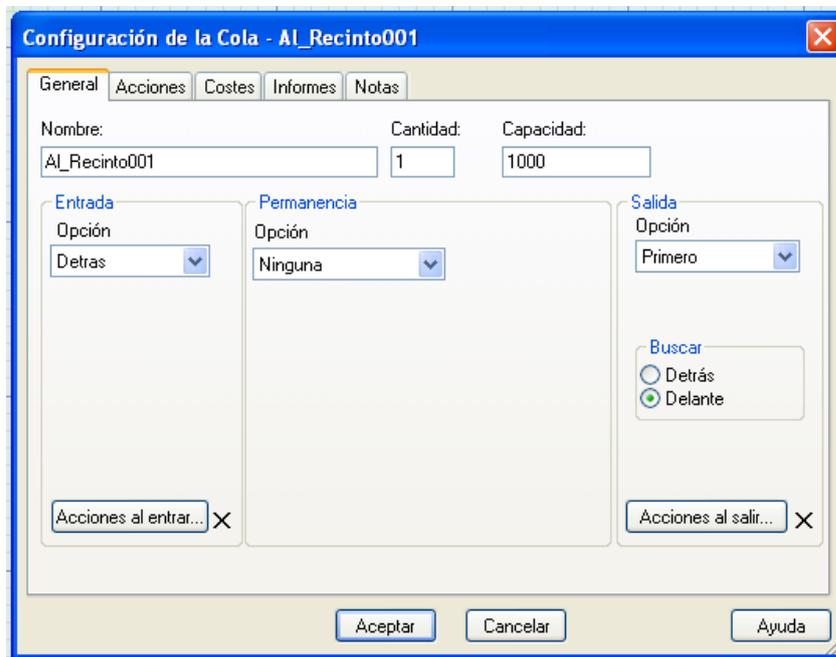


Figura 18. Ventana detalle de Witness para parametrizar los buffers-almacenes.

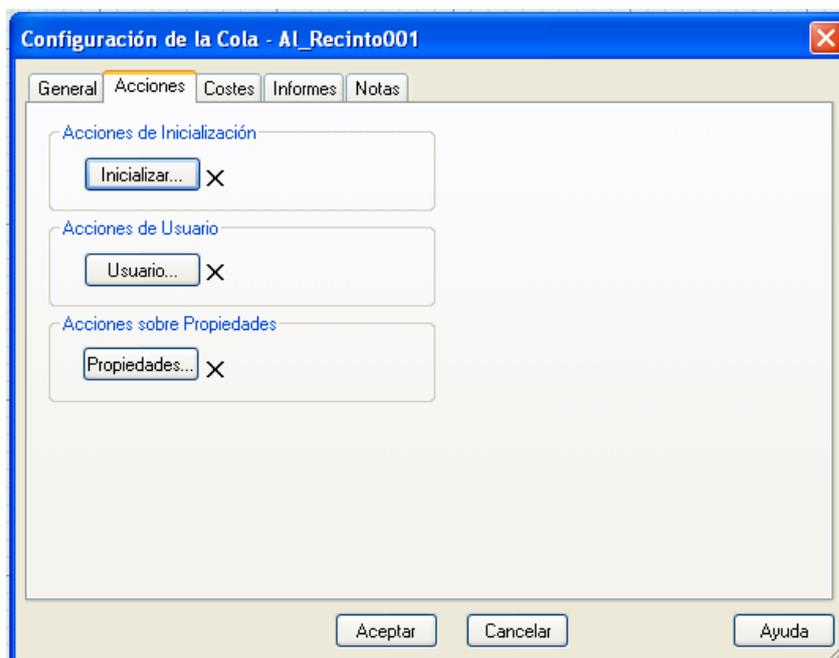


Figura 19. Ventana detalle de Witness para parametrizar los buffers-almacenes.

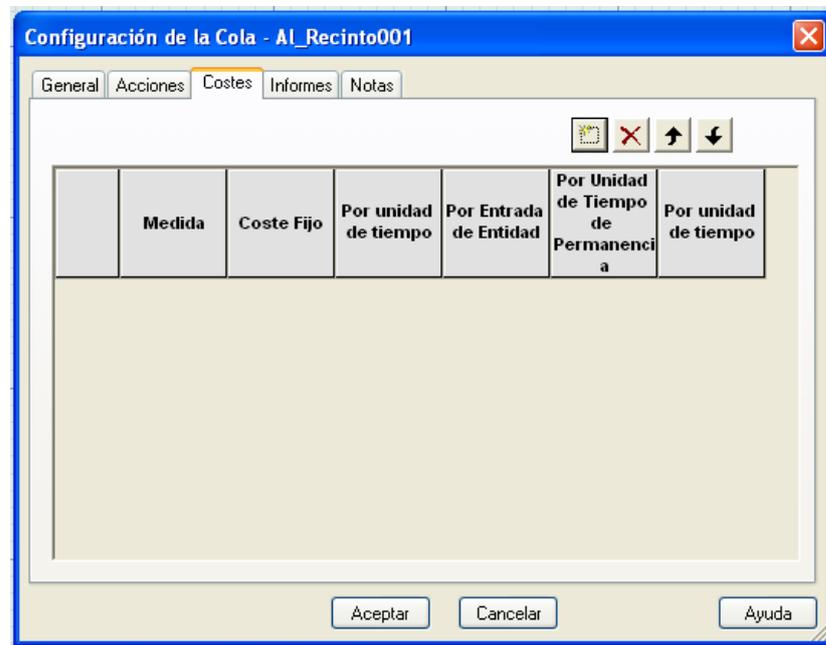


Figura 20. Ventana detalle de Witness para parametrizar los buffers-almacenes.

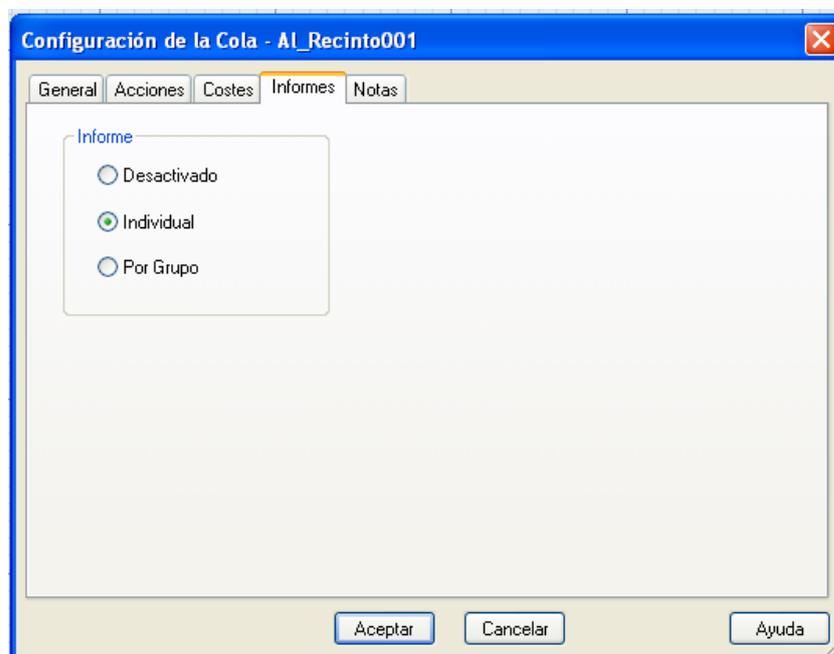
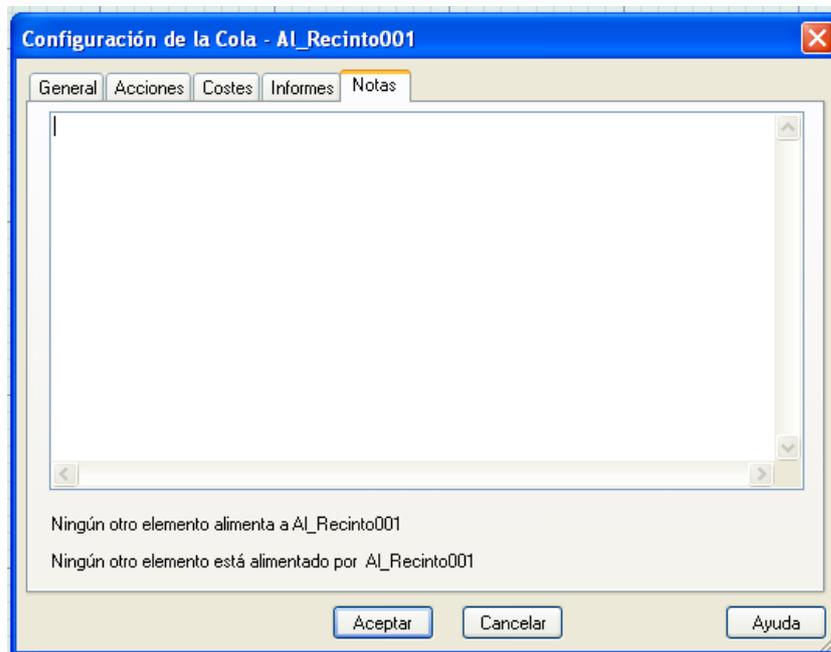


Figura 21. Ventana detalle de Witness para parametrizar los buffers-almacenes.



**Figura 22.** Ventana detalle de Witness para parametrizar los buffers-almacenes.

El número máximo de piezas que cabe en un buffer viene definido por el valor incluido en el campo capacidad.

Puede desearse que las piezas tengan que estar un tiempo mínimo dentro del buffer antes de poder salir del mismo. Esto puede implementarse por medio del campo delay time.

Otras características de los Buffers que hay que definir en Witness y que se observa en la figura 18, son:

**Nombre:** nombre del buffer (hasta 8 caracteres)

**Cantidad:** número de buffers exactamente iguales (hasta 99)

**Posición de los inputs:** indica cómo son colocadas las piezas cuando entran al buffer (rear-última posición, front –primera posición-, at –colocadas en una posición específica-, by attribute –ordenadas según el valor de algún atributo).

---



**Posición output:** indica cómo abandonan las piezas el buffer (first –la que ocupa la primera posición, max/min –aquella cuyo valor de una expresión es máximo/mínimo, any –aquella que ocupa

✓ **Cintas transportadoras.**

Son elementos que sirven para transportar las piezas de un elemento a otro del modelo. Las piezas van en fila a una velocidad dada, atravesando la cinta transportadora.

Una cinta transportadora tiene un determinado número de posiciones. Las piezas entran en la cinta según la regla de entrada programada, van atravesando sucesivamente las distintas posiciones de la cinta (tardando un tiempo de ciclo en pasar de una posición a otra), hasta llegar a su final o a un punto prefijado, abandonando la cinta según la regla de salida programada.

La entrada y salida de piezas puede realizarse por cualquier punto (posición) de la cinta transportadora.

Hay dos tipos de cintas transportadoras:

**Fixed:** las piezas mantiene siempre la misma distancia entre ellas. Si la primera pieza se bloquea, las demás se detienen, manteniendo las distancias. (Ej: escalera mecánica).

**Queuing:** Las piezas pueden estar a cualquier distancia unas de otras. Si la primera se bloquea, las demás hacen cola detrás de la misma. (Ej: cinta transportadora, rodillos...).

Las características de las cintas transportadoras que hay que definir en Witness a través las podemos ver en las siguientes ventanas:

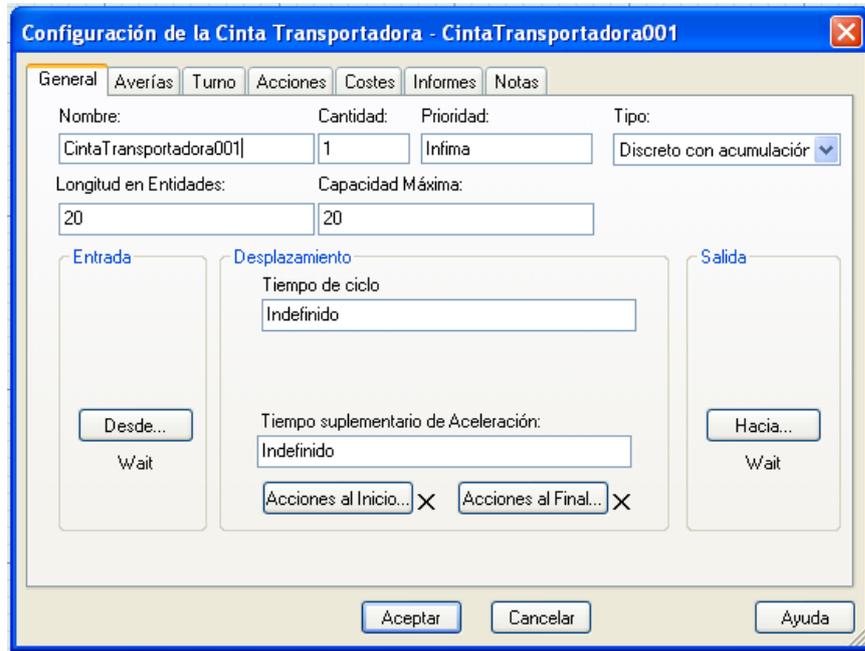


Figura 23. Ventana detalle de Witness para parametrizar las cintas transportadoras.

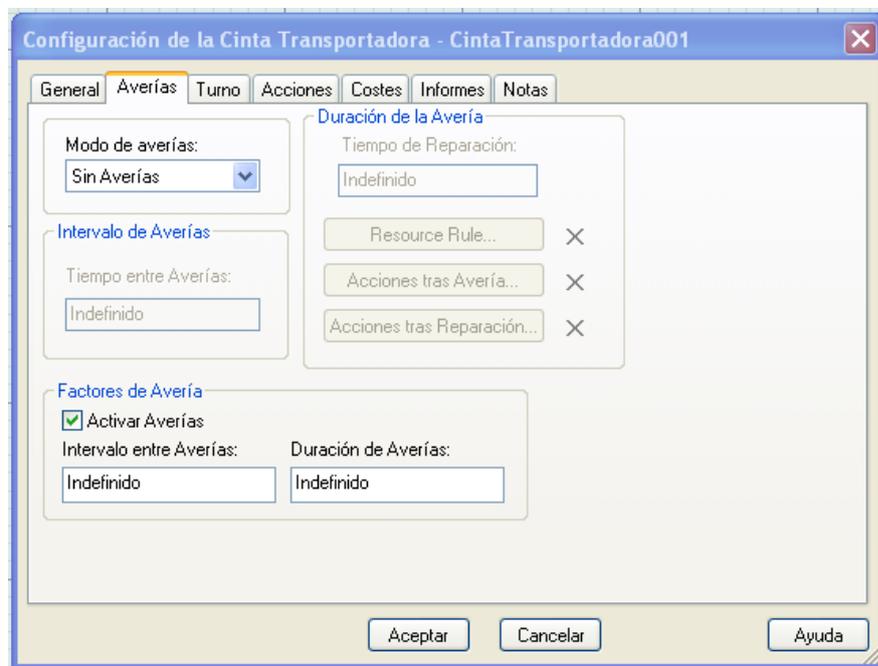
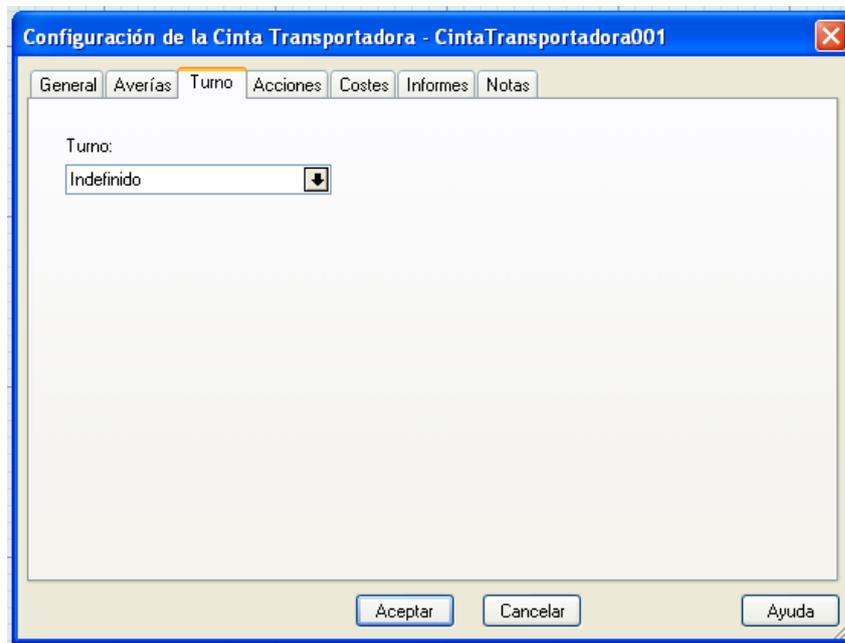


Figura 24. Ventana detalle de Witness para parametrizar las cintas transportadoras.



**Figura 25.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las cintas transportadoras.



**Figura 26.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las cintas transportadoras.

---

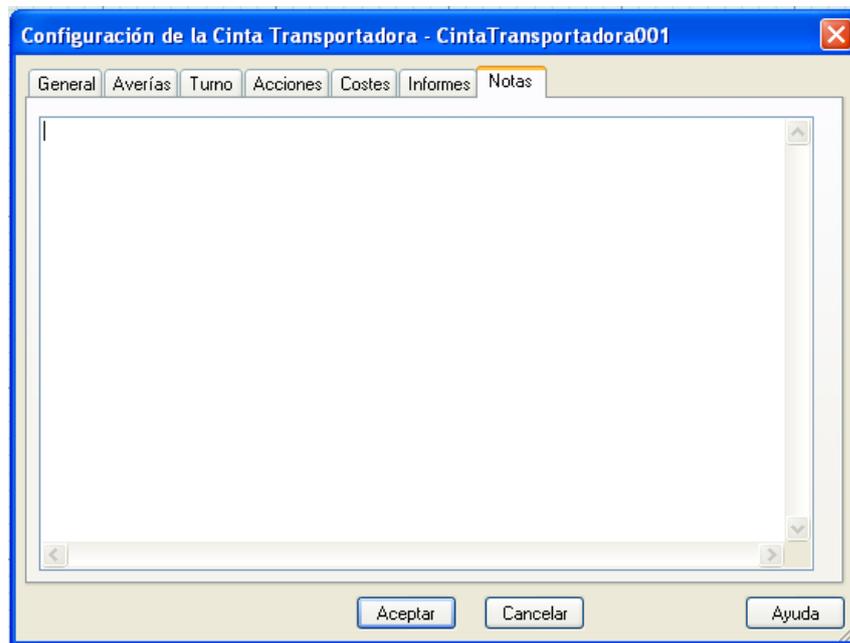


**Figura 27.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las cintas transportadoras.



**Figura 28.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las cintas transportadoras.

---



**Figura 29.** Ventana detalle de Witness para parametrizar las cintas transportadoras.

Las características más fundamentales que se deben parametrizar son:

**Nombre:** Nombre de la cinta transportadora.

**Cantidad:** Numero de cintas exactamente iguales.

**Tipo:** Tipo de cinta (fixed o queuing)

**Longitud en partes:** Se refiere a la longitud de la cinta en unidades de posiciones de piezas en la cinta (por ejemplo, si la cinta mide 30 metros de la largo y una pieza mide 0.5 metros de largo, hay como máximo 60 posiciones de piezas).

**Máxima capacidad:** Máximo número de piezas que puede haber a la vez en la cinta. Puede suceder que existan restricciones de no poner más de un cierto número de piezas aunque quepan, por ejemplo por motivos de peso.

**Index time:** Esto es el tiempo requerido para indexar una posición: por



ejemplo:  $\text{Índex time} = \text{Tiempo que tarda en recorrer de principio a fin} / \text{longitud de piezas}$ .

**Tiempo de ciclo:** Tiempo que tarda una pieza en pasar de una posición a otra de la cinta.

**Regla input:** Regla de entrada que indica como las piezas entran en la cinta transportadora.

**Regla output:** Regla de salida que indica cómo las piezas salen de la cinta.

**Averías:** Indica como son las averías que puede tener la cinta transportadora. Se implementa de modo análogo a las de las máquinas descritas anteriormente.

**Prioridad:** Prioridad de esa cinta frente a otros elementos cuando una pieza puede ir a varios elementos. Un "1" indica máxima prioridad y un "0" indica sin prioridad.

**Labour:** Indica si es necesaria la presencia de uno o más labours (operario, herramienta) cuando la cinta sufre una avería para su reparación.

**Turno:** permite especificar el turno de trabajo en el que opera la cinta transportadora.

**Acciones:** indican las acciones lógicas programadas a ejecutar cuando una pieza entra o sale en la cinta transportadora.

**Reporting:** sirve para indicar si deseamos que se tomen estadísticas sobre esa cinta transportadora.

✓ **Distribuciones**

Otro punto a considerar es la parametrización de las distribuciones. Las

---



necesitaremos para aplicar, de forma más realista, las tasas de llegadas.

Los intervalos de llegada en una compra entre clientes, el peso de un león adulto, la cantidad de días lluviosos al año,... todo produce diferentes curvas en un gráfico; decimos que varían de acuerdo con diferentes funciones. Para hacer frente a esto, los números pseudo aleatorios generados pueden ser usados vía funciones que transforma un PRN en una muestra apropiada de la distribución requerida. La distribución apropiada puede estar basada en datos recogidos o alternativamente basada en datos de una distribución estadística teórica.

### **Distribuciones de usuarios.**

Witness nos permite construir variabilidad dentro de un modelo incluyendo los datos que pueden ser recogidos de la vida real. Si ninguna de las distribuciones de Witness se ajusta a los datos que tenemos y se quiere hacer una distribución propia, Witness permite su definición.

Cuando definimos una distribución debemos especificar su tipo. Este puede ser:

- Integer, esto es, retorna un número entero.
- Real, esto es, retorna números con fracción decimal.
- Name, esto es, retorna nombres de elementos.

Si a distribución representa tiempos, por ejemplo, el tiempo de ciclo de una máquina, debe ser real, pero si representa cantidades, debe ser un entero.

Las distribuciones enteras y reales pueden ser:

- Discrete, esto es discretas.
- Continuous, esto es continuos.

El nombre de la Distribución solo puede ser Discreta.

En general, las distribuciones enteras serán discretas y las distribuciones reales

---



continuas. Teniendo definida la distribución, esto es, detallando los valores de las celdas y sus pesos, Witness calcula automáticamente las probabilidades a partir de su peso.

Para distribuciones continuas, el primer peso se fuerza a que sea cero para especificar el lado izquierdo de la distribución. Cuando se especifica los rangos, siempre especificamos el valor máximo y el rango para distribuciones continuas. Witness establece una muestra uniformemente entre esos valores.

### **Distribuciones teóricas estándar.**

Witness lleva incorporadas distribuciones que devuelven números de variabilidad aleatoria, pero de acuerdo con la distribución de la que provienen. En general, debes elegir la distribución que más se acerca a 100 valores ajustados a la que se sepa que caracteriza la variabilidad del modelo.

Una misma distribución puede ser de tipo integer o real. Integer son números enteros; Real tienen decimales. Como regla básica podemos decir que enteros los usamos cuando son cantidades y real cuando son medidas.

Nota: los PRNs lo usamos para identificar números Pseudo aleatorios. Stream puede tomar valores entre 1 y 10000.

### **Distribuciones enteras:**

#### **- Binomial (Prob, Experimentos, PRNs).**

Genera una muestra de la distribución Binomial. Esto retorna un número esperado de sucesos, según el número de experimentos y la probabilidad de ocurrencia del evento.

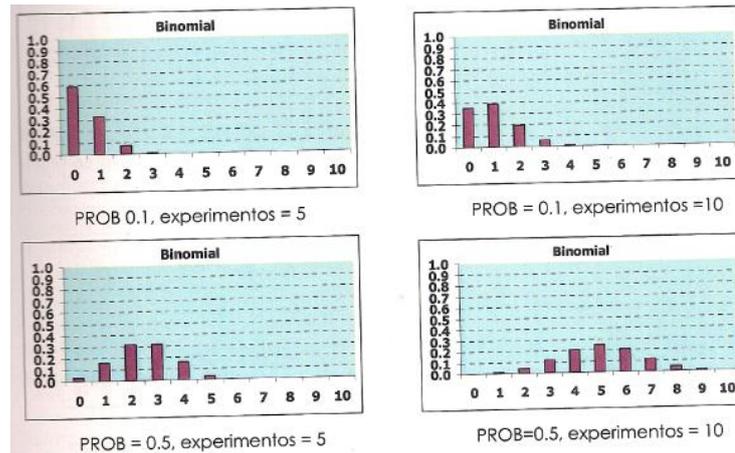
Por ejemplo, para las bombillas con un 5% de probabilidad de fallo, la distribución Binomial puede ser usada para estimar el número de fallos de un lote de bombillas.

