

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**“PROPUESTAS DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO
EN LA EMPRESA PRESS FORJA S.A. UTILIZANDO EL
SOFTWARE FLEXSIM MANUFACTURING COMO
HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES”**

AUTORES:

**JUAN DIEGO FEBRES EGUIGUREN
RONALD PAÚL OCHOA RAMÍREZ**

DIRECTOR:

ING. FABIÁN LEDESMA

CUENCA, DICIEMBRE 2010

DECLARATORIA

Juan Diego Febres Eguiguren y Ronald Paúl Ochoa Ramírez, declaramos bajo juramento que los conceptos desarrollados, teorías citadas, análisis realizados y conclusiones del presente trabajo de tesis, son de nuestra autoría o están debidamente citados; que el mismo no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas incluidas en el documento.

A través de la presente declaratoria cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de la Propiedad Intelectual, por su reglamento y normativa institucional vigente.

Cuenca, Octubre de 2010.

(f) _____

Juan Diego Febres Eguiguren
1103964845

(f) _____

Ronald Paúl Ochoa Ramírez
0704699537

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo fue realizado por Juan Diego Febres Eguiguren y Ronald Paúl Ochoa Ramírez, bajo mi supervisión.

(f) _____

Ing. Fabián Ledesma

Director del Proyecto

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a la memoria de mi abuelito Juan Vicente, con quién el poco tiempo que pude compartir con él, me dejó las mejores enseñanzas de esfuerzo y superación que me acompañarán toda mi vida. Y a mi novia María Ruth quién me motiva y me apoya en cada paso, cada día.

Ronald P. Ochoa R.

Para afrontar todas las barreras que presenta la vida universitaria, es necesaria la ayuda de las personas más allegadas; por esta razón dedico este trabajo a mis padres, mi hermano y mis familiares quienes me han acompañado y apoyado en esta época de mi vida.

Juan Diego Febres Eguiguren

AGREDECIMIENTO

Con estas letras quiero expresar mis más profundos agradecimientos primero a Dios que me dio la fuerza, la sabiduría y que día a día me guío en esta etapa de mi vida. Seguidamente a mis padres, por su esfuerzo inagotable que hace posible que yo alcance este logro, y así puedo decir que es el mejor regalo que me han podido otorgar. A mis hermanos y familiares que siempre me han apoyado en cada proyecto que he emprendido. Y a Juan Diego con quien conformamos un excelente equipo de compañerismo y amistad.

Ronald P. Ochoa R.

Quiero agradecer de manera muy especial a mis padres y a mi hermano por el incondicional apoyo que me han brindado en cada etapa de mi vida, incluyendo la universitaria. De igual manera quiero agradecer a toda mi familia que con el pasar del tiempo me he dado cuenta que son pilares fundamentales en mi vida, ya que siempre se encuentran apoyándome en cada proyecto que emprendo.

Juan Diego Febres Eguiguren

INDICE

Capítulo 1

1.1	Historia de la Simulación de Procesos	1
1.2	Concepto, Enfoque y Funcionamiento de la Simulación de Procesos	5
1.2.1	Conceptos	5
1.2.2	Enfoque de la Simulación	6
1.2.3	Funcionamiento de la Simulación de Procesos	8
1.3	Construcción y Validación de los Sistemas y Modelos en Simulación	9
1.3.1	Construcción de un Sistema	9
1.3.1.1	Elementos de un Sistema	9
1.3.1.2	Variables del Sistema	9
1.3.1.3	Enfoque del Sistema	10
1.3.2	El Proceso de la Simulación previa a la construcción del Modelo.....	10
1.3.2.1	Pasos para la elaboración de la Simulación	11
1.3.3	Construcción del Modelo	15
1.3.3.1	Conceptos y Nociones	15
1.3.3.2	Elementos Estructurales del Modelo	17
1.3.3.3	Elementos Operacionales del Modelo	19
1.4	Verificación y Validación del Modelo	23
1.4.1	Practicas que facilitan la verificación del modelo	24
1.4.2	Validación del Modelo.....	25
1.5	Análisis de los Resultados	26
1.5.1	Análisis Estadístico	26
1.5.2	Simulaciones Terminadas e Inconclusas	27
1.5.2.1	Simulaciones Inconclusas	27
1.5.2.2	Simulaciones Terminadas	28