---



Parámetros:

- Probabilidad del suceso: Real.
- Número de experimentos: Entero.

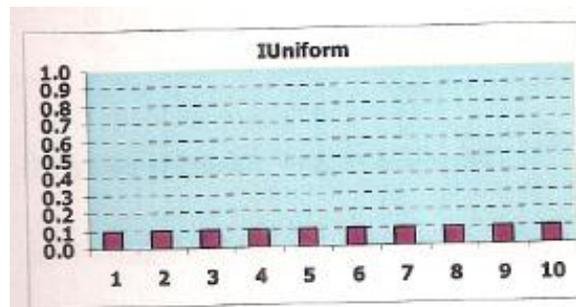


**- Iuniform (Min, Max, PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución Uniforme. Lo usaremos cuando la probabilidad es igual para cualquier valor entero en el rango especificado.

Parámetros:

- Mínimo valor: Entero.
- Máximo valor: Entero.





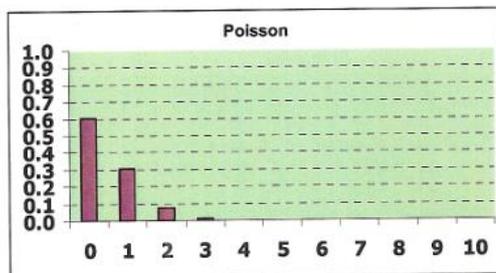
**- Poisson (Media, PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución Poisson. Esta es típica para estimar un número de llegadas en un determinado periodo, por ejemplo, el tamaño del lote de las entidades.

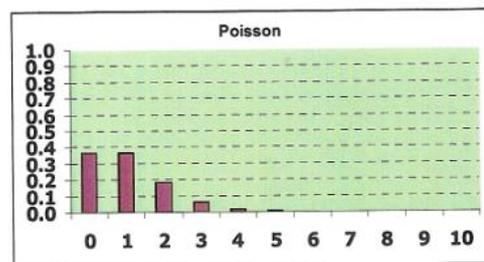
Parámetro:

- Media: Real.

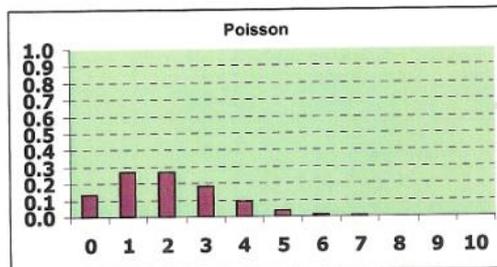
Forma:



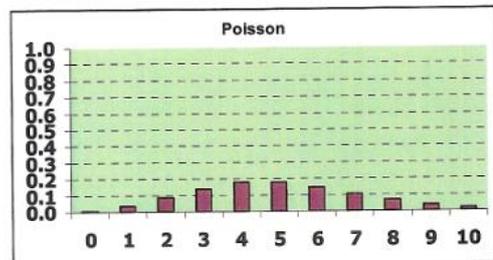
media = 0.5



media = 1



media = 2



media = 5

**Distribuciones reales:**

**- Beta (Formal forma2, PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución Beta. La distribución Beta puede asumir diferentes variedades de formas dependiendo del

---

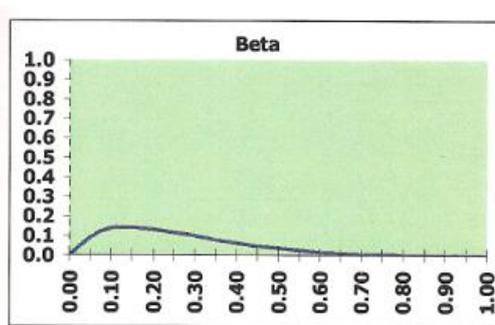


valor de los parámetros de Forma. La distribución puede ser usada para modelar proporciones de defectos.

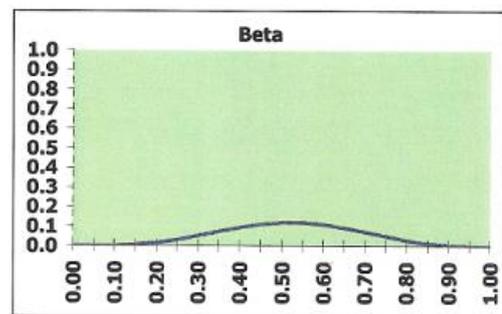
Parámetros:

- Forma: Real

Forma:



Forma=1.5; Escala=5



Forma=5; Escala=5

#### - Erlang (Media, K, PRNs).

Nos devuelve una muestra de una distribución Erlang de parámetros media y K. Somos capaces de especificar el valor de K. Las Erlang son una familia de distribuciones; tiene diferentes curvas dependiendo del valor de K. Cuando K es 1, la distribución Erlang es idéntica a la Negativa Exponencial. Cuando K es 2 la distribución Erlang es una distribución de campana fuertemente sesgada a la izquierda, por otra parte de similar forma a la Distribución Log-Normal.

Cambiando el parámetro K, la distribución Erlang puede ser usada para análisis de fiabilidad. Por ejemplo. Para probar los efectos de los paros, bajos valores de K causan máxima de caos, mientras que valores altos reducen el caos.

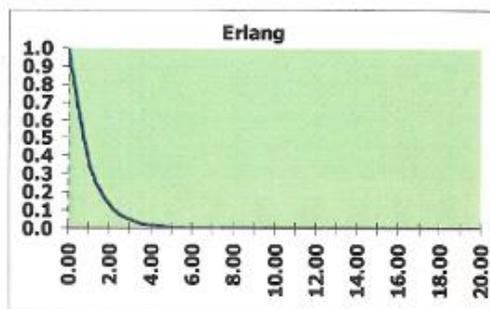
Parámetro:

---

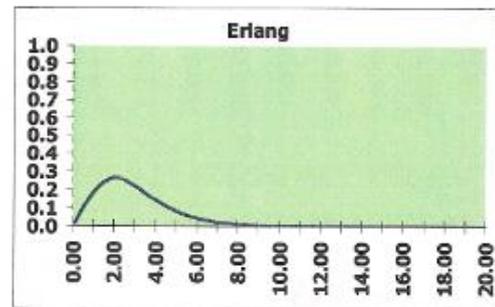


- Media: Real

Forma:



Media = 1, K=1



Media = 1, K=3

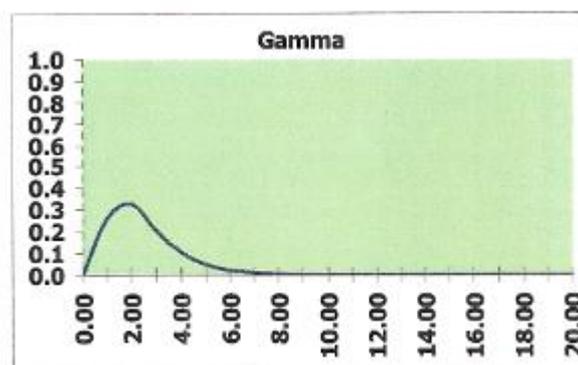
**- Gamma (Forma, Escala, PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución Gamma si le especificamos el parámetro de forma y escala. Se usa en modelos de tiempo de paradas.

Parámetros:

- Forma: Real

Forma:



Forma=2.0; Escala=1.0



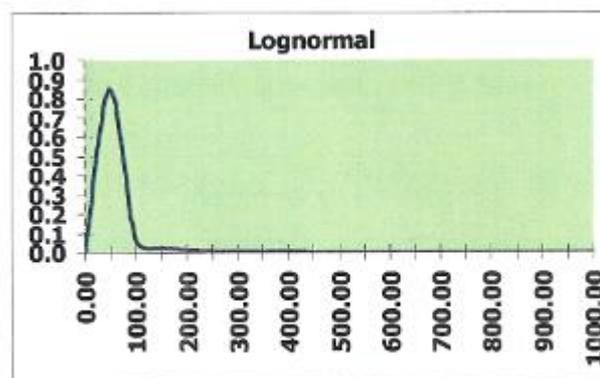
**- Lognormal (Media, Stdev, PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución Log Normal. Esto es una campana de fuerte sesgo hacia la izquierda. Se usa para representar tiempos de reparación.

Parámetros:

- Media: Real.
- Desviación estándar: Real.

Forma:



Media = 1.65, St Dev = 2.16

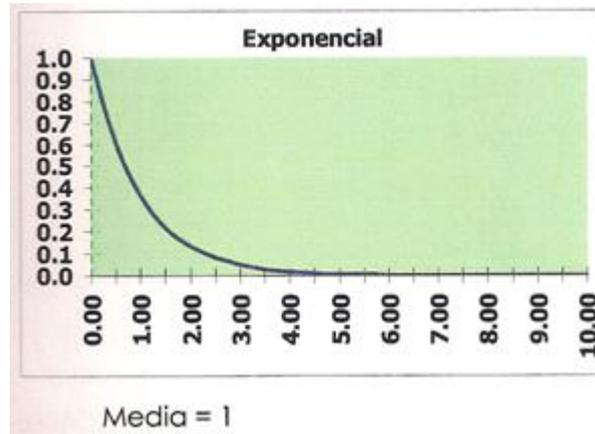
**- Negexp (Media, PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución Negative Exponential. Esta distribución es típica del tiempo entre llegadas de las piezas o intervalos de paros.

Parámetro:

- Media: Real.

Forma:



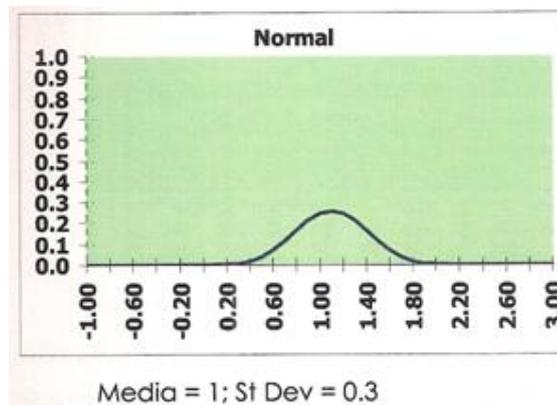
**- Normal (Media, Stdev, PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución Normal. Esta es una de las distribuciones más comunes en la naturaleza, y tiene una forma de campana simétrica. Esta puede ser usada para modelar esos aspectos del modelo para los cuales los valores se distribuyen alrededor de la media, por ejemplo, tolerancias o tiempos de carga y descarga.

Parámetros:

- Media: Real.
- Desviación estándar: Real.

Forma:





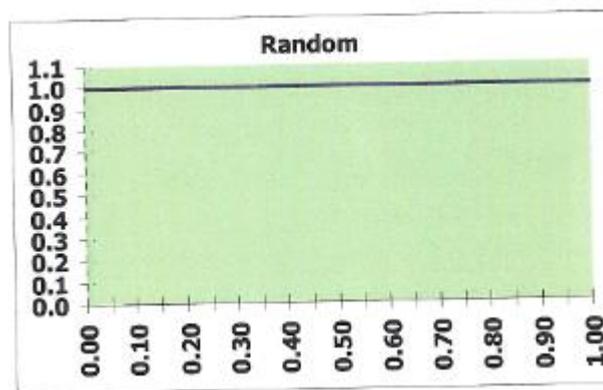
**- Random (PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución uniforme de rango 0.0 a 1.0. Podemos usar estos valores para calcular un número aleatorio usando nuestro propio algoritmo.

Parámetros:

- None

Forma:



**- TNormal (Media, Stdev, Min, Max, PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución Normal Truncada.

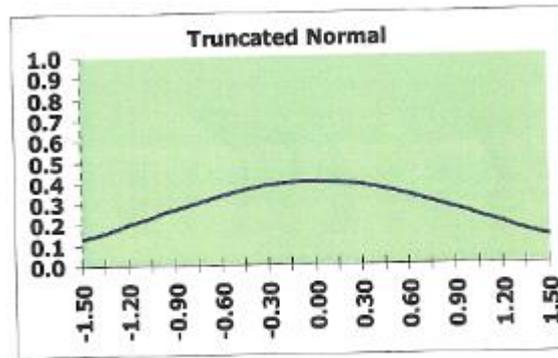
Esta distribución es similar a la distribución Normal con la diferencia de que los valores mínimos y máximos están especificados.

Parámetros:

- Media: Real.
  - Desviación estándar: Real.
  - Mínimo Valor: Real.
  - Máximo Valor: Real.
-



Forma



media = 0.0, St Dev = 1.0, min = -1.5, max = 1.5

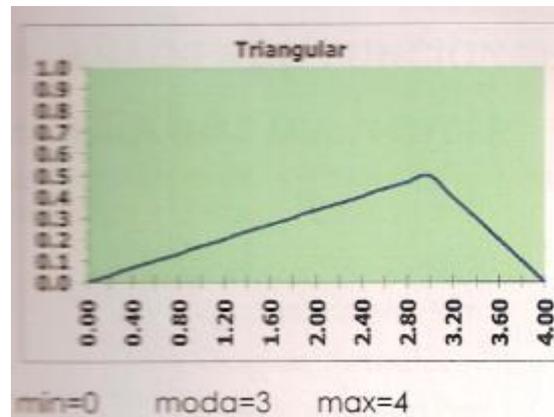
**- Triangle (Min, Mode, Max, PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución Triangular. Esta distribución sugiere un triángulo como 'curva'. Es típico usarla cuando la información estadística es difícil de obtener, pero el valor más frecuente y el mínimo y máxima son conocidos.

Parámetros:

- Mínima valor: Real.
- Moda (más frecuente) valor: Real.
- Máximo valor: Real.

Forma:



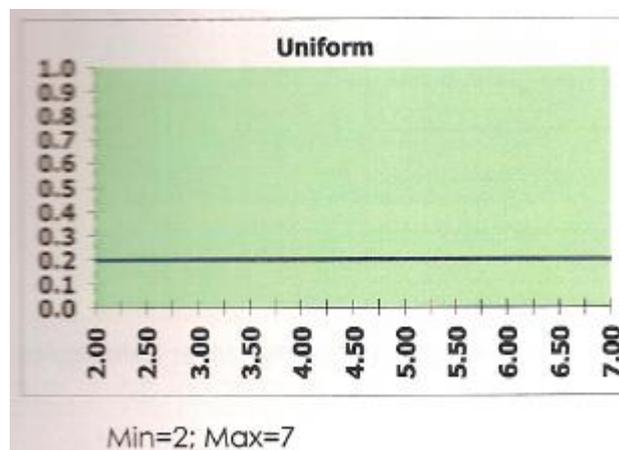
**- Uniform (Min, Max, PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución Uniforme. Podemos usarla cuando hay la misma probabilidad de obtener cualquier valor real en el rango especificado. Es típico usarla cuando conocemos poco sobre la distribución pero si conocemos el mínimo y el máximo.

Parámetros:

- Mínimo valor: Real.
- Máximo valor: Real.

Forma:





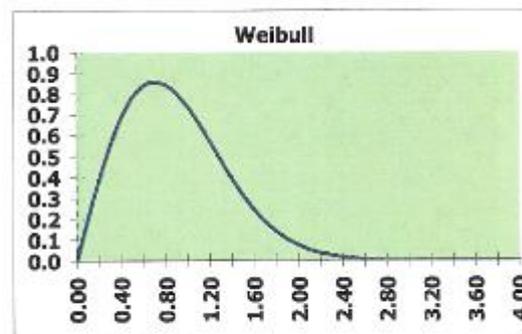
**- Weibull (Forma, Scale, PRNs).**

Nos devuelve una muestra de una distribución Weibull. Es típica esta distribución cuando modelamos fiabilidad. Para esta distribución necesitamos los parámetros de forma y escala.

Parámetros:

- Forma: Real.
- Escala: Real.

Forma:



Forma = 2.0, escala= 1

✓ **Turnos de trabajo (Shift)**

Otro aspecto que se debe parametrizar son los turnos de trabajo de cada una de las máquinas de trabajo que componen el modelo.

La mayoría de operaciones incluyen alguna forma de patrones de turno. La complejidad de los patrones varían dependiendo de la operación, aunque cada patrón incluirá algún o todos los elementos siguientes:

- Paradas para café.
  - Parada para comer.
-



- Simples, dobles turnos.
- Cambiando cantidades de operarios o turnos alternativos.
- Horas extras

En algunas operaciones es vital que los turnos de patrones se modelen con precisión. Por ejemplo:

- Diferentes áreas de plantas de trabajo.
- Variando cantidades de trabajadores o de turnos.
- Algunas operaciones continúan fuera de los horarios.
- Prolongaciones de tiempo de reparación de averías fuera del tiempo del turno.

Un patrón de turno se puede especificar en WITNESS usando el elemento *SHIFT*.

### **Crear patrones de turno**

Un turno comprende un número de periodos, cada uno con las siguientes características:

- **Numero de periodo:** Hace referencia al número de periodos (entre 1 y 999).
- **Tiempo de trabajo:** Tiempo *on-Shift* para este periodo.
- **Resto del tiempo:** Tiempo *off-Shift* seguido del tiempo de periodo.
- **Tiempo extra:** Las horas extras que serán trabajadas, inmediatamente después del tiempo trabajado para este periodo de *Shift*. Las horas extras no deben ser mayores del resto del tiempo.

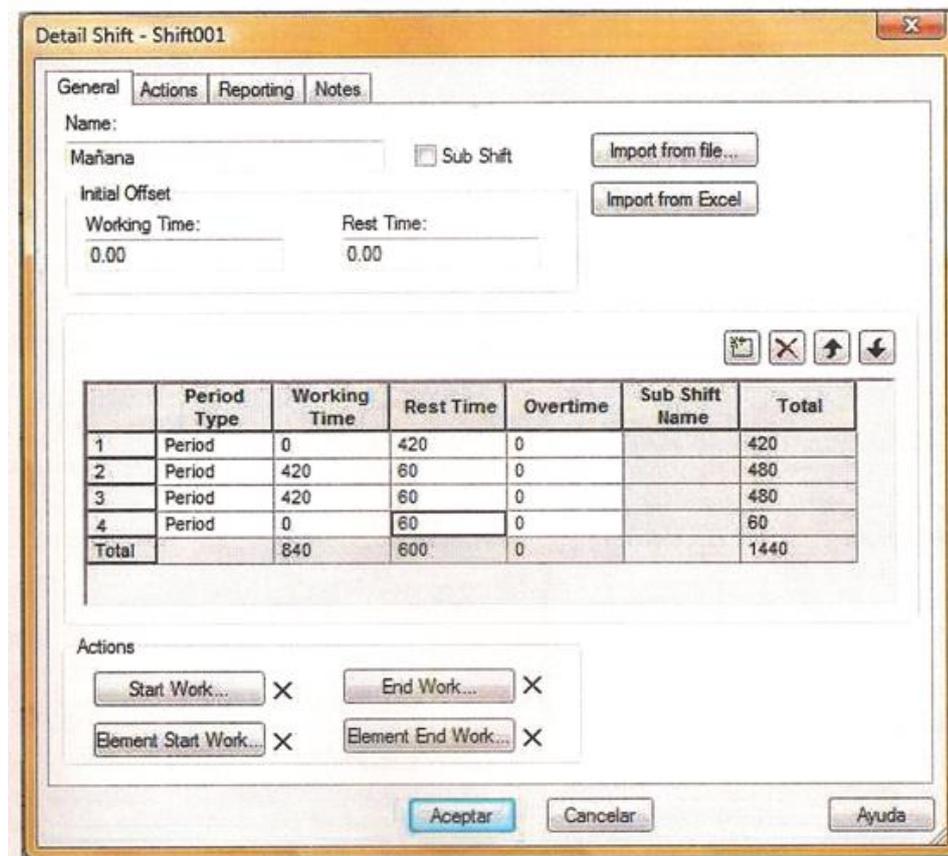


Figura 30. Ventana detalle de Witness para la creación los turnos de trabajo.

### **Pasos para crear un Shift Pattern:**

#### *1. Definir.*

Elegir el elemento SHIFT del BUILDING BLOCKS (Designer Elements) y ponerlo en el modelo. Podemos poner nombre al patrón (por defecto el nombre es SHIFT001).

Por ejemplo: Shift Patten: Mañana

#### *2. Detallar.*

Detail de Mañana:



- Selecciona el botón Add/Remove.
- Click en Add.
- Repetir hasta que tengamos los periodos de *Shift* que necesitemos.
- “OK”.
- Seleccionar un periodo del patrón.
- Entrar Working Time, Rest Time y Overtime en el campo de texto.
- Repetir hasta que el *Detail* de patrón de turno esté completo.

### 3. Uso.

El patrón o plantilla de turno tiene que aplicarse a todos los elementos que le afecte este patrón de turno.

- Click en la hoja de propiedades del elemento apropiado (por ejemplo, *Machine, Parts* o *Labour*).
- Click en la caja de *Shift* enabled.
- Seleccionar el patrón o plantilla que se necesite.
- Entrar Allowance o Penalty.
- Repetir para todos los elementos que convenga.

Un patrón puede ser detallado como Principal a Sub-Patrón. Un patrón principal puede contener un número de sub-patrones. Por ejemplo, un *Shift* principal, Semana, puede contener 5 sub-patrones, Días. Solo los Shifts principales se pueden aplicar a elementos en el modelo.

Es posible especificar un periodo de trabajo inicial y el resto del periodo en la ejecución del modelo.

Las siguientes características pueden verse en la pantalla:

- *Shift*: nombre.
  - Estado (on/off).
  - Periodo.
-



- Sub-Shift (Nombre).
- Icono

### Aplicando shifts a elementos de Witness.

Una vez detallados, podemos aplicar Shifts principales a elementos especificando el Shift en el *Detail* del elemento.

Los elementos a los que podemos aplicar los turnos de trabajo son:

- **Piezas:** Llegadas activas de piezas no ocurren durante el tiempo de pausa.
- **Buffer:** Si el tiempo de retraso está dado en el Buffer el Shift puede ser aplicado. El permiso para completar el retraso al final del Shift tiene que ser también especificado.
- **Máquinas:** Le podemos aplicar *Shift*. Para acabar el ciclo, mantenimientos o averías, podemos especificar Shift y añadir un tiempo de penalización por interrupción.
- **Cintas transportadoras:** Las cintas transportadoras pararán por el tiempo restante si se lo especificamos en un *Shift*.
- **Labour:** Tenemos que detallar la cantidad de Labour que trabajan en un Shift. Podemos poner un mismo *Labour* en diferentes SHIFTS.

Los Shifts pueden ser aplicados también a vehículos y elementos continuos.



### **Características adicionales a los patrones de turno.**

Un informe de cada patrón nos da los porcentajes de tiempo On-Shift y de tiempo off- Shift y el número de periodos completos de Shift. Esto solo sirve para los shifts principales.

La opción la tenemos en el menú principal "Report by Total Simulation Time" o "Report by On- Shift Time". Esto será aplicado a todos los elementos para cada Shift que usemos.

### **5.4. Reglas de unión entre elementos (inputs y outputs).**

Una vez definidos los elementos del modelo, hay que indicar cuáles son las relaciones entre ellos y entre qué puntos se mueven, esto se hará utilizando las reglas de salida y entrada que deberán ser específicas para cada uno de los elementos.

Las reglas de entrada y salida las usamos para describir como fluyen las piezas a través de los elementos del modelo. Las reglas de entrada las usamos para llevar una pieza al elemento y las reglas de salida para echarlas fuera, Si un elemento no tienen activas las ordenes PULL (tirar de), entonces tiene la regla WAIT. De esta manera un elemento nunca recibirá una pieza a no ser que le sean empujadas. De igual forma, un elemento que no tenga activado las ordenes de salida (PUSH) por defecto estará en WAIT. Estos elementos pueden permanecer bloqueados a menos que otro elemento tire de ellos. WAIT es la regla por defecto. Esta regla va vinculada a cada elemento al tiempo que es definido.

Como sería de esperar si ejecutamos un modelo sin especificar las reglas de entrada y salida ninguna entidad se moverá. Witness nos devolverá un mensaje y parara la ejecución.

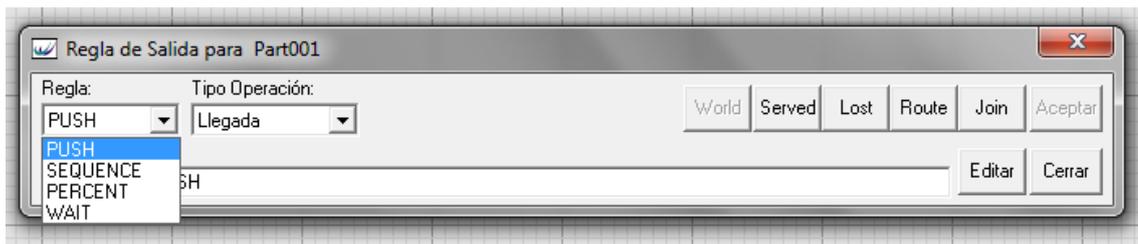
Estas reglas se especificaran en los campos Input Rule y Output Rule de la fase Detail de los diversos elementos. No todas las reglas son aplicables a todos los

---

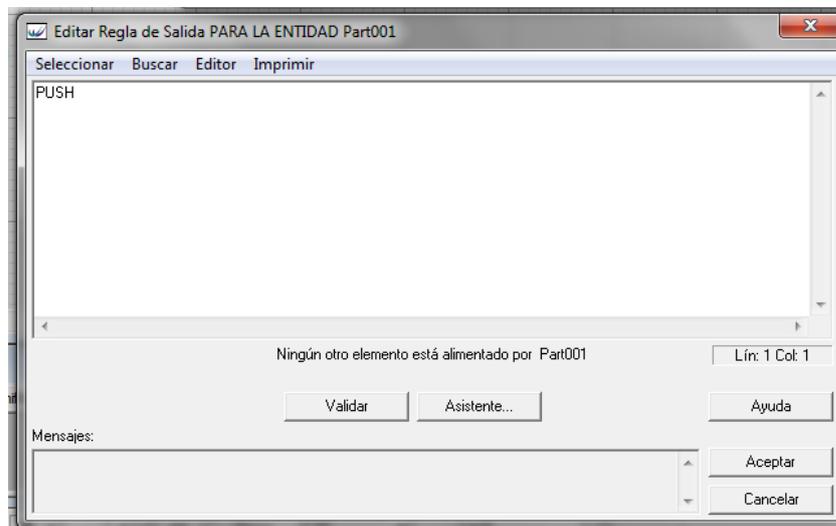


elementos.

A continuación se muestran las ventanas donde se programa las reglas e entrada y salida:



**Figura 31.** Ventana detalle de Witness para programar las reglas de entrada y salida.



**Figura 32.** Ventana detalle de Witness para programar las reglas de entrada y salida.

Witness permite introducir regla de gran complejidad (hasta de 32 Kb cada una).



#### 5.4.1. Reglas básicas.

Las reglas básicas de entrada y salida son PULL y PUSH respectivamente. Por ejemplo, una regla de salida es:

- PUSH to SIERRA: El efecto de esta orden es que las piezas salen hacia elemento llamado SIERRA.

Una regla de entrada es:

- PULL from TORNO: El efecto de esta norma es que las Piezas entran desde un elemento llamado TORNO.

Las reglas PULL y PUSH te permiten especificar un listado de elementos en orden preferente. Par ejemplo:

- PUSH to TORNO, SIERRA: El efecto de está arden es que la *Pieza* es empujada al elemento llamado TORNO; si esto falla, entonces la *Pieza* se dirige al elemento SIERRA.

La regla:

- PUSH A to TORNO, B to DRILL: empuja todas las Piezas de tipo A hacia TORNO y todas las Piezas del tipo B hacia SIERRA.

No hay límite en lo largo que puede ser el listado de elementos a que pueden ser enviados.

PUSH y PULL son las reglas básicas de Witness, y muchas veces suficientes. Para hacer frente a diferentes situaciones de rutas lógicas complicadas, Witness tiene un número de reglas potentes (ver el resumen posterior).

Los elementos como las Máquinas pueden hacer Pull o Push o ninguna de las dos. Se debe elegir qué elemento es activo a pasivo de acuerdo con el rol que el elemento tiene en la vida real. Por ejemplo, Maquinas pueden Pull (coger, tirar) de

---



un recipiente, y Push (empujar) al siguiente proceso.

No es recomendable que entre dos elementos tengamos Push y Pull, ya que es difícil de saber controlar el orden de ejecución.

#### 5.4.2. Resumen de reglas de entrada.

- **Wait:** Hasta que las piezas son empujadas.
  
  - **Pull:** De una lista de estaciones por orden preferente.  
Por ejemplo: *PULL from B1,B2*: Primero tira de B1 y si esto falla tira de B2  
Por ejemplo: *PULL A from B1, B from B2*: Coge la Pieza A desde B1 y si esto falla, la Pieza B desde B2.
  
  - **Most:** De una lista coge del elemento que tenga más entidades.  
Por ejemplo: *MOST PARTS B1, B2*: Toma pieza desde B1o B2, de la que tenga más piezas.
  
  - **Least:** De una lista coge del elemento que tenga menos entidades.  
Por ejemplo: *LEAST FREE B1, B2*: Toma una pieza desde B1 B2, de la que tenga menos espacio.
  
  - **Percent**  
Por ejemplo: *PERCENT/1 B1 70.00, B2 30.00*: Las piezas se cogen aleatoriamente tomando el 70% desde B1 y el 30% desde B2.
  
  - **Sequence:** De una lista de estaciones con reglas de avería.  
Par ejemplo: *SEQUENCE/WAIT B1#(1), B2#(2), B3#(1)*: Toma 1 pieza desde B1 luego 2 de B2, luego 1 de B3. Si una pieza no está disponible, entonces espera.
-



Por ejemplo: *SEQUENCE/NEXT B1#(1), B2#(2), B3#(1)*: Como antes, pero si una pieza no está disponible, intenta con la siguiente pieza de la secuencia.

Por ejemplo: *SEQUENCE/RESET B1#(1), B2#(2), B3#(1)*: Como antes, pero si una pieza no está disponible, borra la secuencia e intenta desde el principio.

- **If:** Una expresión es cierta.

Por ejemplo:

*IF NPARTS (B1) >5*

*PULL from B1*

*ELSE*

*PULL from B2*

*ENDIF*

Si hay más de 5 piezas en B1 toma desde B1; Si no, se toman de B2.

- **Select:** De acuerdo a la expresión.

Por ejemplo:

*SELECT on X B1, B2.*

If X= 1 toma una pieza desde B1; si X= 2 toma una pieza desde B2.

- **Buffer:** Crea Buffer de entrada (solo en máquinas).

Por ejemplo: BUFFER (5)

Una máquina que tiene un Buffer de entrada de capacidad 5.

#### 5.4.3. Resumen reglas de salida.

- **Wait:** Las piezas esperan hasta ser retiradas.
  - **Push:** Para listar estaciones con orden de prioridad.
  - **Most parts:** De una lista coge del elemento que tenga más entidades.
  - **Least parts:** De una lista coge del elemento que tenga menos entidades.
-



- **Percent:** De una lista con probabilidades.
- **Sequence:** De un listado con reglas de secuencia.
- **If:** La validación de una sentencia.
- **Select:** De acuerdo a la expresión.
- **Buffer:** Crea Buffer de salida (solo máquinas).
- **Destino:** De acuerdo con destino (solo Pistas y carriles para vehículos).

Las piezas pueden ser cogidas del WORLD (mundo o fuente eterna o infinita) o dejar el modelo siendo empujados a SHIP (envíos), SCRAP (roturas) o ASSEMBLE (ensamblajes).

### 5.5. Simulación del modelo.

Definidas ya las relaciones entre elementos es el momento de poner en funcionamiento el modelo, y si se podrán realizar las modificaciones convenientes en cada caso, como puede ser añadir, cambiar o borrar elementos y comparar los efectos que producen estos cambios.

La posibilidad de construir un modelo en el que se pueden realizar pequeños incrementos y ver qué consecuencias producen, va a resultar ser muy útil para la etapa de validación del modelo.

Puede especificarse la forma en que las piezas entran y salen del buffer, de diferentes formas: definiéndose reglas FIFO (por defecto), LIFO, por el valor de algún atributo, por una posición concreta, etc.

#### Especificaciones de la visualización del reloj:

En Witness podemos visualizar el valor del tiempo de simulación de dos maneras:

- Un reloj digital indicando el número de unidades de tiempo que han
-



transcurrido desde el inicio. Esto aparece en la ventana Time.

- Un reloj analógico con horas, minutos y segundos, indicando el tiempo de simulación actual (asumiendo que la simulación empieza a las 12 de la noche). Esto aparece en la ventana Clock.

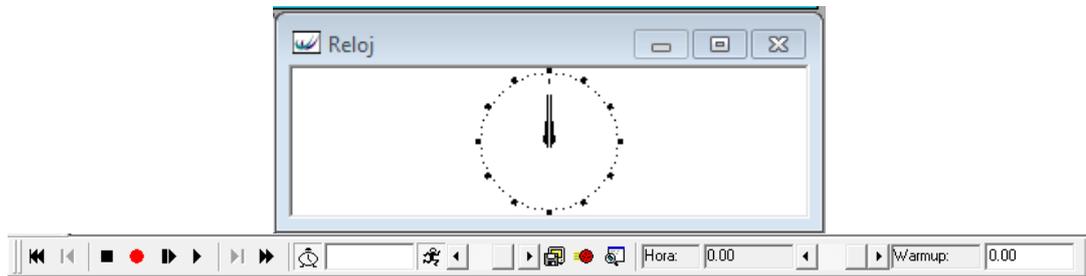
Por defecto Witness asume que las unidades de tiempo son minutos. Para cambiar a otra unidad, sitúese en el menú Model y presione en Clock' y le aparecerá el formulario de visualización del reloj.

Note que el reloj digital puede cambiar para reflejar las semanas, días y tiempo cambiando la visualización del reloj de Regular a User. Puede establecer hasta tres múltiplos de las unidades de tiempo e indicar el número de subunidades que cada múltiplo contiene.

El reloj analógico también asume que las unidades son minutos. Si sus unidades de tiempo son segundos, la razón de los minutos del reloj analógico para simular as unidades de tiempo debe ser 1:60. Toma 60 unidades de tiempo (segundos) para funcionar 1 minuto el reloj analógico.

Si el tiempo de simulación son horas, la razón de los minutos en el reloj analógico para simular las unidades de tiempo debe ser 60:1. Toma 1 unidad de tiempo para funcionar 60 minutos en el reloj analógico.

Una vez configurado la escala de tiempo debemos realizar la propia simulación del modelo. Para ello Witness ofrece en su menú desplegable Run diversas opciones para ello:



**Figura 33.** Ventana detalle de Witness para simular el modelo.

- **Inicializar:** Pone a cero el reloj interno de la simulación.
- **Stop:** Para una simulación en el acto.
- **Ejecutar:** Activa una simulación en el acto.
- **Batch:** activa una simulación hasta el instante temporal indicado en unidades temporales mínimas. Por ejemplo, si nuestra unidad temporal es el minuto, poniendo:
  - Time+60: Correrá la simulación desde el punto actual hasta una hora posterior.
  - 60: Correrá la simulación hasta el instante en que el reloj marque 60 minutos.
- **Avance:** Activa la simulación llevando el reloj hacia delante tantas unidades temporales como el valor introducido.
- **Ralentizado:** Disminuye la velocidad de la simulación para poder observar mejor los sucesos que ocurren durante la simulación en pantalla.
- **Paso a paso:** ejecuta la simulación en modo paso a paso, es decir, de modo que cada vez que se haga click con el ratón solo se ejecuta una acción de la simulación. Esta opción es muy útil para depurar la programación lógica del modelo y observar si está bien definida.

Por medio de la opción paso a paso y mediante la visualización de la ventana interactiva del menú desplegable Windows, podremos observar cómo se van

---



ejecutando secuencialmente cada una de las acciones de la simulación y así, detectar posibles errores.

Una vez la simulación se ha puesto en marcha, Witness ejecuta primero las posibles acciones definidas en las Acciones Iniciales. Hecho esto, el tiempo de la simulación comienza a correr. Witness va testeando todos y cada uno de los elementos que fueron definidos en el modelo siguiendo el orden en que fueron creados. Observara si ese elemento tiene o va a tener una pieza y realizará las acciones oportunas en ese instante. Hecho esto, pasara al siguiente elemento de la lista.

Se ha de tener en cuenta que si en un momento dado se borra un elemento del modelo y luego se crea otro, este último ocupará la posición dejada por el elemento borrado. Hay que tener presente todo esto ya que a veces, en modelos complejos, el orden en el que Witness testea las acciones de los elementos puede resultar un factor determinante.

El orden de los elementos puede observarse y modificarse editando el fichero de la librería \*.lst del modelo (en ASCII) mediante el programa Write de Windows (por ejemplo).

## **5.6. Resultados.**

### Generación de informes:

Esta es una de las posibilidades más potentes que facilita Witness, así una vez construido el modelo y puesto en marcha, se pueden utilizar los informes que se pueden generar y que ayudaran a medir los cambios producidos por la influencia de los distintos escenarios en los que se quiere comprobar el comportamiento del citado modelo.



Hay cuatro tipos de informes:

- 1) *Resumen*: Ofrece las características generales de cada elemento del modelo (nombre, tipo, cantidad, regla de entrada/salida, si tiene programado alguna acción, etc.).

Cada elemento tiene un tipo diferente de resumen, pues los campos a rellenar en la opción detalle dependen precisamente del tipo de elemento, por este motivo el informe se prepara por grupos de elementos, teniendo en cuenta de que tipo son.

- 2) *Explode*: Permite obtener información del estado actual de los elementos especificados como por ejemplo: si en un determinado elemento hay piezas, cuántas, de qué tipo, cuáles son sus atributos, etc.

- 3) *Estadísticos*: Este tipo de informe es posible generarlo para elementos continuos y discretos, de estos últimos está disponible para los elementos tipo pieza, maquina, buffer, cinta transportadora, labour, pista y vehículo. Los campos que proporciona dependen del tipo de elemento del que se haya solicitado el informe, en cualquier caso la información proporcionada es relativa a lo ocurrido a lo largo de la ejecución del experimento, desde el instante en el que se inició hasta el momento en el que se genera el informe. Los parámetros calculados son de gran interés, por ejemplo, número máximo, mínimo de piezas de un almacén, estados en los que ha permanecido una máquina y en qué proporción de tiempo, número de piezas en el sistema...

- 4) *De uso*: Indica donde es utilizado y referenciado cada elemento del modelo.



Elementos gráficos para representar los resultados:

✓ Series temporales:

Son elementos que almacenan una serie de valores y crean un informe estadístico sobre los mismos que contiene la media, la desviación típica, el máximo, el mínimo, etc.

Una serie temporal recoge la variación de algún parámetro o variable a lo largo del tiempo de simulación, tomando muestras cada cierto tiempo (intervalos de muestreo).

Se pueden registrar hasta 7 series temporales distintas en una misma serie temporal, pudiéndose visualizar cada una de ellas sobre una misma gráfica.

El elemento serie temporal de Witness permite representar gráficamente los resultados de la simulación en pantalla. La serie temporal plotea valores a lo largo del tiempo.

En intervalos específicos toma una lectura del modelo y ésta a plotea en un gráfico. A lo largo del tiempo, una serie de valores se van dibujando. Una vez se agota el espacio reservado en pantalla para esta serie temporal el gráfico se desplaza para permitir que los nuevos valores sean ploteados.

Las series temporales son útiles para determinar tendencias o ciclos fundamentales del modelo, ya que nos proporciona la historia del valor específico.

Witness permite crear todas las series temporales que se desee; cada serie puede representar un máximo de 7 valores. El detalle (*Detail*) de una serie temporal especifica el intervalo en el cual se hacen las observaciones y los valores que deben grabarse.

Ejemplos del uso de una serie temporal puede ser la representación gráfica de la producción o el tamaño de un almacén al final de cada turno.

---



Las siguientes características deben ser visualizadas y preparadas como convenga en las series temporales:

- Nombre.
- Serie temporal.
- Grabación de los valores máximo y mínimo
- Colores para a representación
- El icono.

✓ Histogramas:

Los histogramas de Witness permiten representar gráficamente los resultados de la simulación en pantalla. El histograma es un gráfico de barras, y es útil para determinar el rango de los valores observados para algunos parámetros de la simulación.

Witness te permite crear todos los gráficos que se deseen y grabar valores en ellos según convenga. Las barras deben ser dibujadas vertical u horizontalmente, permitiendo producir gráficos tipo Gantt. Los valores deben ser grabados en un histograma usando el comando RECORD en un grupo de acciones en cualquier lugar del modelo:

- RECORD Value in Histograma.
- RECORD NWIP(A) in WIPHIST.

Una barra de una altura específica se puede dibujar usando el comando de acción DRAWBAR:

- DRAWBAR Histogram Value, Height, Color.
- DRAWBAR UTILHIST1, PUTIL(OP1 O,1),3.

La altura de una barra en el histograma puede ser incrementada usando el

---



comando de acción ADDBAR:

- ADDBAR Histogram Value, Increment, Colour.

Ejemplos de uso de histogramas pueden ser tiempos de reparación, el tiempo que tardan las piezas en desplazarse a través del sistema.

Las siguientes características deben ser preparadas y representadas como convenga:

- Nombre del Histograma.
- Histograma.
- Los valores Máximo y Mínimo que graba.
- Color de las barras.
- Icono

✓ Gráfico de sectores (pie charts):

El gráfico de pastel de Witness permite representar gráficamente los resultados de la simulación por pantalla. Un gráfico de sectores es útil para representar áreas sobre el proceso, por ejemplo, el porcentaje de tiempo que una máquina ha estado estropeada.

Witness permite crear todos los gráficos de sectores que se deseen y grabar los valores apropiados. A intervalos regulares, el gráfico de sectores es actualizado con los valores de los elementos seleccionados. El detalle del gráfico de sectores especifica el intervalo de actualización para que los valores sean re-evaluados. Los sectores de un gráfico de sectores deben tener diferentes colores y dibujo.

Ejemplos del uso de un gráfico de sectores pueden ser: operaciones controladas o la mezcla de productos actualmente en stock.

---



Las siguientes características deben ser visualizadas y preparadas según convenga en el gráfico de sectores:

- Nombre del gráfico tipo pastel.
- Título.
- Leyenda.
- Sectores.
- Sector de *Puil Out*.
- Inclinación.
- Profundidad.

## **6. PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO.**

Para la realización del presente proyecto los pasos a seguir han sido:

1. Toma de tiempos de los elementos necesarios.
2. Aprender a usar la herramienta informática Witness.
3. Construcción del modelo en Witness.
4. Parametrización de cada uno de los elementos que componen la transística.
5. Establecer las reglas de entrada y salida de los elementos.
6. Simular el modelo.
7. Interpretar los resultados obtenidos, validarlos y establecer mejoras.

### **6.1. Toma de tiempos de los elementos necesarios.**

Se ha debido realizar tomas de tiempos para cada una de las cintas transportadoras que componen la transística. De estudios anteriores, disponíamos de

---



algunos tiempos de ciclo, pero en torno al 95% hemos tenido que realizarlos nosotros mismos.

El procedimiento a seguir era tomar en torno a 10 tiempos por cada una de las cintas transportadoras o tramos de las mismas y ver si entraban en precisión.

Al final del presente estudio, en el apartado de anexos, podemos ver los esquemas de la transística dividido por tramos. Los tramos son escogidos acorde a la similitud de cintas, es decir consideramos un mismo tramo a una línea de cintas iguales. Con ello lo que hacemos es ahorrarnos tiempo en medir y aumentamos la precisión de la medida.

Respecto a si entraban en precisión los tiempos obtenidos, se ha considerado un 5% de desviación a la media. Para ayudarnos en esto, teníamos una aplicación Excel, con la que introduciendo las medidas obtenidas, nos indicaba si entraban o no dentro del rango requerido. En su defecto también nos indicaba aquellas medidas que debíamos descartar por ser tiempos irregulares y las medidas que nos faltaban para entrar en precisión. A continuación tenemos una imagen de la aplicación Excel.



**Figura 34.** *Aplicación Excel para el cálculo de la precisión de los tiempos.*

## **6.2. Aprender a usar la herramienta informática Witness.**

A medida que se iban tomando tiempos a cada uno de los elementos, había que hacerse con el software Witness. Para ello se disponía de un manual proporcionado por la empresa suministradora, en el que incluía ejercicios prácticos.

---



En la planta de Aranda no había ninguna persona que conociera el programa, por ello todas las dudas que tenía las resolvía con un compañero de la planta de Valladolid.

### **6.3. Construcción del modelo en Witness.**

Una vez conocido el funcionamiento del programa, el siguiente paso era modelar el sistema a analizar. Para ello nos ayudamos de los planos proporcionados por el tutor, así como de nuestros propios croquis tomados in situ.

El programa da la opción de dibujarlo a escala, aunque esta opción solo es visual, ya que luego debemos parametrizar cada elemento por separado (ponerle longitudes, tiempos de ciclo...). A pesar de esto se hizo a escala para poder disponer de un sistema más acorde a la realidad. La forma en la cual se modela el sistema se ha descrito en el punto 5.

### **6.4. Parametrización de cada uno de los elementos que componen la transística.**

Cuando tenemos ya el sistema modelado y hemos recogido todos los tiempos de ciclo, longitudes, lotes... es hora de empezar a parametrizar cada uno de los elementos. Es un proceso largo que nos lleva bastantes horas, ya que un dato mal introducido en un tapiz, por ejemplo, puede afectar al sistema entero. Por ello nos tenemos que asegurar que este todo correcto.

También hemos parametrizado varios turnos de trabajo para cada una de las máquinas en función de cada una de las casuísticas que queremos simular.

La forma en la cual se parametriza los elementos se ha descrito en el punto 5.

---



### **6.5. Establecer las reglas de entrada y salida de los elementos.**

No solo es importante haber parametrizado el sistema correctamente sino también es fundamental establecer las relaciones de entrada y salida de cada uno de los elementos. Para ello nos han ayudado los automatistas de cada zona de la planta. Ellos son los que nos han enseñado los modos de programación de los tapices que posteriormente hemos puesto en nuestro programa. Por lo tanto en algunos lugares hemos debido programar con las funciones if, else, while... para que fuera acorde a la realidad.

La forma en la cual se establecen las reglas de entrada y salida se ha descrito en el punto 5.

### **6.6. Simular el modelo.**

Una vez modelado y parametrizado el sistema debemos realizar la simulación de la zona que queramos analizar o en su conjunto. Para ello simulamos acorde con las casuísticas que queremos. En la mayoría de ellas simulamos para un tiempo de 5 días, que sería para ver qué pasa en una semana (del lunes a las 06 am al sábado a las 06am), ya que el fin de semana siempre habrá un funcionamiento diferente.

La forma en la cual se simula el modelo se ha descrito en el punto 5.

### **6.7. Interpretar los resultados obtenidos, validarlos y establecer mejoras.**

El último paso que hemos realizado ha sido recoger los datos de la simulación y analizarlos detalladamente.

Lo primero que hay que hacer es validar los datos, es decir, comprobar de alguna manera que son acordes a la realidad. Para ello nos ayudamos de los lectores de códigos de barra de los autómatas en los que nos indican el número de cubiertas

---



que han pasado por determinadas máquinas o tapices, el tiempo... Hay que destacar que solo hay lectores en determinadas partes de la planta, por lo que solo podremos comprobarlos en esas zonas.

El siguiente paso es ordenar y clasificar la información que nos sea útil. El programa Witness nos da infinitud de resultados, muchos de ellos innecesarios para nuestro estudio.

Con los datos ya ordenados podemos establecer aquellos puntos de la planta en los que vemos que se producen cuellos de botella.

Sabiendo donde está el fallo estamos ya capacitados para proponer soluciones a los problemas planteados. Con las propuestas de mejora ya definidas, solo nos queda parametrizar de nuevo aquellos elementos que se van a sustituir y/o mejorar. Volvemos a simular el sistema y comparamos los resultados obtenidos con los anteriores. Si vemos que mejora sustancialmente, la propuesta de mejora está bien diseñada y ya el siguiente paso sería de la oficina de estudios y de gestión económica.

## **7. CASUÍSTICAS Y RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN.**

### **7.1 Introducción.**

En este estudio, para cada una de las zonas de la planta, se han realizado diferentes casuísticas de funcionamiento. La razón es que cada zona tiene sus peculiaridades, por ejemplo desde la zona de ensamblado hasta las prensas de cocción, la producción es muy variable en la que tendremos picos de producción. Esto es debido a que las máquinas son manuales y el ritmo de producción lo marcan los operarios. En cambio el circuito de enfriamiento la producción es muy lineal debido a que las prensas tienen un tiempo de ciclo constante y son máquinas automáticas.

---



Por ello a lo largo del estudio veremos que se habla de diferentes casuísticas.

En resumen se simulan varios volúmenes de producción en cada una de las posibles variantes de producción.

Otro dato en el que se habla el estudio es de volumen de producción 1, volumen 2... Se ha puesto esto para mantener la confidencialidad de la empresa. Cada uno de esos volúmenes está relacionado con un volumen real, siendo el volumen 1 el más bajo y el volumen 13 el más alto.

Otro dato que veremos con frecuencia son cmm que son centésimas de minuto, es una unidad de medida muy frecuente en la toma de tiempos dentro de la empresa Michelin.

Por último veremos en algunas tablas o en la memoria asteriscos. Esto se ha tenido que poner para mantener la confidencialidad de los datos y resultados de Michelin.