1.6	La Simulación de Procesos al servicio de las empresas en el contexto mundial	29
1.7	La Simulación de Procesos al servicio de las empresas en América Latina y Ecuador	31
1.8	Conclusiones	33

Capítulo 2

2.1	Introducción a “Flexsim Manufacturing	34
2.1.1	¿Qué es Flexsim?	35
2.1.2	Modelado	37
2.2	Alcance y Componentes del Software	39
2.2.1	Alcance del Software	39
2.2.2	Aplicaciones de Flexsim	40
2.2.3	Componentes del Software	42
2.2.4	Vistas y Descripción del Modelo	45
2.3	Como hacer una simulación con Flexsim	46
2.3.1	Introducción al Modelo	47
2.3.2	Lección 1	48
2.3.3	Lección 2	59
2.3.4	Lección 3	71
2.3.5	Lección 4	79
2.4	Conclusiones	97

Capítulo 3

3.1	Introducción	98
3.2	Mapa de Procesos	100
3.2.1	Mapa de Procesos Cruzados	101
3.2.1.1	Mapa Funcional	101

3.2.1.2	Mapa de Tiempo	102
3.2.2	Mapa de Flujograma	102
3.3	Información de PRESS FORJA S.A	103
3.4	Identificar los actores	105
3.5	Identificar la línea operativa	108
3.6	Añadir los procesos de soporte a la línea operativa y los de Dirección	112
3.7	Añadir los procesos que afectan a todo el sistema.....	114
3.7.1	Procesos de gestión de incidencias, productos no conformes....	115
3.7.2	Proceso de la Gestión de los Recursos	117
3.7.3	Acciones Correctivas y Preventivas	118
3.7.4	Satisfacción del cliente, auditorías internas y análisis de datos .	119
3.8	Diagramas de procesos	122
3.8.1	Definición	122
3.8.2	Características principales	123
3.8.3	Simbologías	123
3.8.4	Descripción de los procesos	124
3.9	Conclusiones	129

Capítulo 4

4.1	Introducción.....	130
4.2	Planos y Distribución en Planta	132
4.3	Estructura de los Componentes	135
4.4	Formatos de Registro y Control de Producción Diarios.....	137
4.5	Estudio de Tiempos	138
4.6	Diagramas de Hilos	142
4.7	Capacidades Teóricas, Reales y Prácticas	144
4.8	Reportes reales de la empresa y Carga de Máquinas.....	146

Capítulo 5

5.1	Elaborar un Plan de Estudio.....	148
5.1.1	Definir Objetivos.....	148
5.1.2	Identificar limitaciones o restricciones.....	149
5.1.3	Conocer las Especificaciones.....	150
5.1.4	Desarrollar Planeación y Definir Resultados.....	151
5.2	Definir el Sistema.....	152
5.3	Construir el Modelo.....	157
5.3.1	Modelado Distribución de la Planta.....	157
5.3.2	Modelado Tapillas Esmaltadas.....	160
5.3.3	Modelado Esparta llamas.....	163
5.3.4	Modelado Bases.....	166
5.4	Ejecutar el Experimento.....	169
5.4.1	Simulación Tapillas Esmaltadas.....	170
5.4.2	Simulación Esparta llamas.....	173
5.4.3	Simulación de Bases.....	176
5.5	Analizar y Reportar los Resultados.....	179
5.5.1	Resultados Tapillas Esmaltadas.....	179
5.5.2	Resultados Esparta llamas.....	182
5.5.3	Resultados Bases.....	185
5.6	Conclusiones.....	188

Capítulo 6

6.1	Introducción.....	189
6.2	Propuestas de Mejora en Base al Método de Observación.....	190
6.2.1	Formatos de Registro de Producción.....	190
6.2.2	Estructura de Materiales	190