## **7.2. OPL – MAES.**

### **7.2.1. Descripción transística OPL – MAEs.**

La transística del taller de OPL se divide por colectores:

- El colector 1 comprende las líneas L1, L2 y los tapices hasta el anterior a la salida S1 (TB 27).
- El colector 2 comprende la línea L3, desde Aéreo 3 hasta TB 8.
- El colector 3 comprende la G1 y la G2, hasta TB 54 incluido.
- El colector 4 comprende las líneas L4 y L5, hasta TB 61 incluido.

Los bandajes pasan al taller de cocción por tres caminos (S1, S2 y S3).

- El colector 1 evacúa por la S1 y en caso de saturación por la S2.
-



- El colector 2 evacúa por la S2 y en caso de saturación por la S1.
- El colector 3 evacúa por la S3.
- El colector 4 evacúa por la S3 y si esta permanece 20 minutos saturada evacúa por la S2 o S1.

Los bandajes que van por la S1 y S2 van a pintar a la MAE 1 y MAE 2. Antes de la entrada hay dos mesas cruzadas que distribuyen los bandajes a una u otra máquina.

Los bandajes que van por la S3 solo pueden ir a MAE 3.

Entre las salidas de OPL y las MAES existen 3 tapices de lectura de código de barras y 3 básculas, situadas una en cada línea.

En el tapiz de lectura no se detiene el bandaje ni se produce reducción de velocidad del tapiz, con lo que no es penalizante.

Los tiempos de ciclo de las básculas son:

- S1 – PP252 = \*\*\*\* cmm
- S2 – PP204 = \*\*\*\* cmm
- S3 – PP470 = \*\*\*\* cmm

Aunque no son determinantes las básculas, el ciclo de la báscula no está optimizado, ya que se podría eliminar o disminuir el ciclo de vaciado.

### **7.2.2. Datos de partida.**

#### **Tiempos de ciclo de los tapices.**

Se han recogido los tiempos de ciclo de mesas determinantes mediante el programa informático de Naharro.

---



En el resto de tapices que componen la transística se han realizado tomas de tiempos. Para ello se ha dividido la transística por zonas homogéneas.

### **Velocidades de los tapices.**

Se ha realizado una medición de velocidades de los tapices con un tacómetro. Los resultados han sido:

- Tapices aéreos: \*\* m/min.
- Tapices aéreos de la L2: \*\* m/min.
- Tapices del suelo: \*\* m/min, excepto línea 2bis que van a \*\* m/min y T4 a \*\* m/min.

### **Prioridades de paso y lotes en los tapices.**

Se ha consultado con el automatista las diferentes prioridades de paso y los lotes de los tapices.

### **Producciones por cada máquina.**

Se van a realizar simulaciones con varios escenarios de producción con lo que necesitaremos saber la producción de cada máquina.

En un fichero Excel se ha realizado una tabla con los porcentajes que deseamos simular y los bandajes que fabrica cada máquina.

### **7.2.3. Simulación Witness.**

Una vez recogido todos los datos necesarios, se realizan diferentes simulaciones.

---



### 7.2.3.1. Tiempo mínimo de paso desde OPL a MAES.

Se realiza una simulación para calcular el tiempo mínimo que tarda un bandaje en recorrer el circuito desde cada una de las máquinas de OPL hasta las MAES. Dicha simulación se realiza para una producción de volumen 1.

A continuación se muestra una tabla con las producciones desglosadas por máquina y la tasa de llegadas en minutos para una producción total del taller de volumen 1.

			Producción OPL: vol 1.	
Línea	Máquina	% de producción respecto al total	Cubiertas/día	Tiempo entre llegadas (minutos)
Línea 1	M2	** %	**	**
	M4	** %	**	**
	M6	** %	**	**
	M8	** %	**	**
Línea 2	M1	** %	**	**
	M3	** %	**	**
	M5	** %	**	**
	M7	** %	**	**
Línea 2bis	BNS-H 3B (S3)	** %	**	**
	BNS-H 2B (S2)	** %	**	**
	BNS-H 1B (S1)	** %	**	**
Línea 3	M13	** %	**	**
	M14	** %	**	**
	M15	** %	**	**
	M16	** %	**	**
Línea 3bis	BNS-H 1A (G1)	** %	**	**
	BNS-H 2A (G2)	** %	**	**
	BNS-H 2C (G2)	** %	**	**



Línea 4	BNS-H 3A (G3)	** %	**	**
	BNS-H 3C (G3)	** %	**	**
	BNS-H 4A (G4)	** %	**	**
	BNS-H 4C (G4)	** %	**	**
	BNS-H 5A (G5)	** %	**	**
	BNS-H 5C (G5)	** %	**	**
	BNS-H 6A (G6)	** %	**	**
	BNS-H 6C (G6)	** %	**	**
	BNS-H 7A (G7)	** %	**	**
	BNS-H 7C (G7)	** %	**	**
	BNS-H 8A (G8)	** %	**	**
	BNS-H 8C (G8)	** %	**	**
Línea 5	M17	** %	**	**
Total:		100,00%	**	**

**Tabla 1.** *Tabla con producciones desglosadas por máquina y tasa de llegadas en minutos para un volumen 1 de producción.*

### LÍNEA 1:

- ✓ El tiempo medido es desde que el carro evacúa el bandaje a la CR hasta llegar a la S1 y en llegar a la entrada de la MAE 1 o 2.

### LÍNEA 2:

- ✓ El tiempo medido es desde que el ascensor evacúa el bandaje a la TM1, TM3... hasta llegar a la S1 y en llegar a la entrada de la MAE 1 o 2.



**LÍNEA 2 bis:**

- ✓ El tiempo medido es desde que los ascensores evacúan el bandaje a la TM1, TM3... hasta llegar a la S1 y en llegar a la entrada de la MAE 1 o 2.

**LÍNEA 3:**

- ✓ El tiempo medido es desde que el carro evacúa el bandaje a BA01 hasta llegar a la S2 y en llegar a la entrada de la MAE 1 o 2.

**LÍNEA 3 bis:**

- ✓ El tiempo medido es desde la evacuación a cada una de las máquinas hasta llegar a la S2 y en llegar a la entrada de la MAE 1 o 2.

**LÍNEA 4:**

- ✓ El tiempo medido es desde la evacuación a cada una de las máquinas hasta llegar a la S3 y a la entrada de la MAE 3.

**LÍNEA 5:**

- ✓ El tiempo medido es desde la evacuación de la M17 hasta llegar a la S3 y a la entrada de la MAE 3.



A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos:

<b>TIEMPO EN ATRAVESAR EL CIRCUITO</b>			
<b>Desde</b>		<b>Hasta</b>	
		<b>S1, S2 o S3</b>	<b>MAE 1, 2 o 3</b>
<b>Línea 1</b>	Evacuación carro	** minutos	** minutos
	BNS-H 3D	** minutos	** minutos
	BNS-H 2D	** minutos	** minutos
	BNS-H 1D	** minutos	** minutos
<b>Línea 2</b>	M1	** minutos	** minutos
	M3	** minutos	** minutos
	M5	** minutos	** minutos
	M7	** minutos	** minutos
<b>Línea 2bis</b>	BNS-H 3B	** minutos	** minutos
	BNS-H 2B	** minutos	** minutos
	BNS-H 1B	** minutos	** minutos
<b>Línea 3</b>	BA01	** minutos	** minutos
<b>Línea 4</b>	BNS-H 7C	** minutos	** minutos
	BNS-H 7A	** minutos	** minutos
	BNS-H 6C	** minutos	** minutos
	BNS-H 6A	** minutos	** minutos
	BNS-H 5C	** minutos	** minutos
	BNS-H 5A	** minutos	** minutos
	BNS-H 4C	** minutos	** minutos
	BNS-H 4A	** minutos	** minutos
	BNS-H 3C	** minutos	** minutos
BNS-H 3A	** minutos	** minutos	
<b>Línea 5</b>	M17	** minutos	** minutos

**Tabla 2.** Tabla con los tiempos que tarda un bandaje en atravesar el circuito.



### 7.2.3.2. Tiempo de saturación del circuito.

Un dato importante a tener en cuenta es el tiempo que tardaría en saturarse por completo el circuito en caso de que se produzca una avería o parada en las MAES.

Se toman datos de una situación media de producción y parando las 3 MAES en un determinado momento.

Para una simulación de producción de volumen 1 distribuidos uniformemente, los resultados son los que aparecen en la siguiente tabla:

	Desde	TIEMPO DE SATURACIÓN
-	S1	** minutos
	S2	** minutos
	S3	** minutos
Línea 1	CR	** minutos
	BNS-H 3D	** minutos
	BNS-H 2D	** minutos
	BNS-H 1D	** minutos
Línea 2	M1	** minutos
	M3	** minutos
	M5	** minutos
	M7	** minutos
Línea 2bis	BNS-H 3B	** minutos
	BNS-H 2B	** minutos
	BNS-H 1B	** minutos
Línea 3	BA01	** minutos
Línea 3 bis	BNS-H 1A	** minutos
	BNS-H 2A	** minutos
	BNS-H 2C	** minutos
Línea 4	BNS-H 8C	** minutos



	BNS-H 8A	** minutos
	BNS-H 7C	** minutos
	BNS-H 7A	** minutos
	BNS-H 6C	** minutos
	BNS-H 6A	** minutos
	BNS-H 5C	** minutos
	BNS-H 5A	** minutos
	BNS-H 4C	** minutos
	BNS-H 4A	** minutos
	BNS-H 3C	** minutos
	BNS-H 3A	** minutos
<b>Línea 5</b>	M17	** minutos

**Tabla 3.** *Tabla con los tiempos que tarda en saturarse el circuito para un volumen de producción 1.*

Realizamos la misma simulación que antes pero esta vez con una producción de volumen 10 para ver la diferencia de tiempos entre la situación actual y un volumen elevado de producción.

	Desde	TIEMPO DE SATURACIÓN
-	S1	** minutos
	S2	** minutos
	S3	** minutos
<b>Línea 1</b>	CR	** minutos
	BNS-H 3D	** minutos
	BNS-H 2D	** minutos
	BNS-H 1D	** minutos
<b>Línea 2</b>	M1	** minutos
	M3	** minutos



	M5	** minutos
	M7	** minutos
<b>Línea 2bis</b>	BNS-H 3B	** minutos
	BNS-H 2B	** minutos
	BNS-H 1B	** minutos
<b>Línea 3</b>	BA01	** minutos
<b>Línea 3 bis</b>	BNS-H 1A	** minutos
	BNS-H 2A	** minutos
	BNS-H 2C	** minutos
<b>Línea 4</b>	BNS-H 8C	** minutos
	BNS-H 8A	** minutos
	BNS-H 7C	** minutos
	BNS-H 7A	** minutos
	BNS-H 6C	** minutos
	BNS-H 6A	** minutos
	BNS-H 5C	** minutos
	BNS-H 5A	** minutos
	BNS-H 4C	** minutos
	BNS-H 4A	** minutos
	BNS-H 3C	** minutos
	BNS-H 3A	** minutos
<b>Línea 5</b>	M17	** minutos

**Tabla 4.** *Tabla con los tiempos que tarda en saturarse el circuito para un volumen de producción 10.*

Cabe destacar que estas situaciones son ideales, en la que el volumen de producción se distribuye uniformemente a lo largo de todo el día.

El tiempo de saturación de cada máquina es considerando en el momento que ha finalizado de fabricar un bandaje y debe evacuarlo al tapiz.



También se realiza la simulación para un caso extremo de producción pico, en el colector 4 (línea 3bis, línea 4 y línea 5). Este colector va a la MAE 3.

Los tiempos de saturación han sido:

	Desde	TIEMPO DE SATURACIÓN
	S3	** minutos
<b>Línea 3 bis</b>	BNS-H 1A	** minutos
	BNS-H 2A	** minutos
	BNS-H 2C	** minutos
<b>Línea 4</b>	BNS-H 8C	** minutos
	BNS-H 8A	** minutos
	BNS-H 7C	** minutos
	BNS-H 7A	** minutos
	BNS-H 6C	** minutos
	BNS-H 6A	** minutos
	BNS-H 5C	** minutos
	BNS-H 5A	** minutos
	BNS-H 4C	** minutos
	BNS-H 4A	** minutos
	BNS-H 3C	** minutos
	BNS-H 3A	** minutos
<b>Línea 5</b>	M17	** minutos

**Tabla 5.** Tabla con los tiempos que tarda en saturarse el circuito para un volumen de producción pico.

El tiempo de ciclo de la MAE 3 es determinante para estos picos de producción. También cabe destacar que anterior a la MAE 3 hay una mesa-báscula en la que el tiempo de ciclo es de \*\* cmm. Toda mejora que se realice en la MAE 3, se debe considerar también dicha báscula.



### **7.2.3.3. Simulación de 5 días (7200 minutos).**

Se han realizado varias simulaciones con diferentes casuísticas:

- A) Producción uniforme durante todo el periodo, sin aplicar turnos en OPL ni en las MAES.
- B) Producción variable al aplicar turnos de descansos en OPL. En MAES se aplican turnos reales.
- C) Con la misma producción variable en OPL, aplicamos turnos en MAES de 15 minutos de parada por cada 2 horas de turno. Esta situación es para un funcionamiento de las MAES en automático.

En la casuística B) y C) se harán comparaciones con la transística actual y la transística metro.

#### **7.2.3.3.1. Casuística A)**

La simulación se realiza partiendo de una situación de arranque en las que en el circuito no hay ninguna cubierta.

La siguiente tabla muestra el tanto por ciento que permanecen los tapices bloqueados en los diferentes escenarios de producción. El resto de tapices que no aparecen reflejados en la tabla tienen menos de un 2% de saturación y no se consideran:



Tapiz	% de tiempo bloqueado con producción igual a:									
	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.8.	V.10.	V.11.	V.12.
<b>TB6 (T11)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>CR001 (T11)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB24 (T12)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB25 (T13)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>T6 (T22)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>T9 (T27)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>T11 (T28)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MC25 (T31)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MC26 (T31)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB27 (T32)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>BA01 (T34)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB02 (T34)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB08 (T35)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB12 (T36)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB58 (T41)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB62a (T43)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB59 (T45)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MC03 (S1)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB329 (S1)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>CR326 (T42*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB325 (T42*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TBa(T42*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TBb(T42*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB602 (T42*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MG603 (T42*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB255 (T43*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>BB247 (T43*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB257 (T43*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MC258 (T43*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**



---

<b>TB263 (T44*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MC02 (S2)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB202 (T51*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TR302 (T52*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TR301 (T52*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MC302 (T52*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>BB264 (T53*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB303 (T53*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TR269 (T53*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB303A (T53*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB466 (T61*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB467 (T61*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB468 (T61*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB478 (T62*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB479 (T62*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>CR (T62*)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 6.** Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.

( ) Entre paréntesis aparece la zona a la que pertenece el tapiz. Los marcados con un \* pertenecen al taller de OPI, antes de las MAES.

Con los datos obtenidos se han remarcado varios tapices que tienen un porcentaje superior al 5% y son los que se analizarán detalladamente. Los tapices que pertenecen al taller de OPI se analizarán en el siguiente apartado con las otras casuísticas.

Se puede observar, que los tapices que están antes de la MAE 1 y MAE 2, para producciones elevadas (a partir de Volumen 10), se produce un descenso del porcentaje de saturación. Esto se debe a que las simulaciones se han realizado con un porcentaje de paso de un \*\* % a MAE 1 y un \*\* % a MAE 2, en cambio a partir de



ese volumen la relación de prioridad es que todas vayan a la MAE 1 y en caso de estar ocupada a la MAE 2.

### **MC25, MC26 y TB27 → MC03**

Estas mesas cruzadas y tapiz de banda están situados en los tramos T31 y T32 justo antes de la S1. En la siguiente imagen se detalla cuales son dichos tapices.



**Figura 35.** *Imagen en detalle de los tapices analizados.*

El porcentaje que permanece bloqueado está entre un \*\*% y un \*\*% la MC25, entre un \*\*% y un \*\*% la MC26 y entre un \*\*% y un \*\*% el TB27 dependiendo del volumen de producción.

Es obvio que tenga saturación debido a que el tapiz siguiente a estos es una mesa cruzada (MC03) en el que el tiempo de ciclo es superior y además dicha mesa evacúa bandajes de dos caminos posibles. También perjudica mucho esta situación el TB27 por ser un tapiz muy largo.

Esta situación no es demasiado preocupante para un volumen regular de producción ya que los tapices anteriores a estos no se saturan o lo hacen en menor medida.

### **Possible mejora.**

Una propuesta de mejora es dividir el tapiz TB 27 en dos. Para ellos se ha

---



realizado una simulación para comprobar que se produce una mejora. Esta simulación se ha realizado para un volumen 1 de producción. A continuación se muestra una pequeña tabla con los resultados obtenidos:

Tapiz	% de tiempo bloqueado:	
	Antes de la mejora	Con la mejora
MC 25	** %	** %
MC 26	** %	** %
TB 27	** %	** %
TB 29		** %

**Tabla 7.** *Tabla comparativa entre los porcentajes de bloqueo antes y después de las mejoras.*

Como se puede observar se reduce considerablemente el tiempo de bloqueo, debido a que en dicho tapiz se pasa de hacer lotes de 4 a lotes de 2. Con esto se consigue que si hay dos bandajes pasen al siguiente tapiz y puedan ser evacuados hacia las MAES sin tener que esperar a que vengan los otros para completar el lote.

#### **TB02 y TB08:**

Estos tapices tienen un porcentaje de bloqueo debido a que están detrás de una mesa cruzada y una mesa giratoria que tienen un tiempo de ciclo inferior. No haría falta tomar acciones para solventar dicha situación. A continuación se muestra una imagen de dichos tapices.



CONFIDENCIAL

Figura 36. Imagen en detalle de los tapices analizados.

### 7.2.3.3.2. Casuística B)

Para esta situación se han aplicado turnos en OPL y en MAES.

El turno aplicado en OPL se ha modelado para el taller en su conjunto. Se ha calculado con los datos de producciones de estudios anteriores. La siguiente gráfica muestra la producción de un turno de OPL y MAES.

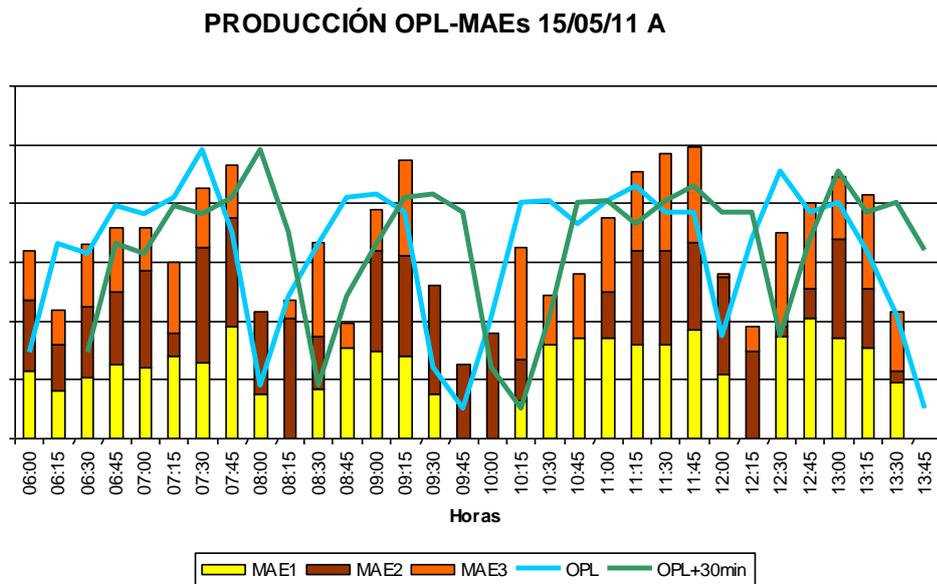
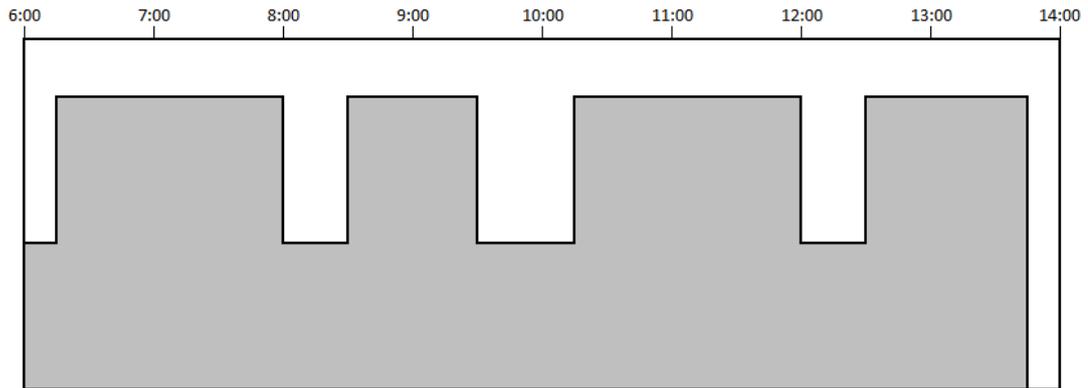


Gráfico 1. Gráfica de las producciones superpuestas de OPL y MAES.



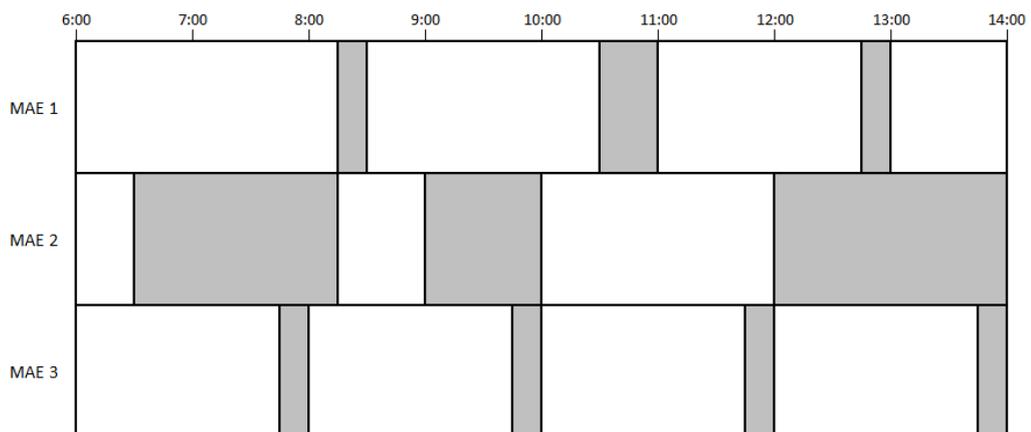
Haciendo una media de los picos de la onda de producción de OPL establecemos el siguiente turno de funcionamiento:



**Gráfico 2.** *Turno de funcionamiento en OPL.*

Aunque el gráfico solo muestra el turno de mañana, el turno de tarde y de noche será idéntico.

Los turnos de las MAES son los siguientes:



**Gráfico 3.** *Turno de funcionamiento en MAES.*



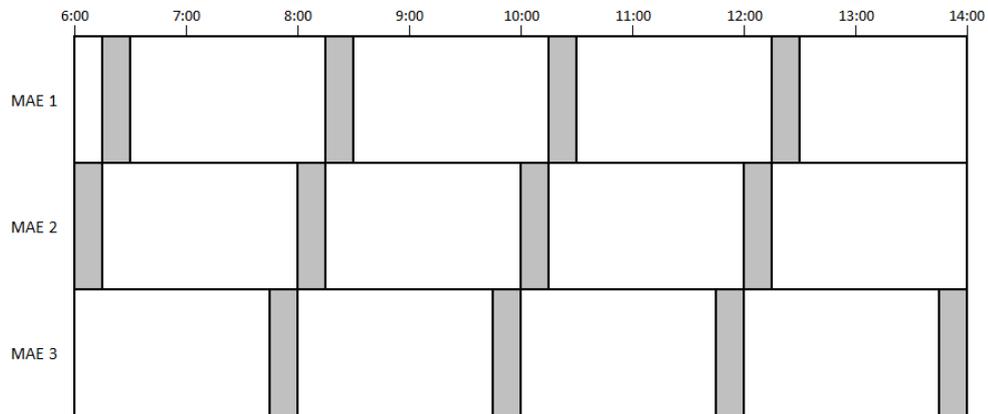
Los tramos sombreados son los tiempos que permanecen paradas. Tanto el turno de tarde como el de noche se considera igual que el de mañana.

**Resultados.**

Los resultados obtenidos se describen en el siguiente apartado para poder comparar este modo de funcionamiento con el modo C).

**7.2.3.3.3. Casuística C)**

Este caso es igual que el anterior excepto que variamos el turno de las MAES. El turno que establecemos es de una parada de 15 minutos cada 2 horas. Esto sería un funcionamiento real en las MAES cuando trabajen en automático. A continuación se muestra un gráfico con el turno establecido.