6.2.3	Elaboración de Cesta y Caja para Bases Inyectadas, Forjadas y Tapillas.....	191
6.2.4	Tipos de Máquinas que existen en la empresa.....	194
6.3	Propuestas de Mejora en Base al Método de la Simulación.....	199
6.3.1	Ajustes en el modelo con base en datos actualizados obtenidos del análisis de datos del capítulo anterior.....	199
6.3.2	Elaboración de las propuestas de mejora.....	200
6.3.2.1	Propuesta de Mejora en el Proceso de Elaboración de Tapillas Esmaltadas.....	200
6.3.2.2	Propuesta de Mejora en el Proceso de Elaboración de Espartallamas.....	206
6.3.2.3	Propuesta de Mejora en el Proceso de Elaboración de Bases Inyectadas.....	210
6.3.2.4	Propuesta Global de Mejora en la Distribución en Planta	
6.4	Conclusiones.....	216

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.....	Cartera de Productos
Anexo 2.....	Diagramas de Procesos
Anexo 3.....	Distribución en Planta
Anexo 4.....	Estructura de los Componentes
Anexo 5.....	Formatos de Registro de Producción
Anexo 6.....	Estudio de Tiempos
Anexo 7.....	Diagrama de Hilos
Anexo 8.....	Cálculo de Capacidades
Anexo 9.....	Propuesta de Mejora de Distribución en Planta
Anexo 10.....	Propuesta de Diagramas de Hilos

JUSTIFICACIÓN

“La ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas científicas aplicadas, que se dedica a la resolución u optimización de los problemas que afectan directamente a la humanidad”

Anónimo

Aplicando esta frase más específicamente dentro de la Ingeniería Industrial, podríamos decir que esta se dedica en gran medida a resolver problemas y optimizar procesos dentro de la industria.

El hecho de pensar en la resolución de problemas en plantas industriales, empresas de servicios, o quizá en optimizaciones de procesos; nos hace imaginarnos sin lugar a duda largas horas o muchas veces días enteros de cambios internos en las organizaciones, en las cuales por ese periodo de tiempo el rendimiento de la entidad disminuye notablemente y en el peor de los casos se vuelve nula. Esto se da debido a la cantidad de cambios que deben efectuarse para lograr optimizar un proceso, realizar una reingeniería, resolver un problema o de más condiciones empresariales.

El perder valiosas horas de trabajo en las compañías tiene un costo económico muy elevado, ya que no únicamente se puede perder un negocio, sino que también podría perderse el cliente como tal, precio muy alto que tendría que pagar una empresa por un cambio; sin embargo si el cambio a realizarse mejorará notablemente las condiciones de funcionamiento de la entidad, es posible que se justifique en el futuro el precio que se tiene que pagar por un cambio o un error.

El verdadero problema se da cuando los cambios realizados o la solución al problema, no surgen efecto; proporcionando a la empresa un problema más y no

una solución; en otras palabras generando más pérdidas que antes de realizada la implementación, en lugar de mejorar sus ganancias que es lo que en un principio se esperaba.

De aquí que surge la necesidad de utilizar un programa computarizado (software) que nos permita optimizar un proceso digitalmente, es decir probar todos los cambios que se le puede dar a una empresa para conseguir resolver problemas que surjan durante su operación o bien únicamente para proporcionarle mayor rentabilidad a la entidad.

Es de suma importancia dentro del presente trabajo de grado, demostrar que los software de simulación (En este caso “Flexsim Manufacturing”) son iguales o más preciso que los cálculos de un ser humano, con las inigualables ventajas de reducir al máximo el tiempo empleado y poder probar los cambios y todas sus variaciones de manera digital, a través de una simulación, la cual permite observar lo que sucederá al implementar la variación en la empresa antes de efectuar físicamente los cambios en ella, de tal manera que se puede ahorrar grandes cantidades de dinero si los resultados no son los adecuados; lo que se verá reflejado en este trabajo mediante las propuestas de mejora.

OBJETIVO GENERAL

Efectuar propuestas de mejora en los procesos productivos de la empresa Pres Forja S.A, utilizando para este propósito el software de simulación “Flexsim Manufacturing” como herramienta para la toma de decisiones

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Demostrar la aplicación y eficiencia de un software de simulación (Flexsim), en relación al cálculo tradicional.
- Levantar la distribución en planta de la empresa.
- Conocer la estructura de los componentes que se producen y ensamblan en Press Forja S.A; y que procesos atraviesan estos en su transformación.
- Realizar los diagramas de operaciones, flujo y PERT, de los componentes que se maquinan en estas empresas.
- Conocer la carga de máquinas.
- Obtener los tiempos tanto de producción y de movimientos de los componentes, utilizando para ello la ingeniería de métodos.
- Obtener las capacidades teóricas, prácticas y reales de las diferentes secciones y máquinas, utilizando los tiempos obtenidos y datos reales del funcionamiento de las empresas.
- Aplicar los datos obtenidos en la simulación de procesos, para posteriormente realizar las propuestas de mejora planteadas en el objetivo general.

HIPOTESIS

Optimizar los recursos e incrementar la productividad en un 15% aplicando la simulación como herramienta de mejora continua para los procesos de la empresa PRESS FORJA S.A

Resumen del Proyecto de Tesis Titulado “Propuestas de Mejora del Proceso Productivo en la Empresa PRESS FORJA S.A Utilizando el Software Flexsim Manufacturing como Herramienta para la Toma de Decisiones”

Dentro del presente trabajo de grado, se pretende demostrar que la utilización de los software de simulación dentro de las empresas, sean estas de servicio o de producción, colabora ampliamente en la labor de mejora continua de las mismas; pero más específicamente intenta demostrar que dentro de la empresa PRESS FORJA S.A dedicada mediante el proceso de fundición a la elaboración de Bases, Espartallams y Tapillas Esmaltadas como subproductos de la industria de las cocinas, que es posible mejorar un 15% de su producción con la aplicación de distintas mejoras basadas en los resultados de la simulación del modelo creado en el Software Flexsim Manufacturing.

La simulación de modelos en Flexsim ofrece grandes beneficios, como son: El ahorro de tiempo para los analistas, el ahorro de costos para la empresa (ya que no tendrán que hacerse cambios en la realidad a menos que se demuestre en la simulación que estos son productivos) y la gran ventaja de hacer cambios dentro de una actividad, proceso o modelo con todas las combinaciones posibles, obteniendo los resultados de lo que sucedería en cualquiera de las situaciones antes de ponerlas en práctica en la realidad.

Previamente a las simulaciones es muy importante recalcar que quien esté a cargo de estas debe conocer ampliamente los métodos manuales para obtener los datos necesarios que pide el software, ya que estos deben ser correctos para obtener resultados adecuados en el simulador; y debe poseer también un juicio crítico para poder juzgar que los resultados de la simulación se apeguen lo más posible a la realidad.

Antes de realizar las simulaciones de los distintos modelos para la empresa PRESS FORJA S.A, los autores del presente trabajo hemos obtenido datos referentes a distribución en planta actual, estructura de los componentes, tiempos de fabricación de cada producto en cada una de sus operaciones, flujos de materiales y productos en procesos, diagramas de operaciones y capacidades teóricas y prácticas tanto de las máquinas como de las secciones.

Una vez con los datos mencionados se realizaron las respectivas simulaciones divididas en tres modelos, los cuales son: el modelo para el proceso productivo de Tapillas Esmaltadas, el modelo para el proceso productivo de Espartallamas y el modelo para el proceso productivo de Bases Inyectadas. Al simular los tres modelos con los datos iniciales, se obtuvieron resultados muy similares a los que realmente se dan dentro de la empresa, los cuales no tenían un error mayor al $\pm 5\%$, lo que nos indica un intervalo de confianza el 95%.

Una vez que el intervalo de confianza nos daba la posibilidad de confiar en los resultados obtenidos en la simulación, procedimos a analizar los datos obtenidos con miras a realizar propuestas de mejora para el sistema productivo. Luego de realizar dicho análisis de datos, se realizaron las respectivas propuestas de mejora y se modificaron los modelos para realizar las respectivas simulaciones en base a las propuestas.

Al terminar de realizar las nuevas simulaciones, los resultados obtenidos en estas fueron comparados con los resultados de las simulaciones con los valores iniciales, y dieron como consecuencia una mejora del 23% en los niveles de producción, es decir que con las propuestas implementadas la empresa es capaz de producir 23% más productos terminados que anteriormente; corroborando así la hipótesis planteada en un inicio en el presente trabajo de grado.