**Gráfico 4.** *Turno de funcionamiento en MAES.*

Los tramos sombreados son los tiempos que permanecen paradas. Tanto el turno de tarde como el de noche se considera igual que el de mañana.

---



**Resultados.**

La siguiente tabla muestra el porcentaje del tiempo que estarían bloqueadas las subidas de OPL y el porcentaje del tiempo que se llegarían a parar las máquinas de OPL más cercanas a MAES.

		% Saturación subidas			% Saturación máquinas de OPL
		S1	S2	S3	
<b>MODO DE FUNCIONAMIENTO B)</b>	<b>Volumen 1.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 2.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 3.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 4.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 12.</b>	** %	** %	** %	** %
<b>MODO DE FUNCIONAMIENTO C)</b>	<b>Volumen 1.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 2.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 3.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 4.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 5.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 6.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 8.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 10.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 11.</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 12.</b>	** %	** %	** %	** %
<b>TRANSISITICA METRO</b>	<b>Volumen 4 (Modo funcionamiento B)</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 4 (Modo funcionamiento C)</b>	** %	** %	** %	** %
	<b>Volumen 12 (Modo funcionamiento C)</b>	** %	** %	** %	** %



**Tabla 8.** *Tabla comparativa entre los porcentajes de saturación en las subidas y en las máquinas para diferentes volúmenes y tipos de funcionamiento.*

Si se trabaja con los turnos reales MAES, para un volumen 3 - 4, ya estaríamos parando alguna máquina de OPL. Para volúmenes inferiores se saturan las subidas pero sin llegar a las máquinas. Por lo tanto este modo de funcionamiento deberá cambiar si se tiene previsto aumentar la producción.

**Possible mejora.**

Hay varias soluciones:

- ✓ Reducir el tiempo de paradas de las MAES.
- ✓ Utilizar el by-pass de la transística metro entre la subida 2 y 3. A continuación se muestra una imagen con la transística metro.



**Figura 37.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

Se han realizado simulaciones con estas dos soluciones y se observa que se reduce bastante el porcentaje, pero en la MAE 3 se mantiene. Esto es debido a que el turno de descanso actualmente es equiparable con el de máquina en automático (15 min de parada cada 2 horas).

Una solución es utilizar el by-pass de la transística metro siempre y cuando se

---



instale bidireccional.

A continuación se muestra los resultados de los tapices para cada modo de funcionamiento y volumen de producción.

Nombre	% de tiempo bloqueado con volumen de producción igual a:											
	Modo B)				Modo C)					Transística metro		
	V.1.	V.2.	V.4.	V.12.	V.1.	V.2.	V.4.	V.6	V.12.	V.4. (B)	V.4. (C)	V.4. (C)
TB329 (T40*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB325 (T42*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TBa(T42*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TBb(T42*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
PP252 (T42*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB255 (T43*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB257 (T43*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
MC258 (T43*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
BB259 (T44*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB260 (T44*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CR261 (T45*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB262 (T45*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB263 (T45*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
PL203 (T51*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
PP204 (T51*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
MC302 (T52*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
BB264 (T53*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB303 (T53*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TR269 (T53*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB303A (T53*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**



TB463 (T61*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB464 (T61*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB465 (T61*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB466 (T61*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB467 (T61*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB468 (T61*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
PP470 (T61*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
MG471 (T61*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB473 (T61*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
MG474 (T61*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB476 (T62*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB477 (T62*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB478 (T62*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB479 (T62*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CR (T62*)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB900										**		
TB901										**		
TB902										**		
TB9001										**		

**Tabla 9.** *Tabla comparativa entre los porcentajes de saturación de los tapices para diferentes volúmenes y tipos de funcionamiento.*

La tabla solo muestra algunos volúmenes de producción y algunos tapices, en la simulación se han realizado más casos.

Cabe destacar que esta simulación se ha realizado considerando que después de las MAES el funcionamiento es de una situación normal en los que no se producen imprevistos a tener en cuenta.



Se observa que la transística metro solo haría falta usarla para turnos reales. Cuando las MAES trabajen en automático a priori no haría falta utilizarlos, solo por si ocurren imprevistos.

A continuación se detalla las zonas más saturadas para las tres casuísticas.

**TB329 → TI**

Este tapiz, con un porcentaje elevado de saturación, está situado en la subida 1 y es debido a que el intralox tiene un tiempo de ciclo inferior a él. Es una situación puntual y no afecta al conjunto. A continuación una imagen de los tapices implicados.



**Figura 38.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

**TB325, TBa, TBb → PP252**

**TB202 (PL203) → PP204**

**TB463, TB464, TB465, TB466, TB467, TB468 → PP470**

Antes de la MAE 1, MAE 2 y MAE 3 tenemos unas básculas con un tiempo de ciclo de \*\*, \*\* y \*\* cmm respectivamente, por lo que los tapices anteriores se saturan.



**Possible mejora.**

Es una situación puntual, pero convendría tomar medidas para reducir al máximo posible el tiempo de ciclo de las mismas. Si se logra reducir este tiempo logramos que los bandajes lleguen cuanto antes a las MAES y éstas tengan stock suficiente para trabajar y no tengan tiempos muertos.



**Figura 39.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

**TB255, BB247, TB257, MC258, BB259, TB260, CR261, TB262, TB263, TR301, MC302, BB264, TB303, TR269, TB303A → MAE 1 Y MAE 2.**

Estos tapices situados antes de las MAE 1 y MAE 2 permanecen saturados un alto porcentaje para todas las casuísticas en mayor o menor medida. Es normal que ocurra esta situación ya que las MAES tienen un tiempo de ciclo superior a los tapices.



**Figura 40.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

---



**MG471, TB473, MG474, TB476, TB477, TB478, TB479, CR→ MAE3**

Estos tapices situados antes de la MAE permanecen saturados un alto porcentaje para todas las casuísticas en mayor o menor medida. Es normal que ocurra esta situación ya que las MAES tienen un tiempo de ciclo superior a los tapices.



**Figura 41.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

**7.3. MAES – Almacenes Principales.**

**7.3.1. Descripción transística MAEs - Almacenes principales.**

Los bandajes una vez pintados pueden salir de cualquiera de las 3 máquinas: MAE 1, MAE 2, y MAE 3. Los destinos pueden ser: almacenes principales de las prensas de OPI 1, almacenes principales de las prensas de OPI 2, almacén auxiliar 1, almacén auxiliar 2, almacén auxiliar 3 y reparación.

Para llegar a estos puntos, cada una de las MAE's tiene tres niveles de tapices en la salida, que enviarán a:

- **Nivel superior:** Superdirecto a OPI 2, AX 3, OPI 1 (pasando por AX 3) y a OPI 2 (pasando por AX 3).
  - **Nivel medio:** AX 1, AX 2, OPI 1 (Pasando por AX 1 – AX 2) y a OPI 2 (Pasando por AX 1 – AX 2).
-



→ **Nivel inferior:** a reparación.

Actualmente está en pruebas un camino superdirecto a OPI 1, al que se accede desde el nivel superior.

En conclusión tenemos varios caminos para llegar al mismo destino, la única diferencia es el tiempo en recorrerlo. Esto es una ventaja ya que en caso de avería de alguno de ellos se puede enviar por el otro camino.

La transística del taller de OPI se puede dividir por zonas:

- A) Salida de las MAES.
- B) Rotonda de OPI 2.
- C) AXs
- D) Entrada a OPI 1.

En el plano del anexo podemos ver en detalle la transística del taller dividido por tramos para la toma de tiempos.

### **7.3.2. Datos de partida.**

#### **Tiempos de ciclo de los tapices.**

Se han recogido los datos de los tiempos de mesas determinantes mediante el programa informático de Naharro.

En el resto de tapices que componen la transística se han realizado tomas de tiempo. Para ello se ha dividido la transística por zonas homogéneas.

#### **Velocidades de los tapices.**

Todos los tapices tienen una velocidad de \*\* m/min.

---



### **Prioridades de paso y lotes en los tapices.**

Se han consultado estudios anteriores y con el automatista las diferentes prioridades de paso y los lotes de los tapices.

#### **7.3.3. Simulación Witness.**

Una vez recogido todos los datos necesarios, se realizan diferentes simulaciones.

Al igual que entre OPL-MAES en esta zona también se realizan simulaciones para diferentes casuísticas:

- A) Producción uniforme durante todo el periodo, sin aplicar turnos en OPL ni en las MAES.
- B) Producción máxima en las tres MAES.
- C) Producción máxima en las tres MAES y llenado de almacenes principales de OPI 2.
- D) Producción variable (real) en OPL y en las tres MAES, llenado de almacenes principales y vaciado de almacenes auxiliares.
- E) Comparación salida MAES con transística metro.

##### **7.3.3.1. Casuística A)**

Se realizan varias simulaciones con cada uno de los escenarios de producción propuestos. A cada uno de estos escenarios variamos los porcentajes de cubiertas que van a almacenes auxiliares y los que van directas a cocer, tanto a OPI 1 como OPI 2.

Las simulaciones realizadas son para una producción de Volumen 1, Volumen 2, Volumen 3, Volumen 4, Volumen 5, Volumen 6, Volumen 8, Volumen 10, Volumen 11 y Volumen 12.

---



Dentro de cada volumen de producción variaremos la salida de las 3 MAES y el porcentaje de salida del TI735. Actualmente el \*\*%, aproximadamente, va por el camino superior y el \*\*% por el camino inferior y el \*\*% del total van a intervención en crudo. La distribución actual del TI735 está en torno al \*\*% a OPI2 y \*\*% a AXs.

En la tabla siguiente se muestran todas las combinaciones:

Combinaciones simulación.				
Nº comb.	Salida de MAES (Tapices basculantes)		Cruce TI735	
	ARRIBA	ABAJO	S.D. OPI2	AX
1			**%	**%
2	**%	**%	**%	**%
3			**%	**%
4			**%	**%
5	**%	**%	**%	**%
6			**%	**%
7			**%	**%
8	**%	**%	**%	**%
9			**%	**%
10	100 %	-	**%	**%
11	-	100%	**%	**%

**Tabla 10.** Tabla con las diferentes combinaciones aplicadas en la simulación.

**7.3.3.1.1. Resultados.****A) Salida de MAES**

Las siguientes tablas muestran los porcentajes de bloqueo de salida de MAES para 5 combinaciones.

**Combinación 1:**

		<b>% de tiempo bloqueado con producción igual a:</b>										
		<b>Tapiz</b>	<b>V.1.</b>	<b>V.2.</b>	<b>V.3.</b>	<b>V.4.</b>	<b>V.5.</b>	<b>V.6.</b>	<b>V.8.</b>	<b>V.10.</b>	<b>V.11.</b>	<b>V.12.</b>
<b>MAE 3</b>	<b>BB484</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>Camino superior</b>	<b>CR531</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB532</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB534</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB485</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>Camino inferior</b>	<b>MC321</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB357</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB360</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB486</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 11.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*



**Combinación 5:**

		% de tiempo bloqueado con producción igual a:										
		Tapiz	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.8.	V.10.	V.11.	V.12.
<b>MAE 3</b>	<b>TB483</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>BB484</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>T263</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>Camino superior</b>	<b>CR531</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB532</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB534</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB485</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>Camino inferior</b>	<b>MC321</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB357</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB360</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB486</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

*Tabla 12. Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*

**Combinación 8:**

		% de tiempo bloqueado con producción igual a:										
		Tapiz	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.8.	V.10.	V.11.	V.12.
<b>MAE 3</b>	<b>BB484</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>Camino superior</b>	<b>CR531</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB532</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB534</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB485</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>Camino inferior</b>	<b>MC321</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB357</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB360</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	<b>TB486</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

*Tabla 13. Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*



**Combinación 10 y 11:**

		% de tiempo bloqueado con producción igual a:					
Tapiz		V.1. (10)	V.5. (10)	V.12. (10)	V.1. (11)	V.5. (11)	V.12. (11)
<b>MAE 1</b>	<b>TB310</b>						**
	<b>CR311</b>						**
	<b>MC</b>						**
	<b>MAE1secado</b>				**	**	**
	<b>T</b>				**	**	**
	<b>BB315</b>				**	**	**
<b>MAE 3</b>	<b>T263</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TBmae3</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>MAE3secado</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB482</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB483</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>BB484</b>	**	**	**	**	**	**
<b>Camino superior</b>	<b>CR531</b>	**	**	**			
	<b>TB532</b>	**	**	**			
	<b>MG533</b>	**	**	**			
	<b>TB534</b>	**	**	**			
	<b>TB485</b>	**	**	**			
<b>Camino inferior</b>	<b>TB312A</b>				**	**	**
	<b>MC321</b>				**	**	**
	<b>TB357</b>				**	**	**
	<b>TB359</b>				**	**	**
	<b>TB360</b>				**	**	**
	<b>TB486</b>				**	**	**

**Tabla 14.** Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.

Se observa que los tapices que están antes de las mesas MG533, MG552,



MC358 y MG361 tienen un alto porcentaje de saturación ya que son mesas muy lentas. Se debe destacar que si ocurre algún imprevisto aguas arriba estos porcentajes aumentarán considerablemente y se pararán las MAES (en las otras casuísticas se verá esta situación).

A continuación se muestra una imagen de la salida de las MAES con las mesas citadas anteriormente remarcadas.



**Figura 42.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

**Possible mejora.**

Sustituir dichas mesas por tapices intralox.

**B) Resto de taller**

Para el resto del taller se realizan simulaciones de la combinación 1, combinación 6 (la más perjudicial para rotonda de OPI2 y la combinación 7 (la más perjudicial para los AXs y OPI1).

**Combinación 1:**

Tapiz	% de tiempo bloqueado con producción igual a:									
	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.8.	V.10.	V.11.	V.12.
TB745 (T4)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB748 (T5)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB750 (T6)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CE543 (T6)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB715 (T12)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB725 (T13)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB732 (T15)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB333 (T14)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB404 (T16)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB551 (T18)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB545 (T20)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB549 (T21)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB252	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB014	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
PL440 (T10)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB453 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
MC452 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB451 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB450 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 15.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*

( ) Entre paréntesis aparece la zona a la que pertenece el tapiz.

**Combinación 6:**

Tapiz	% de tiempo bloqueado con producción igual a:									
	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.8.	V.10.	V.11.	V.12.
TB745 (T4)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB748 (T5)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB750 (T6)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB715 (T12)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB725 (T13)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB732 (T15)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB333 (T14)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB404 (T16)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB551 (T18)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB545 (T20)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB549 (T21)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB252	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB014	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
PL440 (T10)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB453 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
MC452 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB451 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB450 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 16.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*

( ) Entre paréntesis aparece la zona a la que pertenece el tapiz.

**Combinación 7:**

Tapiz	% de tiempo bloqueado con producción igual a:									
	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.8.	V.10.	V.11.	V.12.
TB745 (T4)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB748 (T5)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB750 (T6)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB715 (T12)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB725 (T13)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB732 (T15)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB333 (T14)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB404 (T16)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB408 (T17)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
MC409 (T17)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB551 (T18)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB545 (T20)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB549 (T21)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB252	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB014	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
PL440 (T10)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB453 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
MC452 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB451 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB450 (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 17.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*

( ) Entre paréntesis aparece la zona a la que pertenece el tapiz.

Como podemos observar, a cualquier volumen de producción y con las 3 combinaciones analizadas hay 3 puntos en los que los porcentajes de bloqueo son



altos.

**TB725, TB732, TB333 y TB404**

Estos tapices están situados entre AX1 y AX2 y antes de las mesas que entran a los mismos, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 43.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

Esta situación es obvia ya que los tapices tienen un ciclo inferior a las mesas giratorias y además hacen lotes de 3.

Esta situación no es perjudicial por lo que no haría falta tomar medidas importantes.

**Possible mejora.**

Una posible mejora es deshacer estos lotes y en vez de que pasen tanto tiempo las cubiertas esperando a completar el lote hacer que vayan entrando a los almacenes.

Otra posible mejora es sustituir las mesas giratorias por mesas cruzadas.

**TB551, TB545 y TB549**

Estos tapices son los que están ubicados antes de las mesas de entrada al AX3.

---



Es la misma situación que ocurre antes de la entrada al AX1 y AX2. No es preocupante esta situación.



**Figura 44.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

**Posible mejora.**

Una posible mejora es deshacer estos lotes y en vez de que pasen tanto tiempo las cubiertas esperando a completar el lote hacer que vayan entrando a los almacenes.

**TB453, MC452, TB451 y TB450**

El punto crítico es la entrada a la rotonda de OPI2. Esta situación es obvia ya que después de estos tapices está una mesa giratoria con un tiempo de ciclo superior y además los bandajes vienen de dos caminos, empeorando más esta situación.

Para este modo de funcionamiento no es muy perjudicial, pero en las otras casuísticas sí.



**Figura 45.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

---

**Posible mejora.**

Una posible mejora es sustituir la MG 443 y MGML por tapices intralox.

**7.3.3.2. Casuística B)**

En esta forma de funcionamiento se ha simulado que las tres MAES funcionen al \*\* % de su capacidad y vaya el \*\* % por el camino superior, el \*\* % por el camino inferior o el \*\* % arriba y \*\* % abajo.

A continuación vemos una tabla del tiempo que podrían funcionar a este ritmo las MAES sin bloquearse.

	Tiempo en bloquearse		
	100% arriba	100% abajo	60% arriba
<b>MAE 1</b>	** min	** min	-
<b>MAE 2</b>	** min	** min	** min
<b>MAE 3</b>	** min	** min	-

**Tabla 18.** *Tabla con los tiempos de MAES en bloquearse.*

En la simulación en Witness al poner porcentajes de paso se realiza de una forma equilibrada y en la realidad no ocurre así, ya que pueden pasar varios bandajes seguidos por el nivel superior y luego por el inferior. Para ello hemos hecho los casos extremos.

Se observa que el tiempo es muy pequeño y es un punto en el que se deberían tomar medidas.

La siguiente tabla muestra el porcentaje de saturación de los tapices en esta zona.



	Tapiz	% de tiempo bloqueado con producción igual a:		
		100% arriba	100% abajo	60% arriba
<b>MAE 1</b>	TB310	**	**	
	CR311	**	**	
	MC	**	**	
	MAE1secado	**	**	
	T	**	**	**
	BB315	**	**	**
<b>MAE 2</b>	TB350	**	**	**
	CR351	**	**	**
	MC352	**	**	**
	MAE2secado	**	**	**
	T263	**	**	**
	BBmae2	**	**	**
<b>MAE 3</b>	TBmae3	**	**	**
	MAE3secado	**	**	**
	TB482	**	**	**
	TB483	**	**	**
	BB484	**	**	**
<b>CAMINO SUPERIOR</b>	TB530	**		**
	CR531	**		**
	TB532	**		**
	MG533	**		**
	TB534	**		**
	TB485	**		**
	TI738	**		**
	TB450	**		**
	TB451	**		**



	MC452	**		**
	TB453	**		**
<b>CAMINO INFERIOR</b>	TB312A		**	
	MC321		**	
	TB357		**	
	MC358		**	
	TB359		**	
	TB360		**	
	TB486		**	
	TB362		**	

**Tabla 19.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*

Se puede observar que el camino más crítico es el nivel inferior. Esta situación es debida a las mesas giratorias y cruzadas que hay a las salidas de las MAES que son muy lentas.

A pesar de que el camino inferior sea más perjudicial es también el que tiene menor flujo.

### 7.3.3.3. Casuística C)

En este modo de funcionamiento se ha simulado un supuesto de que a la salida de las MAES un porcentaje elevado vaya directamente a las prensas de OPI2. Para ello simulamos que en el tapiz intralox TI735 se distribuya un \*\* % al superdirecto de OPI 2 y un \*\* % a los AXs.

Con estos porcentajes del TI735 y con otras 4 combinaciones más (\*\*%, \*\*%, \*\*% y \*\*% por el camino de superior a la salida de MAES), los resultados han sido:



	Tiempo en bloquearse			
	**% NIVEL SUPERIOR	**% NIVEL SUPERIOR	**% NIVEL SUPERIOR	**% NIVEL SUPERIOR
MAE 1	** min	** min	** min	** min
MAE 2	** min	** min	** min	** min
MAE 3	** min	** min	** min	** min

**Tabla 20.** *Tabla con los tiempos que tardan en bloquearse.*

La siguiente tabla muestra el porcentaje de saturación de los tapices en esta zona:

	Tapiz	% de tiempo bloqueado con producción igual a:			
		**% (2)	**% (2)	**% (2)	**% (2)
MAE 1	TB310	**	**	**	**
	CR311	**	**	**	**
	MC	**	**	**	**
	MAE1secado	**	**	**	**
	T	**	**	**	**
	BB315	**	**	**	**
MAE 2	TB350	**	**	**	**
	CR351	**	**	**	**
	MC352	**	**	**	**
	MAE2secado	**	**	**	**
	T263	**	**	**	**
	BBmae2	**	**	**	**
MAE 3	TBmae3	**	**	**	**
	MAE3secado	**	**	**	**
	TB482	**	**	**	**



	TB483	**	**	**	**
	BB484	**	**	**	**
CAMINO SUPERIOR	TB530	**	**	**	**
	CR531	**	**	**	**
	TB532	**	**	**	**
	MG533	**	**	**	**
	TB534	**	**	**	**
	TB485	**	**	**	**
	MG552	**	**	**	**
	TB535	**	**	**	**
	TI735	**	**	**	**
	TB737	**	**	**	**
	TI738	**	**	**	**
	TB447	**	**	**	**
	TB448	**	**	**	**
	TB449	**	**	**	**
	TB450	**	**	**	**
	TB451	**	**	**	**
MC452	**	**	**	**	
TB453	**	**	**	**	
CAMINO INFERIOR	TB312A		**	**	**
	MC321		**	**	**
	TB357		**	**	**
	TB359		**	**	**
	TB360		**	**	**
	TB486		**	**	**

**Tabla 21.** Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.



Esta situación es un poco extrema pero se da en ocasiones por lo que se debe analizar. En el peor de los casos en menos de \*\* minutos ya tendremos paradas en las MAES y en el mejor de los casos en \*\* minutos.

Po lo tanto es un punto en el que se deben tomar medidas.

#### 8.3.3.4. Casuística D)

En esta casuística hemos simulado un vaciado de los AXs con una producción normal desde OPL. Esta situación se puede dar en el caso de necesitemos llenar los almacenes principales de OPI 2.

En el TI735 se distribuye de la siguiente manera: \*\*% al superdirecto de OPI2 y \*\*% a los AXs. La salida de MAES el \*\*% va por camino de arriba.

La simulación se ha realizado para un turno de trabajo (480 minutos). Las estadísticas de la MAES son las que se muestran a continuación:

	MAE 1				MAE 2				MAE 3			
	% Di.	% Oc.	% Blq.	Nº op.	% Di.	% Oc.	% Blq.	Nº op.	% Di.	% Oc.	% Blq.	Nº op.
V.2.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
V.3.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
V.4.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
V.6.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
V.10.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
V.12.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 22.** *Tabla con las estadísticas de las MAES.*

En rojo se han remarcado los porcentajes de tiempo que las MAES han permanecido paradas por tener bandajes a la salida de las mismas que impiden su



correcto funcionamiento.

Los porcentajes de bloqueo de los tapices son los siguientes:

		<b>% de tiempo bloqueado con producción igual a:</b>					
<b>Tapiz</b>		<b>V.2.</b>	<b>V.3.</b>	<b>V.4.</b>	<b>V.6.</b>	<b>V.10.</b>	<b>V.12.</b>
<b>MAE 1</b>	<b>TB310</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>CR311</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>MC</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>MAE1secado</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>T</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>BB315</b>	**	**	**	**	**	**
<b>MAE 2</b>	<b>TB350</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>CR351</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>MC352</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>MAE2secado</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>T263</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>BBmae2</b>	**	**	**	**	**	**
<b>MAE 3</b>	<b>TBmae3</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>MAE3secado</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB482</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB483</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>BB484</b>	**	**	**	**	**	**
<b>CAMINO SUPERIOR</b>	<b>TB530</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>CR531</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB532</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>MG533</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB534</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB485</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>MG552</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB535</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TI735</b>	**	**	**	**	**	**



<b>T1</b>	<b>TB737</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TI738</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB447</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB448</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB449</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB450</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB451</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>MC452</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB453</b>	**	**	**	**	**	**
<b>AX3</b>	<b>TB545</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB549</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB517</b>	**	**	**	**	**	**
<b>AX3 - MC409</b>	<b>TB523</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>BB524</b>	**	**	**	**	**	**
<b>AX1 y AX2</b>	<b>MC405</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB406</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB407</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB408</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>MC409</b>	**	**	**	**	**	**
<b>T8</b>	<b>TB410A</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB410B</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>CR411</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB412</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>CR413</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB414</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB415</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB416</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB417</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>CR418</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB419</b>	**	**	**	**	**	**
<b>TB420</b>	**	**	**	**	**	**	



---

	<b>TB421</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>PL440</b>	**	**	**	**	**	**
<b>ROTONDA OPI2</b>	<b>TB442</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>MC422</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>ML423</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB444</b>	**	**	**	**	**	**
<b>OPI1</b>	<b>TB431</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB013</b>	**	**	**	**	**	**
	<b>TB014</b>	**	**	**	**	**	**

**Tabla 23.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*

Vemos en la tabla que los porcentajes de saturación son bastante elevados, especialmente en:

- Salida de MAES.
- A salida del AX1 y AX2 en la mesa MC409. En este nudo se unen los bandajes que vienen de los tres AXs, por lo tanto habrá paradas para que pasen de un lado o viceversa.
- La llegada a la rotonda de OPI 2, tanto por el camino superdirecto (zona T1) como por el otro camino alternativo (zona T8).