HISTORIA, LINEAMIENTOS Y UTILIZACIÓN DE LA SIMULACION DE PROCESOS EN LAS EMPRESAS

1.1 Historia de la Simulación de Procesos

“El futuro de lo imposible, la simulación de procesos hoy; Principio de mínima acción” Don Quijote de la Mancha (Fragmento, 137)

La Ingeniería Industrial está sin lugar a duda inmersa dentro de los procesos productivos de cualquier planta, las mismas que necesitan de herramientas especializadas para resolver sus problemas de diseño, dimensionamiento y de producción. Por esta razón es que las empresas en sus inicios buscan la forma de comprender el comportamiento que tendrán sus procesos al construirlos, de tal manera que recurren a plantas piloto sumamente complicadas y costosas de construir en la mayoría de los casos; y resultando a veces imprecisas por cálculos erróneos de escala con relación a la planta real.

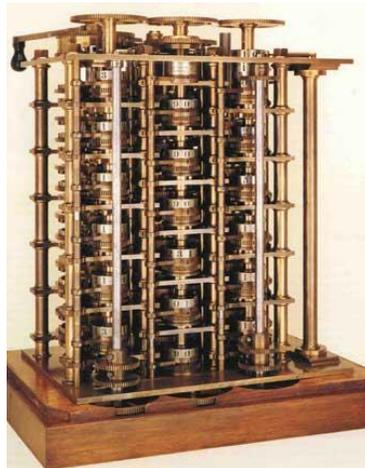
Basándose en las causas expuestas, las empresas recurren a nuevas herramientas de trabajo, como es la simulación. Esta nació prácticamente desde el inicio de la computadora electrónica en 1947, sin embargo debido a la poca capacidad y velocidad de los ordenadores en aquel tiempo, la simulación era prácticamente nula. Luego de algunos años, con los avances de técnicas numéricas y lenguajes de computación, los ingenieros dedicados a la simulación lograron avanzar sustancialmente en sus propósitos.

La historia de la simulación tiene su inicio conjuntamente con la de la computación, la misma que nace con la construcción del primer elemento capaz de realizar operaciones matemáticas con ayuda del ser humano, este fue denominado Ábaco¹, creado alrededor del año 1000 a.C. en China. El avance

¹ Ábaco: Todo instrumento que sirve para efectuar manualmente cálculos aritméticos mediante marcadores deslizables. (Concepto extraído de DRAE (Diccionario de la Real Academia Española))

de esta tecnología sufre un cambio sustancial en 1614 cuando John Napier publica sus tablas de logaritmos y William Oughtred construye la primera regla de cálculo basada en esos logaritmos. Posteriormente en 1642, Pascal construye la primera calculadora mecánica.

El matemático inglés Charles Babbage diseña en 1835 una máquina que en si misma era ya un ordenador, por lo que puede considerársele como el primero que estableció los principios de los modernos ordenadores. Consistía en una memoria formada por ruedas dentadas de diez posiciones que almacenaban cada una un dígito decimal, una unidad aritmética, un programa de tarjetas perforadas, una unidad de entrada y una unidad de salida que mostraba el resultado del cálculo. (Antonio Creus Solé, 1989)²



Maquina Analítica de Charles Babbage

En 1944 Howard H. Aiken, de la Universidad de Harvard en colaboración con IBM (International Business Machines), desarrolla el primer ordenador de uso general, el MARK I, dotado de 700.000

² CREUS SOLÉ, Antonio, *Simulación de Procesos con PC* – primera Edición, Editorial Marcombo, España, 1989, p. 12

elementos electrónicos [...]. En 1951 Remington Rand fabrica el primer computador en serie, y en 1953 IBM fabrica su primer ordenador para aplicaciones científicas, siguiendo después NCR, RCA, GEC,.... A partir de este momento el desarrollo del ordenador es muy rápido, apareciendo nuevos modelos en períodos denominados generaciones. (Antonio Creus Solé, 1989)³

Como podremos darnos cuenta en la actualidad los ordenadores son de mucha más capacidad que los mencionados anteriormente y completamente diferentes, de tamaño muy pequeño y de gran velocidad. Este fenómeno se debe a la aceleración creciente de la creación tecnológica que mantiene el ser humano, otorgándole posibilidades inimaginables hacia apenas un par de décadas. Lo que definitivamente ha contribuido en el avance de la simulación de procesos.