Esta situación no solo afecta al taller de OPI. En OPL esta situación hace que se tengan que parar máquinas por la saturación de los aéreos.

Con una simulación a 480 Minutos:

- Para un volumen 2 se pierden \*\*bandajes.
- Para un volumen 3 se pierden \*\*bandajes.
- Para un volumen 4 se pierden \*\*\*bandajes.
- Para un volumen 6 se pierden \*\*\*bandajes.



- Para un volumen 12 se pierden \*\*\*bandajes.

### 7.3.3.5. Casuística E)

En este apartado se han realizado unas simulaciones a modo de comparación entre la transística actual a la salida de MAES y otra sustituyendo las mesas giratorias y cruzadas por intralox. Se sustituyen las mesas CR531, MC358, MC321 y MG533. Son las situadas a la salida de MAE 1 y MAE 2. Las mesas de salida de MAE 3 no se cambian. Las prioridades ahora cambian dando prioridad a los bandajes que vienen de MAE 3 respecto a MAE 1 y MAE 2.

Partimos de una situación en la que el modo de funcionamiento es el normal en OPL (con sus picos y bajos), en las MAES con un turno de 15 minutos de descanso por cada dos horas y 4 volúmenes de producción. Se considera que aguas arriba todo funciona con normalidad y no influirá al funcionamiento en esta zona.

Los resultados han sido:

		% de tiempo bloqueado con producción igual a:							
Zona	Nombre	V.2.	V.2. con intralox	V.4.	V.4. con intralox	V.6.	V.6. con intralox	V.10.	V.10. con intralox
MAE 2	MAE2secado	**	**	**	**	**	**	**	**
	T263	**	**	**	**	**	**	**	**
	BBmae2	**		**		**		**	**
MAE 3	MAE3secado			**		**		**	
	TB482	**		**		**		**	
	TB483	**		**		**		**	
	BB484	**	**	**	**	**	**	**	**
CAMINO SUPERIOR	CR531	**	**	**	**	**	**	**	**
	TB532	**	**	**	**	**	**	**	**



	MG533		**		**		**		**
	TB534	**	**	**	**	**	**	**	**
	TB485	**	**	**	**	**	**	**	**
	TI735	**	**	**	**	**	**	**	**
CAMINO INFERIOR	TB312A	**		**		**		**	
	MC321	**	**	**	**	**	**	**	**
	MC358		**		**		**		**
	TB357	**	**	**	**	**	**	**	**
	TB359	**	**	**	**	**	**	**	**
	TB360	**	**	**	**	**	**	**	**
	TB486	**	**	**	**	**	**	**	**
	TB362	**	**	**	**	**	**	**	**
T1	TB737	**	**	**	**	**	**	**	**
	TI738	**	**	**	**	**	**	**	**
	TB450	**	**	**	**	**	**	**	**
	TB451	**	**	**	**	**	**	**	**
	MC452	**	**	**	**	**	**	**	**
	TB453	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 24.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*

A continuación una imagen de la zona a estudiar.



**Figura 46.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*



La zona remarcada en azul son los tapices en los que los porcentajes disminuyen y en rojo en los que aumentan (MG552 y MG361). Esta situación no quiere decir que la situación empeore de forma general sino que al mejorar las velocidades de los tapices anteriores los bandajes llegaran más rápido a las mesas MG552 y MG36. Esta situación hará que haya un stock intermedio para que en caso de que estas mesas estén libres tengan bandajes que evacuar y no permanezcan a la espera de que lleguen (lo que ocurría antes de la mejora).

#### **7.4. Circuito de enfriamiento.**

##### **7.4.1. Descripción transística circuito de enfriamiento.**

El circuito de enfriamiento se encuentra situado debajo del taller de cocción. Las cubiertas ya cocidas caen desde las prensas a dicho circuito para que se enfríen para su posterior verificación.

El circuito de enfriamiento se compone de 2 circuitos OPI 1 y OPI 2 que se unen en la entrada a verificación en lo que se denomina el túnel.

En el túnel hay dos líneas de tapices, uno por encima que dirige las cubiertas con rebabas al robot de rebabado y otro por abajo que dirige las cubiertas que no tienen rebabas a los puestos de aspecto.

En el esquema del anexo se puede ver la transística del circuito de enfriamiento.



#### **7.4.2. Situación inicial.**

##### **7.4.2.1. OPI 1.**

##### **Programación del basculante BG813 (de la línea Q).**

Cuando viene una segunda cubierta, caen las dos al tapiz de abajo. Si no hay una segunda cubierta en un tiempo determinado cae esa cubierta sola al tapiz de abajo, siempre que detecte que no hay cubiertas en dicho tapiz de abajo.

##### **Programación de los basculantes del resto de líneas a la bajada de prensas.**

Cada \*\* min bajan todos los basculantes (líneas A, B, C, D, E y F) ya que es el tiempo que tarda una cubierta por el camino más penalizante (desde la línea E hasta el TI).

##### **Serpentín.**

El serpentín es la parte de los tapices que hace zigzag, desde la CR siguiente al primer TI hasta TB 816.

**Malfuncionamiento:** Velocidad muy lenta en todo el tramo.

**Posible mejora:** Aumentar velocidad de ese tramo cambiando los piñones de los motores de los tapices. Inversión aprox. Cada tapiz -> \*\* € (mejora de \*\* min – 5 tapices).

##### **Bypass**

El funcionamiento de los 2 bypass es manual.

---



### **Tapiz TB 844**

Este tapiz está programado de forma que acumule hasta 7 cubiertas y cuando tiene detecta que viene otra avanza sino se queda parado.

**Malfuncionamiento:** En caso de no saturación, este tapiz se mantiene lleno mientras los tapices TB 846, 847 y 848 están casi vacíos.

**Posible mejora:** Programar este tapiz de forma que no acumule, simplemente que se mantenga en marcha mientras la fotocélula de entrada del tapiz siguiente esté destapada.

**Inconveniente:** Como el anterior tapiz TG tiene mucha inclinación, las cubiertas caen con mucha velocidad al TB y dañan la banda del tapiz. Por eso, en su día, se programó para que acumulara porque así cada cubierta cae sobre otra cubierta.

**Solución:** Bajar la inclinación del anterior tapiz TG y así al no tener tanta inclinación caen con menos velocidad y se puede programar de forma que no acumule.

### **Tapices TB 02 y TB 03 anteriores a la lectura de la cubierta.**

Estos tapices trabajan en continuo y el tapiz TB 03 se para cuando llega una cubierta al final y detecta que hay otra cubierta en TB 04.

Además los motores de estos tapices son más rápidos que los de los anteriores tapices y la consecuencia es la aparición de huecos entre las cubiertas.

**Posible mejora:** Programar estos tapices para que vayan acumulando cubiertas como si fueran sólo uno y luego evacuarlas siempre que el tapiz anterior este vacío para así acercar lo más posible las cubiertas al tapiz basculante y eliminar el mayor

---



número de huecos entre cubiertas.

### **Basculante anterior al TI antes del Túnel (BB05)**

Si en la lectura se lee la cubierta y ve que es para rebabar, el basculante BB05 transporta la cubierta al tapiz de arriba y si no tiene que rebabar al tapiz de abajo. Las cubiertas que no se leen van por defecto a no rebabar para que no se deterioren por calidad al ser rebabadas sin tener rebaba.

Más adelante en verificación esas cubiertas se rebabarán en el puesto de rebabado manual.

**Malfuncionamiento:** En caso de que muchas cubiertas seguidas vayan a no rebabar o varias seguidas a rebabar, el basculante se para porque los tapices del túnel no tienen capacidad.

**Posible mejora:** Si la espera del basculante es mayor de un determinado tiempo llevar la cubierta de rebabar a no rebabar, pero siempre que la cubierta se haya leído, porque hay cubiertas que no se deben rebabar.

Estas cubiertas que no se deben rebabar son las que llevan la consigna GEM (la primera de la dimensión que se ha cocido en prensa), que llevan tapadas el código de barras y se las debe hacer una verificación manual más específica.

**Posible mejora:** En el lector anterior al basculante, condicionar a que el tiempo de la cubierta sea mayor que el tiempo mínimo de enfriamiento.

Para establecer ese tiempo mínimo de enfriamiento se realizará por experiencia y ensayos:

Se empezará poniendo \*\* min y luego se irá corrigiendo.



\*NOTA: Desde el punto de vista ergonómico el tiempo mínimo de enfriamiento habría que ponerlo en función del peso de la cubierta y de las cubiertas que hay en ese momento en el circuito, diferenciando si es OPI 1 o OPI 2 y diferenciar también si es verano o invierno.

### **Motores de los tapices finales del circuito**

**Malfuncionamiento:** Los motores de los tapices BB 05, TB 04, TB 03 y TB 02 son más rápidos que los anteriores por lo que aumenta la existencia de huecos entre cubiertas a la llegada al tapiz intralox.

**Posible mejora:** Intercambiar los motores de los tapices BB 05, TB 04, TB 03 y TB 02 por los motores de los tapices TB 844, TB 842, TB 840 y alguno de más atrás alternando, ya que son más lentos y así las cubiertas se acumularán más cerca del basculante en vez de antes.

#### **7.4.2.2. OPI 2.**

### **Tapiz TB 224 y tapiz TB 126**

Estos tapices están programados para tener 2 modos de funcionamiento: 1º acumular (de forma que acumula cubiertas hasta que se llena el tapiz y cuando llega una cubierta, vacía otra) y el 2º paso a paso (funciona en continuo).

El paso de un modo de funcionamiento a otro se hace desde un conmutador que existe en la AMF de verificación.

**Malfuncionamiento:** En caso de no saturación, este tapiz se mantiene lleno mientras los tapices TB 228 y 124 de más adelante están casi vacíos.

**Posible mejora:** Establecer 2 modos de funcionamiento: el primero que se

---



utilice en marcha corriente y que haga que estos tapices acumulen. Para que las cubiertas se enfríen mejor ya que si las agolpamos al final del circuito en las últimas vueltas donde hay poca refrigeración, no se enfrían.

El segundo modo que se utilice para cuando haya pocas cubiertas en el circuito y se necesite que lleguen a verificación, es decir que las que estaban acumuladas no tengan que esperar a que venga otra. En este modo los tapices funcionarán de forma continua.

#### **7.4.2.3. Túnel de enfriamiento.**

##### **Entrada al Tapiz Intralox – TA 13 y TA 14**

Si sólo hay cubiertas en un lado del TI, pasan de ese lado y cuando hay cubiertas en ambos lados, la proporción de entrada a TI es de 2:1 (2 de OPI 2 y 1 de OPI 1). Si además, los tapices TB 21, TB 22, TB 23, TB 24 y TB 25 del circuito de OPI 2 están llenos; en vez de coger 2:1, solo coge cubiertas de OPI 2 hasta que la fotocélula de TB 21 marque que el tapiz está vacío.

Asimismo, la fotocélula del tapiz de entrada al túnel debe estar destapada para que pasen las cubiertas, sino el TI se queda parado hasta que haya sitio en el tapiz del túnel.

**Malfuncionamiento:** A veces ocurre que uno de los circuitos tiene demasiadas cubiertas en el circuito y no es posible detectarlo para que pasen más de ese circuito que del otro.

**Posible mejora:** En cada uno de los circuitos OPI 1 y OPI 2, obtener una relación entre los huecos que hay en el circuito y la cadencia de llenado de dicho circuito.



---

**Prioridad de OPI 1 a OPI 2 a la entrada de los tapices TA 13 y TA 14 (a la entrada del Túnel) cuando hay cubiertas en ambos circuitos esperando.**

Si sólo hay cubiertas en un lado de los tapices TA, pasan de ese lado y cuando hay cubiertas en ambos lados, dividir en dos casos distintos:

**a. En situación normal**

En cada uno de los circuitos OPI 1 y OPI 2, obtener una relación entre los huecos que hay en el circuito y la cadencia de llenado de dicho circuito.

***Circuito OPI 1***

$$\frac{*** - N1}{N^{\circ} \text{ cubiertas } \frac{\text{cocidas}}{\text{hora}} \text{ en OPI1}} = T1$$

*Capacidad máxima: \*\*\* (Dato fijo)*

*Nº de cubiertas que hay ese momento en el circuito OPI 1 (N1): se calcula cogiendo el nº de cubiertas que se han cocido entre la hora de salida (hora del lector Nivel 2) y hora de entrada (hora de desencajado Nivel 2) de la cubierta que se lea en ese momento a la salida de OPI 1. (Obtener ese dato cada cubierta si se puede y sino en intervalos de 15 minutos)*

*Nº cubiertas cocidas/hora: El valor de N1 extrapolarle a 1 hora.*

***Circuito OPI 2***

$$\frac{*** - N2}{N^{\circ} \text{ cubiertas } \frac{\text{cocidas}}{\text{hora}} \text{ en OPI 2}} = T2$$

*Capacidad máxima: \*\*\* (Dato fijo)*

*Nº de cubiertas que hay ese momento en el circuito OPI 2 (N2): se calcula*

---



cogiendo el nº de cubiertas que se han cocido entre la hora de salida (hora del lector Nivel 2) y hora de entrada (hora de desencajado Nivel 2) de la cubierta que se lea en ese momento a la salida de OPI 2. (Obtener ese dato cada cubierta si se puede y sino en intervalos de \*\* minutos)

Nº cubiertas cocidas/hora: El valor de N2 extrapolarle a 1 hora.

Calcular estos cocientes (tiempo de llenado del circuito) T1 y T2 cada cierto tiempo (\*\* min), compararles y hacer que pasen por el TA las cubiertas del circuito en que dicha relación es menor.

**b. En situaciones especiales (arranques, parada de prensas...)**

Son situaciones en que el tiempo de llenado del circuito T1 y T2 calculado se salga de los límites.

Esto sólo ocurre cuando N1 o N2 sea 0. Por lo que cuando se calcule N1 y N2 comparar con 0 y si es así mantener la relación 2:1 (coger 2 OPI 2 y luego 1 de OPI 1)

**Tapices del Túnel**

Cada uno de los dos caminos del túnel (arriba y abajo) se divide a su vez en dos tapices. El primer tapiz va acumulando las cubiertas y el segundo avanza si los tapices de más adelante están vacíos.

**Malfuncionamiento:** En casos de no saturación, el tapiz que acumula siempre está lleno y el de más adelante medio vacío.

**Posible mejora:** Establecer 2 modos de funcionamiento: el primero que se utilice en marcha corriente y que haga que los 2 tapices acumulen, para enfriar más la cubierta ya que en el túnel hay un buen sistema de refrigeración.

El segundo modo que se utilice para cuando haya pocas cubiertas en el circuito

---



y se necesite que lleguen a verificación, es decir que las que estaban acumuladas no tengan que esperar a que venga otra. En este modo los tapices funcionarán de forma continua.

#### **7.4.2.4. Llegada a Verificación.**

**Malfuncionamiento:** En la llegada a los puestos de aspecto, aun estando lleno el tapiz de llegada del túnel, da prioridad al tapiz de llegada del robot de rebabar.

**Posible mejora:** En la llegada a los puestos de aspecto, dar paso al tapiz que la fotocélula de entrada al túnel detecte que está lleno.

#### **7.4.3. Toma de tiempos.**

Ambos circuitos, OPI 1 y OPI 2 se han descompuesto en una serie de tramos donde se han calculado los tiempos. Estos tramos se han tomado uniendo los tapices que tienen velocidades similares.

Además, casi en todo el circuito después de un TG hay un TB que es el que marca la velocidad, y por lo tanto los puntos TX donde se han tomado las medidas coinciden siempre delante del TG.

Esto quiere decir que cuando hay un TG y un TB seguidos, si el TB se llena, el TG toma la velocidad del TB y por ello se han tomado los tiempos como si fuera un tapiz único con una velocidad media de ambos.

Además de obtener los tiempos de T1 a T36, se han medido los tapices con la finalidad de obtener la longitud de cada tramo y con ello obtener las velocidades de dichos tramos.

Estas velocidades se han utilizado para realizar la simulación en Witness y tener

---



una base sólida para la toma de soluciones finales.

#### **7.4.4. Simulación Witness.**

En este punto se detallan los resultados obtenidos con la herramienta informática Witness.

En primer lugar, se ha simulado con una producción de volumen 1 y se ha comparado la situación actual y la situación con las mejoras finales 1, 2 y 3 (descritas en el siguiente apartado). En este caso, se observa que el tiempo que tarda una cubierta en pasar cada circuito disminuye con las mejoras.

Después, se ha simulado la situación actual con diferentes producciones para ver cómo responden los circuitos OPI 1 y OPI 2; y al final se ha considerado la situación de saturación de los circuitos.

La mejora número 5 de la relación de entrada al túnel de enfriamiento a priori no influye.

##### **7.4.4.1. Tiempo de una cubierta en pasar cada circuito.**

###### **Situación actual**

En situación de arranque el tiempo mínimo en recorrer el circuito es de:

###### **OPI 1**

- ✓ Si viene de la **línea E** (situación más desfavorable) al llegar al BB05 tarda en torno a los **\*\* minutos** y al final del túnel de enfriamiento en torno a los **\*\* minutos**.



- ✓ Si viene de la **línea Q** al llegar al BB05 tarda en torno a los \*\* minutos y al final del túnel de enfriamiento en torno a los \*\* minutos. Esto teniendo en cuenta que pasa un tiempo de espera en el TB 844, ya que acumula y son las primeras cubiertas que salen de las prensas. Luego en **situación de estabilidad tarda \*\* min y \*\* min respectivamente.**

## OPI 2

- ✓ Si viene de la **línea G** (situación más desfavorable) al llegar al BB10 tarda en torno a los \*\* **minutos** y al final del túnel de enfriamiento en torno a los \*\* **minutos.**
- ✓ Si viene de la **línea N** al llegar al BB10 tarda en torno a los \*\* minutos y al final del túnel de enfriamiento en torno a los \*\* minutos, suponiendo que se produce un tiempo de espera en el tapiz TC01 hasta que vienen más. Después en **situación de estabilidad tarda \*\* min y \*\* min respectivamente.**
- ✓ Si viene de la **línea H** (situación más favorable) al llegar al BB10 tarda en torno a los \*\* minutos y al final del túnel de enfriamiento en torno a los \*\* minutos. Esto teniendo en cuenta que pasa un tiempo de espera en el TB 224, ya que acumula y son las primeras cubiertas que salen de las prensas. Luego en **situación de estabilidad tarda \*\* min y \*\* min respectivamente.**



### Con las mejoras instaladas

#### OPI 1

- ✓ Si viene de la **línea E** (situación más desfavorable) al llegar al BB05 tarda en torno a los **\*\* minutos** y al final del túnel de enfriamiento en torno a los **\*\* minutos**.
- ✓ Si viene de la **línea Q** al llegar al BB05 tarda en torno a los **\*\* minutos** y al final del túnel de enfriamiento en torno a los **\*\* minutos**. Esto teniendo en cuenta que pasa un tiempo de espera en el TB 844, ya que acumula y son las primeras cubiertas que salen de las prensas. Luego en **situación de estabilidad tarda \*\* min y \*\* min respectivamente**.

#### OPI 2

Los tiempos son los mismos que antes, ya que en OPI 2 no influyen las propuestas de mejora.

A continuación se muestra una tabla resumen de los tiempos:

		OPI 1		OPI 2		
		Línea E	Línea Q	Línea G	Línea N	Línea H
Situación actual	Al BB antes del túnel	** min				
	Al final del túnel	** min				
Con las mejoras	Al BB antes del túnel	** min				
	Al final del túnel	** min				

**Tabla 25.** *Tabla comparativa con los tiempos antes y después de las mejoras.*



### **Conclusiones.**

Podemos observar que con las mejoras instaladas, hemos reducido el tiempo que tardan en llegar las cubiertas a la entrada del túnel. Si vienen de la línea E se ahorra un tiempo de algo más de \* minutos. Si vienen de la línea Q se ahorra un tiempo de 6 minutos.

Luego en una situación normal en la que la cadencia de aspecto sea igual que la de los tapices del túnel, el tiempo de permanencia dentro del mismo será mayor, en torno a \* minutos, \* minutos más que antes de las mejoras. Con esto conseguimos que en caso de necesitar consumir de aspecto tengamos más stock en el túnel y que también permanezcan más tiempo en esa zona con lo que se enfriarán más.

#### **7.4.4.2. Simulación de 5 días (7200 min) a diferentes volúmenes de producción.**

La simulación se realiza partiendo de una situación de arranque en las que en el circuito no hay ninguna cubierta y considerando que desde aspecto se consume siempre, es decir, que los tapices no se bloquean por esta situación.

##### **A. Escenarios de producción propuestos**

Se realizarán varias simulaciones con cada uno de los escenarios de producción propuestos.

##### **✓ Con una producción de volumen 1.**

Para esta situación se consideran que trabajan todas las líneas de prensas excepto la A, la R y la prensa 1 de la línea B. En total \*\*\* prensas.

##### **✓ Con una producción de volumen 2.**

Para esta situación se consideran que trabajan todas las líneas de prensas

---



excepto la A, la R y la prensa 1 de la línea B. En total \*\*\* prensas.

✓ **Con una producción de volumen 3.**

Para esta situación se consideran que trabajan todas las líneas de prensas excepto la R. En total \*\*\* prensas.

✓ **Con una producción de volumen 4.**

Para esta situación se consideran que trabajan todas las líneas de prensas excepto la R. En total \*\*\* prensas.

✓ **Con una producción de volumen 5.**

Para esta situación se consideran que trabajan todas las líneas (\*\*\*) prensas en total).

✓ **Con una producción de volumen 6.**

Para esta situación se consideran que trabajan todas las líneas (\*\*\*) prensas en total).

✓ **Con una producción de volumen 7.**

Para esta situación se consideran que trabajan todas las líneas (\*\*\*) prensas en total), sin ninguna parada y con un TRSp de \*\* %.

✓ **Con una producción media de volumen 9.**

Para esta situación se consideran que trabajan todas las líneas (226 prensas en total), sin ninguna parada y con un TRSp de \*\* %.

A continuación se muestra una tabla resumen:



	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.7. (*)	V.9. (**)
<b>Prensas en funcionamiento</b>	Sin la A, R y B1		Sin la R		Todas las prensas		Todas las prensas	
	**		**		**		**	
<b>Prensas paradas</b>	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 26.** *Tabla resumen de las prensas en funcionamiento.*

(\*) Con TRSp de \*\* %.

(\*\*) Con TRSp de \*\* %.

### **B. Resultados.**

La siguiente tabla muestra el tanto por ciento que permanecen los tapices bloqueados en los diferentes escenarios de producción. El resto de tapices que no aparecen reflejados en la tabla tienen un 0% de saturación.

Tapiz	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.7.	V.9.
<b>TB003 (T1)</b>	-	**	-	-	-	-	-	**
<b>TB751 (T2)</b>	**	**	-	-	-	-	-	**
<b>TB01 (T5)</b>	**	**	-	-	-	-	-	**
<b>TB006 (T6)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB06 (T16)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB07 (T17)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TA13 (T18)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TA14 (T20)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB11 (T36)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB12 (T36)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**



---

<b>BB10 (T36)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB08 (T36)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB26 (T35)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB09 (T36)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB202 (T28)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>cTB (T27)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB5 (T23)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB06 (T24)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>cTB09 (T24)</b>	-	-	-	**	-	**	**	**
<b>TB107 (T25)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB112 (T26)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB2 (T1)</b>	-	-	-	-	-	-	-	**
<b>TB1 (T1)</b>	-	-	-	-	-	-	-	**
<b>TB005 (T1)</b>	-	-	-	-	-	-	-	**
<b>BBLE (T1)</b>	-	-	-	-	-	-	-	**
<b>TI0 (T3)</b>	-	-	-	-	-	-	-	**
<b>TB0 (T4)</b>	-	-	-	-	-	-	-	**
<b>TB001 (T5)</b>	-	-	-	-	-	-	-	**
<b>TB002 (T6)</b>	-	-	-	-	-	-	-	**
<b>TB00 (T5)</b>	-	-	-	-	-	-	-	**

---

**Tabla 27.** Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.

(\*) Entre paréntesis aparece el tramo al que pertenece el tapiz.

A continuación se muestran los gráficos correspondientes a dichos tapices con las producciones de Volumen 1 y Volumen 9.



**OPI 1: Volumen 1**

CONFIDENCIAL

**Gráfico 5.** *Gráfica comparativa de los tapices que más saturación tienen de OPI 1 a volumen 1 de producción.*

**OPI 1: Volumen 9**

CONFIDENCIAL

**Gráfico 6.** *Gráfica comparativa de los tapices que más saturación tienen de OPI 1 a volumen 9 de producción.*



CONFIDENCIAL

**Gráfico 7.** *Gráfica comparativa de los tapices que más saturación tienen de OPI 1 a volumen 9 de producción.*

**OPI 2: Volumen 1**

CONFIDENCIAL

**Gráfico 8.** *Gráfica comparativa de los tapices que más saturación tienen de OPI 2 a volumen 1 de producción.*

**OPI 2: Volumen 9**

CONFIDENCIAL

**Gráfico 9.** *Gráfica comparativa de los tapices que más saturación tienen de OPI 2 a*

---



*volumen 9 de producción.*

**TUNEL DE ENFRIAMIENTO: Volumen 1.**

CONFIDENCIAL

**Gráfico 10.** *Gráfica comparativa de los tapices que más saturación tienen del túnel de enfriamiento a volumen 1 de producción.*

**TUNEL DE ENFRIAMIENTO: Volumen 9.**

CONFIDENCIAL

**Gráfico 11.** *Gráfica comparativa de los tapices que más saturación tienen del túnel de enfriamiento a volumen 9 de producción.*

Con los datos obtenidos se han remarcado dos tapices (TB006 en OPI 1 en tramo T6 y TB5 en OPI 2 en tramo T23) que tienen un porcentaje superior al 5% de saturación y son los que se analizarán detalladamente.

---



### **Tapiz TB006 en OPI 1:**

Se puede observar que con un volumen 9 de producción el circuito de enfriamiento se producirán grandes atascos entre los tramos T0 y T6 que son los situados entre las caídas de las prensas A, B, C, D, E y F hasta la caída de la línea Q. El inicio del atasco se producirá en dicho tapiz (TB006), anterior a la caída de la línea Q como se indica en la siguiente figura.



**Figura 47.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

### **Posibles mejoras:**

1. Aumentar las velocidades de dicho tapiz y los anteriores a él. Esta mejora requeriría una parte importante de tiempo y dinero.
2. Utilizar el by-pass existente de la línea Q. Con esto conseguimos que se descongestione el circuito y se distribuya la acumulación de cubiertas. El inconveniente es que el tiempo de paso de las cubiertas por el circuito no cumpla los estándares de calidad. También habría que analizar si se producen nuevas situaciones de saturación aguas arribas.
3. Otra opción de mejora más factible, es deshacer los lotes que vienen de la línea Q, con esto reducimos el tiempo de saturación del tapiz



TB006. Es decir, el basculante de paso de la línea Q al circuito se abre cuando hay 2 cubiertas y hace que el circuito se pare desde TB06 hacia atrás para dar tiempo a esas dos cubiertas a caer al tapiz TG06. Si se programa ese basculante que se abra cada cubierta que llegue, el circuito se parará más veces pero menos tiempo cada vez y esto hace que se reduzca el tiempo de saturación del tapiz TB006.

Realizando la simulación con esta última mejora hemos comprobado que reducimos considerablemente el porcentaje de bloqueo (pasa de 40.88% a 11.90%).

Estas mejoras solo deberían aplicarse si se prevé una producción superior a volumen 7. Pero si la producción es menor, no son necesarias ya que el circuito es capaz de absorber el flujo de cubiertas.

### **Tapiz TB05 en OPI 2:**

El siguiente tapiz que más porcentaje de tiempo está bloqueado es el TB05 que pertenece a OPI 2. La causa es que dicho tapiz se para cuando el basculante de la línea M se pone en movimiento. Es un porcentaje pequeño y no produce ninguna saturación importante por lo tanto no se tomarán medidas al respecto.

A continuación se muestra el tapiz mencionado y el estado general del circuito para una producción de volumen 9.



CONFIDENCIAL

**Figura 48.** Imagen en detalle de Witness de los tapices.

---



A parte de esta pequeña consideración, en general en OPI 2 no se producirá ningún problema de atascos, es capaz de absorber todo el flujo de cubiertas proveniente de las prensas.

#### 7.4.4.3. Situación de saturación de los circuitos.

Un dato importante a tener en cuenta es el tiempo que tardaría en saturarse por completo cada circuito en caso de que se produzca una avería en el túnel, en aspecto, etc.

Para una simulación de producción de volumen 1 los resultados han sido:

#### OPI 1

		Línea						
		Q	F	D	B	A	C	E
Minutos	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 29.** Tabla con los tiempos que tardaría en saturarse cada una de las líneas de prensas cuando se produce una avería al final de túnel de enfriamiento.

#### OPI 2

		Línea							
		H	K	M	L	P	J	N	G
Minutos	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 30.** Tabla con los tiempos que tardaría en saturarse cada una de las líneas de prensas cuando se produce una avería al final de túnel de enfriamiento.

---



Como se puede observar tendríamos de unos 90 minutos de media en OPI 2 y de 120 minutos en OPI 1 para tomar medidas. Estos tiempos corresponden aproximadamente a dos ciclos completos de cocción.

## **7.5. Taller de Verificación.**

### **7.5.1. Descripción transística Verificación.**

La entrada al taller se realiza por dos niveles. El nivel superior va a los robots de rebabado y de ahí, a aspecto, y el inferior pasará directamente al puesto de aspecto. Actualmente va en torno al 60% del total por el nivel superior y el 40% por el inferior.

Tras su paso por los puestos de aspecto, las cubiertas verificadas, serán evacuadas por la línea superior en el caso de los puestos pares y por la línea inferior para los puestos impares. Estas dos líneas van directas a los lectores del apilador, incorporándose entre medias a la línea superior las cubiertas procedentes de Intervención después de cocción.

Estas dos líneas llegan a la entrada del apilador en dos alturas. En cada una de ellas hay una entrada de CID y una de Collmann (los dos nudos funcionan igual):

Según el destino que tengan las cubiertas, en el siguiente nudo serán evacuadas por una de las siguientes ramas:

- Apilador y no leídas.
- Collmann, Shearografía, US, ecógrafo, GEM, intervención, Reutilización, y las dimensiones que no caben en el apilador.
- CID.

Tras el paso de las cubiertas por estos puestos, a excepción de las clasificadas H

---



o K que se quedan en Reutilización, el resto de cubiertas vuelven a pasar por los lectores del apilador para orientarlas a su próximo destino. En cada una de las ramas de la que está formado el taller, hay tapices basculantes que permiten la entrada y salida de las cubiertas del circuito en caso de ser necesario.

### **7.5.2. Datos de partida.**

#### **Tiempos de ciclo de los tapices.**

Se han recogido de estudios anteriores los tiempos de ciclo y porcentajes necesarios de cada una de las mesas. En el resto de tapices que componen la transística se han realizado tomas de tiempo. Para ello se ha dividido la transística por zonas homogéneas.

#### **Tiempos de ciclo de las máquinas.**

Los tiempos de ciclo de las diferentes máquinas que componen y debemos conocer para la simulación son:

Máquina	Tiempo de ciclo (minutos)
Puestos de aspecto	***
Apilador	***
Collman	***
CID (Uniformidad)	***
Intervención	***
Shearografía	***
GEM	***
Ultrasonidos	***
Reutilización	***
Ecógrafo	***

**Tabla 30.** *Tabla con los tiempos de ciclo de cada una de las máquinas del taller de Verificación.*

**Velocidades de los tapices.**

Los tapices de entrada al taller hasta las mesas MG 8 y MG 3 funcionan a \*\* m/min. El resto de tapices tienen una velocidad de \*\* m/min.

**Prioridades de paso y lotes en los tapices.**

Se ha consultado el autómatas para ver los porcentajes que van cada una de las máquinas. Esta lectura se hace en el nudo del apilador.

De la lectura real de los porcentajes, le hemos incrementado hasta un \*\*% el paso por Collman para considerar el paso de cubiertas metro.

Los porcentajes que van a cada una de las máquinas son los siguientes:

<b>APILADOR</b>	** %
<b>COLLMANN</b>	** %
<b>CID</b>	** %
<b>INTERVENCIÓN</b>	** %
<b>SHEAROGRAFÍA</b>	** %
<b>ULTRASONIDOS</b>	** %
<b>GEM</b>	** %
<b>REUTILIZACIÓN</b>	** %
<b>ECÓGRAFO</b>	** %

**Tabla 31.** *Tabla con los porcentajes que procesa cada máquina en Verificación.*

Los lotes de los tapices y demás datos necesarios se han recogido de estudios anteriores.



### 7.5.3. Simulación Witness.

Una vez recogido todos los datos necesarios, se parametriza y se realizan diferentes simulaciones.

#### 7.5.3.1. Tiempos de saturación.

Un dato importante a tener en cuenta es el tiempo que tardaría en saturarse por completo el circuito en caso de que se produzca una avería en cada una de las máquinas que componen el taller de verificación. Se realizan dos simulaciones paralelas para volumen 1 y volumen 9.

A continuación se muestran varias tablas indicando los tiempos que tardarían en saturarse cada una de las máquinas cuando se paran las otras.

#### Parando el apilador.

Para volumen 1.		Para volumen 9.	
Máquina	Tiempo	Máquina	Tiempo
P1, P3 y P5	** minutos.	P1, P3 y P5	** minutos.
P2, P4 y P6	** minutos.	P2, P4 y P6	** minutos.
Robots de rebabado	** minutos.	Robots de rebabado	** minutos.
Salida del túnel	** minutos.	Salida del túnel	** minutos.

**Tabla 32.** *Tabla con el tiempo que tardaría en saturarse cada una de las máquinas de verificación parando el apilador.*

**Parando Collman.**

Para volumen 1.		Para volumen 9.	
Máquina	Tiempo	Máquina	Tiempo
Nudo del Apilador, parte superior	** minutos.	Nudo del Apilador, parte superior	** minutos.
Nudo del Apilador, parte inferior	** minutos.	Nudo del Apilador, parte inferior	** minutos.
P2, P4 y P6	** minutos.	P2, P4 y P6	** minutos.
P1, P3 y P5	** minutos.	P1, P3 y P5	** minutos.
Robots de rebabado	** minutos.	Robots de rebabado	** minutos.
Salida túnel, camino superior	** minutos.	Salida túnel, camino superior	** minutos.
Salida túnel, camino inferior	** minutos.	Salida túnel, camino inferior	** minutos.

**Tabla 33.** Tabla con el tiempo que tardaría en saturarse cada una de las máquinas de verificación parando Collman.

**Parando CID.**

Para volumen 1.		Para volumen 9.	
Máquina	Tiempo	Máquina	Tiempo
Nudo del Apilador	** minutos.	Apilador, parte superior	** minutos.
P2, P4 y P6	** minutos.	P2, P4 y P6	** minutos.
P1, P3 y P5	** minutos.	P1, P3 y P5	** minutos.
Robots de rebabado	** minutos.	Robots de rebabado	** minutos.
Salida túnel	** minutos.	Salida túnel	** minutos.

**Tabla 34.** Tabla con el tiempo que tardaría en saturarse cada una de las máquinas de verificación parando CID.

**Parando los 6 puestos de aspecto.**

Para volumen 1.		Para volumen 9.	
Máquina	Tiempo	Máquina	Tiempo
Robots de rebabado	** minutos.	Robots de rebabado	** minutos.
Salida túnel, camino superior	** minutos.	Salida túnel, camino superior	** minutos.
Salida túnel, camino inferior	** minutos.	Salida túnel, camino inferior	** minutos.

**Tabla 35.** Tabla con el tiempo que tardaría en saturarse cada una de las máquinas de verificación parando los 6 puestos de aspecto.

**Parando 4 puestos de aspecto.**

Para volumen 1.		Para volumen 9.	
Máquina	Tiempo	Máquina	Tiempo
Robots de rebarbado	** minutos.	Robots de rebarbado	** minutos.
Salida túnel, camino superior	** minutos.	Salida túnel, camino superior	** minutos.
Salida túnel, camino inferior	(*)	Salida túnel, camino inferior	(*)

**Tabla 36.** Tabla con el tiempo que tardaría en saturarse cada una de las máquinas de verificación parando los 4 puestos de aspecto.

**Parando 3 puestos de aspecto.**

Para volumen 1.		Para volumen 9.	
Máquina	Tiempo	Máquina	Tiempo
Robots de rebarbado	** minutos.	Robots de rebarbado	** minutos.
Salida túnel, camino superior	** minutos.	Salida túnel, camino superior	** minutos.
Salida túnel, camino inferior	-	Salida túnel, camino inferior	(*)

**Tabla 37.** Tabla con el tiempo que tardaría en saturarse cada una de las máquinas de



*verificación parando los 3 puestos de aspecto.*

(\*) La salida del túnel por el camino inferior no se llega a saturar nunca debido a que los basculantes están bloqueados por cubiertas que deben ir a rebabar impidiendo el paso de las que no van a rebabar.

***Para un volumen 1 de producción***, si se paran 3 puestos de aspecto durante un periodo corto de tiempo se podría trabajar pero en el momento que un puesto se retrase en la tarea se empezará a producir situaciones de saturación.

Parando solo dos puestos de aspectos no habría ningún problema de saturación.

Otro resultado que podemos obtener es el tiempo que tardaría en recuperar la situación normal una saturación total desde los puestos de aspecto hasta la salida de la línea H de prensas.

Para recuperar dicha situación se considera que se ponen en funcionamiento los 6 puestos de aspecto.

También cabe considerar que la cadencia de los 6 puestos es mayor a la del apilador y se producirán paradas intermitentes.

El tiempo estaría en torno a los \*\*\* **minutos**.

***Para un volumen 9 de producción*** con 4 puestos de aspecto funcionando no es capaz de absorber todo el flujo de cubiertas. Se debería trabajar con 6 puestos a pesar de que se producirían bloqueos intermitentes debido a que la cadencia es mayor que la del apilador.

El tiempo que tardaría en recuperar la situación normal una saturación total desde los puestos de aspecto hasta la salida de la línea H de prensas estaría en torno a

---



los \*\*\* minutos. OPI 1 nunca llega a descongestionarse, ya que de por sí a ritmo normal con ese volumen de producción surgen problemas de saturación. También Collman se hace punto crítico y se producen situaciones de saturación.

#### **7.5.3.2. Simulación de 5 días (7200 minutos).**

Se realizarán varias simulaciones con cada uno de los escenarios de producción propuestos.

Para hacer más real y restrictiva la simulación ponemos turnos de descanso. Establecemos un descanso de 30 minutos seguidos por cada turno de trabajo. Este turno lo establecemos hasta un volumen 5 de producción. A partir de ese volumen de producción eliminamos turnos de descansos. Por lo tanto las simulaciones realizadas son:

- ✓ Con un volumen 1 de producción, 4 puestos de aspecto funcionando y con turno activado.
  - ✓ Con un volumen 2 de producción, 4 puestos de aspecto funcionando y con turno activado.
  - ✓ Con un volumen 3 de producción, 4 puestos de aspecto funcionando y con turno activado.
  - ✓ Con un volumen 4 de producción, 4 puestos de aspecto funcionando y con turno activado.
  - ✓ Con un volumen 5 de producción, 4 puestos de aspecto funcionando y con turno activado.
  - ✓ Con un volumen 6 de producción y 4 puestos de aspecto funcionando.
  - ✓ Con un volumen 7 de producción (máximo de cocciones con 0 prensas paradas y con TRS \*\* %) y con 4 puestos de aspecto funcionando.
  - ✓ Con un volumen 9 de producción (máximo de cocciones con 0 prensas paradas y con TRS \*\* %) y con 6 puestos de aspecto funcionando.
-



Todas las simulaciones que se han aplicado turnos también se han realizado sin ellos para comparar la situación.

**Resultados.**

Las siguientes tablas muestran el tanto por ciento que permanecen los tapices bloqueados en los diferentes escenarios de producción. El resto de tapices que no aparecen reflejados en la tabla tienen menos de un 2% de saturación y se desprecian.

**Salida túnel de enfriamiento-puestos de aspecto.**

Tapiz	% de tiempo bloqueado con producción igual a:												
	Con turno activado					Con turno desactivado							
	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.7.	V.9.
<b>TB4</b> (T1)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TI5</b> (T2)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB6</b> (T2)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB07</b> (T2)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB07B</b> (T2)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB</b> (T7)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>CR111</b> (T7)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB112</b> (T7)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>CR10</b> (T11)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB60</b> (T11)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>CR61</b> (T12)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB62</b> (T12)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>CR63</b> (T13)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>BR68t</b> (T14')	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TG69</b> (T15')	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**



---

<b>BR66</b> (T16)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB71</b> (T15)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB73</b> (T14)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>BR68</b> (T16')	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>BR68b</b> (T15')	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB74</b> (T14')	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB72</b> (T15')	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TG70b</b> (T15')	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TG70</b> (T16')	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TR67</b> (T16')	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TG70t</b> (T14')	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 38.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*

( ) Entre paréntesis aparece la zona a la que pertenece el tapiz.

Los tapices remarcados en rojo son los que tienen porcentajes de bloqueo más elevados:

**TB4, T15, TB6, TB07, TB07B** son los situados en el tramos T1 y T2. Tienen un porcentaje elevado debido a que en el TB07B la cubierta espera a ser procesada por el robot de rebabado. Este porcentaje se va reduciendo considerablemente a medida que nos vamos alejando por lo que no es una situación preocupante.



**Figura 49.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*



**TB112, CR111, vTB** es el tapiz de salida de los robots de rebabado y situado antes del tapiz Intralox TA53. Estos porcentajes altos son debidos a que en el intralox se unen dos caminos haciendo que bloquee el paso cuando vienen de las máquinas de rebabado manual. También cabe destacar que de CR111 a TB112 no pasa ninguna cubierta hasta que se evacue el lote anterior.

Si observamos estos tapices para las simulaciones realizadas sin aplicarles turnos vemos que no llegan a influir en el funcionamiento normal de los robots de rebabado.



**Figura 50.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

Los tapices remarcados en azul son los situados entre los tramos T13 y T16. Tienen porcentajes de bloqueo bastante elevados tanto para turnos activados como desactivados. Esta situación no es perjudicial, al contrario es bueno, ya que así tenemos stock suficiente para que trabajen los puestos de aspecto. Cabe destacar que en esta zona para un volumen 9 el porcentaje desciende bruscamente. Es debido a que la simulación se ha realizado con 6 puestos trabajando y esto hace que en momentos determinados estén parados, a la espera de que lleguen cubiertas.



CONFIDENCIAL

Figura 51. Imagen en detalle de Witness de los tapices.

Salida puestos de aspecto - cruce del apilador.

Tapiz	% de tiempo bloqueado con producción igual a:												
	Con turno activado					Con turno desactivado							
	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.7.	V.9.
vP4 (T18)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
vP6 (T18)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB85 (T18)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CR86 (T19)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB87 (T19)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB88 (T19)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB89 (T19)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CR90 (T20)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB92 (T20)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CR93 (T21)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB94 (T21)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
MG95 (T22)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TG96 (T22)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CR97 (T22)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
vTB20 (T22)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TB307 (T22)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
BB104 (T26)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**



---

<b>vTB75</b> (T23)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>vTB77</b> (T23)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>CR80</b> (T24)				**	**						**	**	**
<b>TB81</b> (T24)				**	**						**	**	**
<b>MG82</b> (T24)				**	**						**	**	**
<b>TG83</b> (T24)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>CR84</b> (T25)		**	**	**	**						**	**	**
<b>TB102</b> (T25)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB103</b> (T25)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB104</b> (T25)		**	**	**	**					**	**	**	**
<b>TB105</b> (T25)		**	**	**	**					**	**	**	**
<b>TB106</b> (T25)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 39.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*

( ) Entre paréntesis aparece la zona a la que pertenece el tapiz.

Los tapices remarcados en azul no tienen porcentajes elevados, solo en el caso de un volumen 9 de producción. Estos se debe a que, para este volumen, con 4 puestos de aspecto no es suficiente para procesar todo el flujo por lo que trabajamos con los 6. El inconveniente es que la cadencia de los 6 puestos es mayor de la que puede absorber el nudo del apilador por lo que se producirán bloqueos intermitentes en las salidas y tapices posteriores.

Los tapices remarcados en rojo tienen porcentajes altos de bloqueo. Estos tapices son los que se muestran en la siguiente imagen.



CONFIDENCIAL

**Figura 51.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

En esta zona tenemos la unión de las cubiertas que vienen de intervención con las que vienen de los puestos de aspecto. La unión se hace en el BB104 y los tapices TB20 y TB307 deberán esperar a que se desaloje el lote. El TB 124 es un tapiz largo que hace lotes de 2 y hasta que no se desaloje no da paso al BB104 provocando aún más paradas.

A parte de la situación anterior los tapices CR97, TG96, MG95 y TB94 tienen un alto porcentaje por ser muy cortos. Si nos fijamos aguas atrás vemos que ese porcentaje se reduce considerablemente.

### **Cruce del apilador-CID**

Esta zona es la más holgada del taller, solo hay algo de bloqueo, como es normal, a la entrada de cada una de las máquinas y en los tapices de reentrada al cruce.



**Cruce del apilador-Collman**

Tapiz	% de tiempo bloqueado con producción igual a:												
	Con turno activado					Con turno desactivado							
	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.7.	V.9.
<b>TG137</b> (T51)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TG135</b> (T52)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>BB138</b> (T52)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TG139</b> (T53)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TI140</b> (T54)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB322</b> (T54)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB323</b> (T54)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB324</b> (T54)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>vTB325</b> (T54)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MG326</b> (T54)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>CENTRADOR</b> (T54)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TG139A</b> (T55)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MG98</b> (T56)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB141</b> (T56)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MG142</b> (T58)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB144</b> (T58)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB145</b> (T57)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MG146</b> (T59)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB150</b> (T59)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB151</b> (T59)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB149</b> (T59)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>vTB205</b> (T65)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB206</b> (T65)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 41.** Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.



( ) Entre paréntesis aparece la zona a la que pertenece el tapiz.

- Los tapices remarcados en azul son los que van a entrar en Shearografía. Tienen un porcentaje elevado debido a que la simulación está hecha para que la máquina procese varias cubiertas a la vez y el resto de tiempo está parada.

El mayor problema lo tenemos a la entrada a Collman, ya que es un punto crítico de la transística del taller de verificación. Es un punto en el que se debe analizar detalladamente por varias razones:

- ✓ El tiempo de ciclo es elevado.
- ✓ No se dispone de suficientes tapices intermedios que hagan de stock.
- ✓ Con la nueva situación de cubiertas metro el porcentaje de paso por la misma se verá incrementado en casi un 2% (de un \*\* % a un \*\* %). A priori parece un incremento muy pequeño, pero a modo de ejemplo si hacemos pasar 150 cubiertas más que actualmente, supone que Collman esté trabajando casi \* horas más al día.

Como se ha dicho anteriormente la simulación ya se ha realizado con ese incremento de porcentaje.

Podemos observar que los tapices TB151, TB150, MG146, TB145, TB144, MG 142, TB141, TG98, TG139A, TI140, TG139 tienen un alto porcentaje de bloqueo, obstaculizando el paso de cubiertas que tienen que ir tanto a intervención, GEM, reutilización o ecógrafo e incluso paradas intermitentes en el cruce del apilador.

A continuación se muestra una imagen de los tapices implicados.



CONFIDENCIAL

**Figura 53.** *Imagen en detalle de Witness de los tapices.*

Un mínimo incremento del porcentaje de paso por Collman producirá grandes atascos.

A modo de ejemplo se muestra la diferencia de los porcentajes de bloqueo con dicha simulación y una realizada con un porcentaje de paso de en torno al \*\* % para una producción de volumen 5.

Tapiz	**%	**%
TB151	** %	** %
TB150	** %	** %
MG146	** %	** %
TB145	** %	** %
TB144	** %	** %
MG142	** %	** %
TB141	** %	** %
TG98	** %	** %
TG139A	** %	** %
TI140	** %	** %
TG139	** %	** %

**Tabla 41.** *Tabla comparativa con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados para dos porcentajes diferentes de paso a Collman.*



El camino de retorno de Collman no existe ningún problema de saturación.

**Posible mejora.**

Las posibles mejoras que se propone son:

- ✓ Sustituir TB144 por un tapiz de gravedad con lo que ganaremos velocidad de paso y poder acumular una cubierta más. Incluso se podría sustituir TB144 y TB145 por uno solo.
- ✓ Hacer que TB150 y TB151 actúe como un solo tapiz y en vez de 2 cubiertas que acumule 3.