Se puede definir a la simulación como: “Técnica numérica para realizar experimentos en un ordenador digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos períodos de tiempo⁴.” (H. Maisel y G. Gnugnoli)

Los programas para generar simulaciones, empiezan a difundirse desde aproximadamente 1950, esto debido a que los costos y velocidad alcanzada por dichos programas eran atractivos para los empresarios. En este año se inició la simulación en empresas petroquímicas, las cuales eran pioneras con estos sistemas, obviamente debido a los grandes costos que se reducían al lograr simular distintas mezclas de combustibles y conocer sus compartimientos en los distintos motores antes de ponerlas en práctica.

³ CREUS SOLÉ, Antonio. Op. Cit. p. 12

⁴ COSS BU, Raúl, *Simulación, Un Enfoque Práctico* – vigésima Edición, Editorial Limusa S.A, México, 2003

Los primeros programas de simulación estaban adaptados para los ordenadores de aquel entonces, por esas razones eran únicamente numéricos y con complicadas ecuaciones que tenían que ser manejadas por el usuario. En la actualidad los simuladores son completamente distintos, ya que poseen una interfaz gráfica muy amigable con el usuario, facilitándole el ingreso de los datos y evitándole la necesidad de interactuar directamente con las ecuaciones que resuelven el problema planteado. A más de estas facilidades que brindan los actuales simuladores, es de suma importancia la forma en que muestran los resultados, que a más de las tradicionales secuencias numéricas, revelan imágenes en tres dimensiones de que podría suceder al realizar tal o cual acción, proporcionando una extraordinaria visión del resultado.

Así es como la simulación ha ido creciendo a través del tiempo, abriéndose paso entre los procesos dentro de las industrias. No obstante, es importante recordar que un simulador no hace más que el arduo trabajo de cálculo, es decir que no dará respuesta al problema planteado sino más bien las condiciones necesarias para analizar las posibles soluciones.

En otras palabras y recordando al Dr. Vicente Albeniz⁵ quien decía en su exposición “Hace muchos años la frase puesta en práctica era “pienso luego existo”, ahora ha cambiado a ser una filosofía basada en la frase “hago *click*⁶ luego pienso” ”; la que nos lleva a concluir dentro de la simulación, que hay que conocer muy bien qué es lo que el programa puede realizar y que los datos ingresados sean los correctos, de tal forma que la respuesta que obtengamos sea precisa y adecuada a la situación.

⁵ Expositor del I Congreso Internacional de la Asociación Ecuatoriana de Facultades, Escuelas y Carreras de Ingeniería, llevado a cabo el 25 y 26 de Marzo de 2010 en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca – Ecuador.

⁶ Click: Hace referencia a pulsar el botón izquierdo de una ratón de computador

1.2 Concepto, Enfoque y Funcionamiento de la Simulación de Procesos

1.2.1 Conceptos

Antes de poder definir el concepto de simulación, debemos conocer y diferenciar claramente los términos sistemas y modelos, que serán de necesarios para la comprensión de la simulación.

El término sistema se utiliza habitualmente con múltiples sentidos, tantos que resulta difícil dar una definición única que los abarque todos y al mismo tiempo sea lo suficientemente precisa para servir a propósitos específicos. Podemos partir de la definición de sistema como conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a determinado objeto [...]. (Barceló, Jaime 1996).⁷

En la definición que expone el Dr. Jaime Barceló, catedrático del departamento de estadística e investigación operativa de la Universidad Politécnica de Cataluña, podemos notar la generalidad del concepto, esto se debe a que los sistemas se encuentran presentes en todas las ciencias existentes, por lo que para nuestro objeto, podríamos decir que los sistemas son conjuntos mixtos o simples de máquinas, componentes y personas que en un orden adecuado realizan una tarea común.