Se realiza una simulación con dichas mejoras y con un volumen 5 de producción. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos y su comparación:

Tapiz	% de tiempo bloqueado:	
	Antes de la mejora	Con la mejora
TB 151	**	**
TB 150	**	**
MG 146	**	**
TB 145	**	**
TB 144	**	**
MG 142	**	**
TB 141	**	**
MG 98	**	**
TG 139A	**	**
TI 140	**	**
TG 139	**	**
PL 128	**	**
TAB 109	**	**

**Tabla 42.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados*



*antes y después de aplicar las mejoras.*

() Entre paréntesis es el porcentajes de acumulación, es decir que en el tapiz hay 1 o 2 cubiertas que no puede pasar al otro tapiz pero que aún tiene capacidad para más cubiertas.

Se observa que con las mejoras se consigue una reducción de los porcentajes de saturación.

**Cruce del apilador – apilador.**

Tapiz	% de tiempo bloqueado con producción igual a:													
	Con turno activado					Con turno desactivado								
	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.	V.5.	V.6.	V.7.	V.9.	
<b>CR125</b> (T70)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TI126</b> (T70)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB127</b> (T70)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>PL128</b> (T70)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TG129</b> (T71)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TG129*</b> (T71)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB130</b> (T71)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB131</b> (T71)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>CR107</b> (T70)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TI207</b> (T70)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB108</b> (T70)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TAB109</b> (T70)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TG114</b> (T72)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TG114*</b> (T72)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB115</b> (T72)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>TB116</b> (T72)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>MG132</b> (T73)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**



---

<b>MG117</b> (T73)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>BB118</b> (T73)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>BB120</b> (T73)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 43.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados.*

( ) Entre paréntesis aparece la zona a la que pertenece el tapiz.

TG129\* y TG114\* son los porcentajes que está acumulado el tapiz, es decir, que hay al menos una cubierta esperando a ser evacuada.

Se puede observar que el camino inferior está más saturado que el superior ya que el flujo de bandajes es superior. Esto es debido a que la reentrada de las cubiertas provenientes de Collman, Shearografía, etc. se hace mayormente por la línea inferior.

Camino superior: TI126 – TB127 – PL128

Camino inferior: TI207 – TB108 – TAB109

A partir de volumen 6 se produce un incremento muy brusco en los tapices del nivel inferior por lo que se haría imposible trabajar.

#### **Possible mejora.**

Cambiar la relación de entrada al nudo del apilador de las cubiertas que vienen de Collman, Shearografía... Actualmente entra por el camino inferior un porcentaje muy elevado (en torno a \*\* % por \* % del camino superior). También cabe destacar que esta forma de programación tan elevada es para compensar las cubiertas que vienen de intervención.

Para volúmenes de producción inferiores a volumen 6 no es mucha la diferencia, pero a partir de esa cifra el valor se dispara.



Dentro de esta zona un punto crítico son las dos mesas giratorias MG 132 y MG 117 que son las mesas que dirigen cada cubierta al cada lado del apilador. A pesar de que estos tiempos son inferiores al apilador, hay momentos en los que este permanece parado esperando a que las mesas evacúen las cubiertas. Esta situación sumada a un incremento en el tiempo de ciclo del apilador (por una micro parada, que no se llene una pila...) hará que se sature el cruce considerablemente.

Cabe destacar que en las simulaciones realizadas con los turnos activados, el porcentaje de bloqueo es bastante superior. Esto es normal debido a que a la vuelta del descanso, los puestos de aspecto están evacuando cubiertas a un ritmo superior de lo que son capaces de procesar la Collman, el apilador....

### Possible mejora.

La posible mejora que se propone es:

- ✓ Sustituir la MG 132 y la MG 117 por tapices intralox.

Se realiza una simulación con dichas mejoras y los resultados han sido:

Tapiz	% de tiempo bloqueado:	
	Antes de la mejora	Con la mejora
PL 128	**	**
TAB 109	**	**
TG114	**	**
TG129	**	**
TB130	**	**
TB115	**	**
TB131	**	**
TB116	**	**
MG132	**	**
MG117	**	**



---

BB120	**	**
BB118	**	**

**Tabla 44.** *Tabla con los porcentajes de tiempo que permanecen los tapices bloqueados antes y después de aplicar las mejoras.*

() Entre paréntesis es el porcentajes de acumulación, es decir que en el tapiz hay 1,2... cubiertas que no puede pasar al otro tapiz pero que aún tiene capacidad para más cubiertas.

Se observa que con las mejoras se consigue una reducción de los porcentajes de saturación en los tapices anteriores a las mesas giratorias y un aumento en los tapices siguientes. Esto quiere decir que las cubiertas atraviesan los tapices más rápido y se acumulan al final. Con esto se consigue que el apilador este menos tiempo en espera a que le lleguen cubiertas.

#### *Estadísticas de las máquinas del taller.*

A continuación se muestran unas tablas con las estadísticas de cada una de las máquinas de verificación con cada volumen de producción y si se aplican turnos o no.

	Volumen 1.				Volumen 1. (s.t.)			
	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.
Robot de rebabado	**	**	**	***	**	**	**	***
Puesto 1	**	**	**	***	**	**	**	***
Puesto 2	**	**	**	***	**	**	**	***
Puesto 3	**	**	**	***	**	**	**	***
Puesto 4	**	**	**	***	**	**	**	***
Puesto 5	**	**	**	***	**	**	**	***
Puesto 6	**	**	**	***	**	**	**	***

---



Collman	**	**	**	***	**	**	**	***
Shearografía	**	**	**	***	**	**	**	***
MCID11	**	**	**	***	**	**	**	***
MCID19	**	**	**	***	**	**	**	***
MCID21	**	**	**	***	**	**	**	***
Ultrasonidos	**	**	**	***	**	**	**	***
GEM	**	**	**	***	**	**	**	***

**Tabla 45.** *Tabla con las estadísticas de las máquinas a volumen 1 de producción.*

	Volumen 2.				Volumen 2. (s.t.)			
	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.
Robot de rebabado	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 1	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 2	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 3	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 4	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 5	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 6	**	**	**	**	**	**	**	**
Collman	**	**	**	**	**	**	**	**
Shearografía	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID11	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID19	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID21	**	**	**	**	**	**	**	**
Ultrasonidos	**	**	**	**	**	**	**	**
GEM	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 46.** *Tabla con las estadísticas de las diferentes máquinas a volumen 2 de producción.*



	Volumen 3.				Volumen 3. (s.t.)			
	% Disp.	% Ocup.	% Disp.	% Ocup.	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.
Robot de rebabado	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 1	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 2	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 3	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 4	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 5	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 6	**	**	**	**	**	**	**	**
Collman	**	**	**	**	**	**	**	**
Shearografía	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID11	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID19	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID21	**	**	**	**	**	**	**	**
Ultrasonidos	**	**	**	**	**	**	**	**
GEM	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 47.** *Tabla con las estadísticas de las diferentes máquinas a volumen 3 de producción.*

	Volumen 4.				Volumen 4. (s.t.)			
	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.
Robot de rebabado	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 1	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 2	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 3	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 4	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 5	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 6	**	**	**	**	**	**	**	**
Collman	**	**	**	**	**	**	**	**
Shearografía	**	**	**	**	**	**	**	**



MCID11	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID19	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID21	**	**	**	**	**	**	**	**
Ultrasonidos	**	**	**	**	**	**	**	**
GEM	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 48.** *Tabla con las estadísticas de las diferentes máquinas a volumen 4 de producción.*

	Volumen 5.				Volumen 5. (s.t.)			
	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.
Robot de rebabado	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 1	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 2	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 3	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 4	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 5	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 6	**	**	**	**	**	**	**	**
Collman	**	**	**	**	**	**	**	**
Shearografía	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID11	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID19	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID21	**	**	**	**	**	**	**	**
Ultrasonidos	**	**	**	**	**	**	**	**
GEM	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 49.** *Tabla con las estadísticas de las diferentes máquinas a volumen 5 de producción.*



	Volumen 6. (s.t.)				Volumen 7. (s.t.)			
	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.
Robot de rebabado	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 1	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 2	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 3	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 4	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 5	**	**	**	**	**	**	**	**
Puesto 6	**	**	**	**	**	**	**	**
Collman	**	**	**	**	**	**	**	**
Shearografía	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID11	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID19	**	**	**	**	**	**	**	**
MCID21	**	**	**	**	**	**	**	**
Ultrasonidos	**	**	**	**	**	**	**	**
GEM	**	**	**	**	**	**	**	**

**Tabla 50.** *Tabla con las estadísticas de las diferentes máquinas a volumen 6 y 7 de producción.*

	Volumen 9. (s.t.)			
	% Disp.	% Ocup.	% Bloq.	Nº op.
Robot de rebabado	**	**	**	**
Puesto 1	**	**	**	**
Puesto 2	**	**	**	**
Puesto 3	**	**	**	**
Puesto 4	**	**	**	**
Puesto 5	**	**	**	**
Puesto 6	**	**	**	**
Collman	**	**	**	**
Shearografía	**	**	**	**



---

MCID11	**	**	**	**
MCID19	**	**	**	**
MCID21	**	**	**	**
Ultrasonidos	**	**	**	**
GEM	**	**	**	**

**Tabla 51.** *Tabla con las estadísticas de las diferentes máquinas a volumen 9 de producción.*

s.t. → Sin turno activado.

Se puede observar que a medida que el volumen de producción es mayor o se trabajan con 6 puestos de aspecto se producirán problemas de saturación. Esto es debido a que tanto la Collman y el apilador no son capaces de absorber el flujo la salida de los puestos, ya que estos tienen tiempos de ciclo inferiores.

## 8. PROPUESTAS DE MEJORAS.

### 8.1. Propuestas de mejora en OPL – MAES.

Los problemas encontrados en la zona OPL - MAES y sus propuestas de mejora están desglosados en la tabla siguiente. En el punto anterior se han descrito los problemas en detalle.



CONFIDENCIAL

**Tabla 52.** *Tabla con los problemas encontrados y propuestas de mejora a los mismos.*

### **8.2. Propuestas de mejora en MAES – Almacenes Principales.**

Los problemas encontrados en la zona MAES - Almacenes Principales y sus propuestas de mejora están desglosados en la tabla siguiente. En el punto anterior se han descrito los problemas en detalle.

CONFIDENCIAL

**Tabla 53.** *Tabla con los problemas encontrados y propuestas de mejora a los mismos.*

### **8.3. Propuestas de mejora en circuito de enfriamiento.**

#### **Tapiz TB**

Programar este tapiz de forma que no acumule, simplemente que se mantenga en marcha mientras la fotocélula de entrada del tapiz siguiente esté destapada.

Responsable: Automatista

---



Plazo: Fin de 2013

Para ello anteriormente hay que bajar la inclinación del anterior tapiz de rodillos para que las cubiertas al caer no dañen la banda del tapiz. Se debe realizar en una parada de instalaciones.

Responsable: Mantenimiento

Plazo: Fin de 2013

### **Tapices TB y TB anteriores a la lectura de la cubierta**

Programar estos tapices para que vayan acumulando cubiertas como si fueran sólo uno y luego evacuarlas siempre que el tapiz anterior este vacío para así acercar lo más posible las cubiertas al tapiz basculante y eliminar el mayor número de huecos entre cubiertas.

Responsable: Automatista

Modificado a fecha 01/05/2013

### **Motores de los tapices finales del circuito**

Intercambiar los motores de los tapices BB, TB, TB y TB por los motores de los tapices TB, TB, TB y alguno de más atrás alternando, ya que son más lentos y así las cubiertas se acumularán más cerca del basculante en vez de antes.

Se debe realizar en una parada de instalaciones.

Responsable: Mantenimiento

Plazo: Fin de 2013

### **Condición de tiempo mínimo de enfriamiento en el lector anterior al tapiz basculante**

---



Poder comparar el tiempo que lleva la cubierta en el circuito con el tiempo mínimo de enfriamiento y si el tiempo que lleva en el circuito es menor, no dejarla pasar hasta que este tiempo se sobrepase.

Para establecer ese tiempo mínimo de enfriamiento se realizará por experiencia y ensayos:

Se empezará poniendo \*\* min y luego se irá corrigiendo.

Responsable: Automatista

Plazo: Fin de 2013

### **Entrada al Tapiz Intralox – TA 13 y TA 14**

En cada uno de los circuitos OPI 1 y OPI 2, obtener una relación entre los huecos que hay en el circuito y la cadencia de llenado de dicho circuito.

Comparar ambos cocientes y hacer que pasen por el TI las cubiertas del circuito en que dicha relación es menor.

Modificado a fecha 01/07/2013, NIVEL 2 --> Falta hacer pruebas y comparar cocientes en Nivel 1.

Responsable: Automatista

Plazo: Fin de 2013

### **Llegada a Verificación**

En la entrada a los puestos de aspecto, elegir entre el tapiz que viene del robot y el que va directo a aspecto desde el túnel, priorizando siempre el tapiz en que la fotocélula de entrada al túnel detecte que está lleno, es decir, que la fotocélula de la

---



rampa detecte la saturación del tapiz.

Responsable: Automatista

Realizado a fecha 04/07/2013

#### **8.4. Propuestas de mejora en Verificación.**

Los problemas encontrados en la zona Verificación y sus propuestas de mejora están desglosados en la tabla siguiente. En el punto anterior se han descrito los problemas en detalle.

CONFIDENCIAL

**Tabla 54.** *Tabla con los problemas encontrados y propuestas de mejora a los mismos.*

## **9. CONCLUSIONES.**

### **9.1. Conclusiones OPL – MAES.**

A modo de resumen, entre OPL y MAES es capaz de absorber el flujo de bandajes sin hacer grandes cambios. A partir de volumen 2 - 3 habría que cambiar modo de funcionamiento. Tenemos dos opciones o la combinación de ambas.

- a) Utilizar la transística metro como pulmón para descongestionar la transística, cuando se sature el camino 2.



- b) Cambiar los turnos de MAES a un turno de 15 min de descanso por cada dos horas de trabajo.
- c) Usar las dos combinaciones simultáneamente.

La opción b) es la más fácil de aplicar por ser solo un cambio en los turnos y poner un efectivo más.

La opción de la transística metro mejora mucho la situación como se ha visto en las simulaciones pero tiene el inconveniente de tener un coste elevado.

### **9.2. Conclusiones MAES - Almacenes Principales.**

A modo de resumen, entre las MAES y las prensas se ha comprobado, en mayor o menor medida en todas las casuísticas simuladas, que hay dos puntos críticos importantes en los que se deben tomar medidas para solventarlos:

- El primer punto crítico se da en la salida de las MAES.
- El segundo punto crítico es la entrada a las prensas de OPI 2 (Rotonda OPI 2).

### **9.3. Conclusiones Circuito de enfriamiento.**

La transística del circuito de enfriamiento puede absorber un volumen 7 de producción sin ningún problema importante. Solo a partir de este volumen se deberán tomar medidas.

Las mejoras que se proponen son para intentar reducir el tiempo de permanencia en OPI 1 y que en verificación tengan stock suficiente para poder trabajar adecuadamente.



#### **9.4. Conclusiones Taller verificación.**

La transística del taller de verificación no puede absorber la producción máxima de las prensas (volumen 9) excepto si:

- ✓ El porcentaje que va a Collman no sobrepase mucho el \*\* % o se realizan las mejoras propuestas.
- ✓ Se cambie la relación de entrada al nudo del apilador de las cubiertas que vienen de Collman, Shearografía... para reducir la saturación del camino inferior.
- ✓ Se sustituyen las mesas giratorias del apilador por intralox.

#### **9.5. Conclusiones globales de toda la transística.**

Este apartado se describe las conclusiones técnicas finales del estudio en su conjunto.

Las diferentes casuísticas eran:

➤ **OPL – MAES:**

- A) Producción uniforme durante todo el periodo.
- B) Producción variable (real) en OPL durante todo el periodo y turnos reales en MAES.
- C) Producción variable (real) en OPL durante todo el periodo y turnos de descanso en MAES de 15 minutos de descanso.

➤ **MAES – Prensas:**

- A) Producción uniforme en OPL durante todo el periodo.
-



- B) Producción máxima en MAES.
- C) Producción máxima en MAES y llenado de almacenes principales de OPI2.
- D) Producción normal en OPL y MAES, llenado de almacenes principales y vaciado de almacenes auxiliares.
- E) Comparación salida MAES con transística metro.

➤ **Circuito de enfriamiento.**

A: Producción uniforme en prensas durante todo el periodo.

➤ **Taller de verificación.**

A: Producción uniforme en prensas durante todo el periodo.

La siguiente tabla muestra a partir de que volumen se deben tomar medidas:

Volumen producción	OPL - MAES			MAES – Prensas					Circuito enfriamiento	Taller Verificación.
	A	B	C	A	B	C	D	E		
Casuísticas									A	A
V.2.					X*	X*	X			
V.3.		X								
V.4.										
V.5.										
V.6.										X
V.7.									X	
V.8.				X						
V.9.										
V.10.			X							
V.11.										
V.12.	X									

**Tabla 55.** Tabla que relaciona los problemas detectados en cada zona y nivel de



*producción.*

Las **X** quieren decir que para esos volúmenes se deben tomar medidas. A partir de ese volumen se haría insostenible el funcionamiento normal.

Las **X\*** quieren decir que para esas casuísticas no se pueden dar datos de volúmenes máximos de producción al ser situaciones puntuales.

### **Medidas a adoptar**

En este punto se describen las medidas propuestas más determinantes para un funcionamiento general de la transística. Se empezará a describir las conclusiones empezando por el primer punto crítico. Si solucionamos este, podemos pasar al siguiente y así conseguiremos aumentar el volumen de fabricación general de toda la fábrica.

#### **1) Volumen de producción: -**

El primer punto crítico se da en la salida de las MAES. En la casuística B y C como se ha dicho antes, no se puede determinar el volumen máximo de producción asociado. Lo que podemos es dar son los tiempos en los que las MAES pueden funcionar con relativa normalidad.

A partir de esos tiempos se producirán grandes atascos.

Las medias propuestas son:

- ✓ Sustitución de las 6 mesas a la salida de las 3 MAES por tapices intralox.
  - ✓ Sustitución de 4 de las 6 mesas a la salida de las 3 MAES por tapices intralox. Esta propuesta ya está en proceso de aprobación. Se ha
-



realizado la simulación con esta propuesta y se ha podido observar que mejora la situación general.

- ✓ Sustitución de las 4 mesas de la rotonda de OPI 2 por tapices intralox.
- ✓ Sustitución de 2 de las 4 mesas de la rotonda de OPI 2 por tapices intralox.

## **2) Volumen de producción: Volumen 2.**

A partir de este flujo la casuística D del tramo MAES – Almacenes Principales nos producirá disfuncionamientos en la transística. Como ocurría antes este modo de funcionar será temporal, pero aun así se debe tener en cuenta.

Las medidas propuestas son las mismas que antes: Sustitución de las mesas giratorias y cruzadas de la salida de las MAES y las de la rotonda de OPI 2 por tapices intralox.

## **3) Volumen de producción: Volumen 3.**

Solucionado los puntos anteriores el siguiente paso es cambiar el modo de funcionamiento entre OPL y MAES. Tenemos dos opciones o la combinación de ambas.

- ✓ Utilizar la transística metro como pulmón para descongestionar la transística, cuando se sature el camino 2.
  - ✓ Cambiar los turnos de MAES a un turno de 15 min de descanso por cada dos horas de trabajo.
  - ✓ Usar las dos combinaciones simultáneamente.
-



La opción b) es la más fácil de aplicar por ser solo un cambio en los turnos y poner un efectivo más.

#### **4) Volumen de producción: Volumen 6.**

A partir de este flujo se deben tomar medidas en el taller de verificación. El punto crítico es el cruce donde confluyen las cubiertas que van al apilador y a las diferentes máquinas.

Las medidas propuestas son:

- ✓ Mejorar los tapices antes de Collman.
- ✓ Cambiar la relación de reentrada de las cubiertas al cruce así como la de igualar el flujo por el nivel superior como el inferior.
- ✓ Sustituir las mesas giratorias en el apilador por tapices intralox.

#### **5) Volumen de producción: Volumen 7.**

A partir de este flujo se debe realizar una mejora en el circuito de enfriamiento en los tapices de OPI 1, entre los tapices TG y TB.

Las soluciones que se proponen son:

- ✓ Aumentar la velocidad de los tapices de estos tramos por la velocidad del tramo siguiente. (\*\* m/min).
  - ✓ Aumentar la velocidad de los tapices de estos tramos por una velocidad superior (aprox \*\* m/min).
  - ✓ Cambiar la relación de entrada de la línea Q. Actualmente hace lotes de
-



2. Solución eliminar ese lote y que evacue de 1 en 1.

Con la solución c) lo único que hacemos es reducir el porcentaje de saturación pero no solucionamos el problema por completo. Tanto la opción a) como la b) solucionarían por completo el problema.

Si realizamos estas propuestas pasa a ser el tapiz TB que más saturación tiene, pero es despreciable ya que esta en torno al 2%.

A partir de este volumen cualquier mejora que se haga en la transística no afectará al global de la fábrica ya que ésta es la máxima producción de las prensas. Si en un futuro se logra reducir el tiempo de ciclo o se añaden más prensas los siguientes pasos son:

**6) Volumen de producción: Volumen 10.**

Para este volumen el modo de funcionamiento de las MAES en automático (con 15 minutos de parada por cada dos horas de turno) y con la transística metro se tendría que cambiar. En esta situación no se está considerando la MAE 4.

La solución propuesta es eliminar la parada de 15 minutos o reducirla lo máximo posible.

El siguiente punto ya sería realizar las otras mejoras propuestas que en un principio no tenían mucha prioridad descritas en los informes anteriores.

**9.6. Conclusiones generales del programa Witness.**

La simulación con Witness es una herramienta apropiada para un rápido análisis de los procesos. Responde a la pregunta “¿qué pasa si...?”. Cuando los procesos son complejos o los modelos matemáticos son difíciles de construir, la técnica de

---



simulación es muy útil. Una de las características más importante es la habilidad de mostrar la ejecución del proceso en forma dinámica en cualquier intervalo de tiempo. Esta característica permite hacer mejoras continuas en experimentos secuenciales.

Sin embargo, hay algunos puntos importantes que considerar cuando se usa la herramienta de simulación:

- ✓ La simulación puede ser costosa y consume mucho tiempo.
- ✓ Los resultados de la simulación están sujetos a la interpretación humana y son susceptibles a error.
- ✓ La solución de la simulación puede no ser completamente aplicable en el proceso real.
- ✓ Los factores humanos y tecnológicos pueden ser ignorados.

En el caso de estudio, los experimentos permitieron realizar un análisis para mejoras sin tocar el sistema real. Esto quiere decir que se ha simulado diferentes propuestas sin tener que cambiarlas en la realidad y ver qué pasaba. Con esto nos ahorramos mucho tiempo en realizar pruebas en el sistema real. Los problemas que se identificaron se pueden resolver aplicando las siguientes sugerencias:

- ✓ Minimizar los cuellos de botella incrementando mano de obra o aumentando la velocidad de los tapices. Esto es una solución efectiva para reducir el inventario que espera a ser procesado entre las estaciones de trabajo.
- ✓ Balancear la línea y establecer prioridades de máquinas. También es importante que los trabajadores sean multi-funcionales para que puedan trabajar en más de una estación.
- ✓ Usar buffers en la línea con capacidad de uno. Los buffers ofrecen un mejor control del inventario en el proceso.

En resumen Witness nos ha resultado muy útil para:

---



- ✓ Anticipar los problemas e identificar los puntos críticos en el momento de la simulación.
- ✓ Simular los funcionamientos de las máquinas y validar las soluciones técnicas.
- ✓ Mejorar la productividad de sus instalaciones existentes realizando las modificaciones adaptadas.
- ✓ Optimizar sus recursos en personal y en equipamientos para disminuir sus costes de producción.
- ✓ Tener una idea de hasta cuanto puede aumentar la producción sin afectar el funcionamiento general de la planta con la situación actual y realizando alguna de las propuestas de mejora.

## **10. BIBLIOGRAFIA.**

- Manual Witness PwE 3.0 curso de introducción. Addlink formación.
- Estudios anteriores de transística.
- Internet.



# **ANEXOS.**



1. PLANO N° 1: Esquema transística dividido por tramos, zona Cocción.
2. PLANO N° 2: Esquema transística dividido por tramos, zona Verificación.
3. PLANO N° 3: Esquema de Witness, zona OPL.
4. PLANO N° 4: Esquema de Witness, zona Cocción.
5. PLANO N° 5: Esquema de Witness, Circuito de Enfriamiento.
6. PLANO N° 6: Esquema de Witness, zona Verificación.