“Modelo es un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento”.⁸

⁷ Barceló, Jaime, *Simulación de Sistemas Discretos* – primera Edición, Editorial Isdefe, Madrid – España, 1996. P. 18

⁸ Concepto extraído de DRAE (Diccionario de la Real Academia Española)

La Real Academia de la Lengua Española, define la palabra modelo exactamente igual al concepto utilizado dentro de la simulación, por lo que tomaremos este para nuestro análisis posterior.

Una vez definidos los conceptos relacionados a los sistemas y modelos, podemos determinar el concepto de simulación.

“La simulación es una forma de reproducir las condiciones de un sistema dinámico dado, por medio de un modelo computarizado, con el objeto de estudiar, evaluar, probar, entrenar, y mejorar el desempeño de dicho sistema.”
(Los Autores, 2010)

1.2.2 Enfoque de la Simulación

Los enfoques de prueba - error con el sistema real son costosos, llevan tiempo y pueden resultar peligrosos. Por esto es que la simulación se enfoca directamente a la reducción de costos, tiempo y riesgos.

Las características de la simulación que la vuelven una herramienta poderosa en el contexto actual para la planeación y la toma de decisiones dentro de las organizaciones, pueden resumirse como sigue:

- ✓ Considera la variabilidad de los sistemas.
- ✓ Se puede modelar cualquier sistema.
- ✓ Muestra el comportamiento del sistema a través del tiempo.
- ✓ Es menos costosa, demorada y peligrosa que el experimentar con el sistema real.
- ✓ Proporciona información sobre las medidas de desempeño.
- ✓ Proporciona resultados que son fáciles de entender y comunicar.
- ✓ Corre en tiempo comprimido, real o en cámara lenta.
- ✓ Obliga a poner atención a los detalles en el diseño.

La simulación dentro de su enfoque apunta su aplicabilidad a varias áreas de una industria, y por ende a las de la Ingeniería Industrial, las cuales se describen a continuación:

- ✓ Flujo de trabajo
- ✓ Planeación de la capacidad
- ✓ Reducción del tiempo de ciclo de trabajo
- ✓ Planeación del uso de Recursos de Materia Prima y Personal
- ✓ Priorización del las ordenes de trabajo
- ✓ Análisis de cuellos de botella (TOC)⁹
- ✓ Mejoramiento de la calidad
- ✓ Análisis de distribución de planta
- ✓ Sistemas Logísticos
- ✓ Mejoramiento de empresas de Servicios

No todos los problemas que se pueden resolver con el empleo de la simulación, debe seleccionarse la herramienta adecuada para cada tarea, en algunos casos usar la simulación puede ser un exceso, como usar una escopeta para matar una mosca. Como guía general, la simulación es apropiada si los siguientes criterios son válidos (CHARLES, BIMAN, ROYCE 2004)¹⁰:

- ✓ Se está tomando una decisión operacional (lógica o cuantitativa).
- ✓ El proceso analizado está bien definido y es repetitivo.
- ✓ Las actividades y eventos tienen cierta interdependencia y variabilidad.
- ✓ El impacto en el costo de la decisión es mayor que el costo de realizar la simulación.
- ✓ El costo de experimentar con el sistema real es mayor que el costo de realizar la simulación.

⁹ TOC: Teoría de Restricciones (Si el lector desea ampliar el concepto, revisar los libros “La Meta de Eliyahu M. Goldratt” y “Manual del Ingeniero Industrial de Maynard”)

¹⁰ CHARLES, Harrell; BIMAN, Ghosh; ROYCE, Bowden, *Simulation Using Promodel*, primera Edición, Editorial McGraw-Hill, Estados Unidos, 2004

1.2.3 Funcionamiento de la Simulación de Procesos

La simulación de un sistema dinámico está basada en diferentes elementos de un sistema (entidades, actividades, recursos y controles), métrica de sistema (tiempo de flujo, utilización, tiempo de valor agregado, tiempo de espera, régimen de flujo, niveles de inventario y en fila, productividad, respuesta al cliente, Varianza), variables (decisión, respuesta, estado).

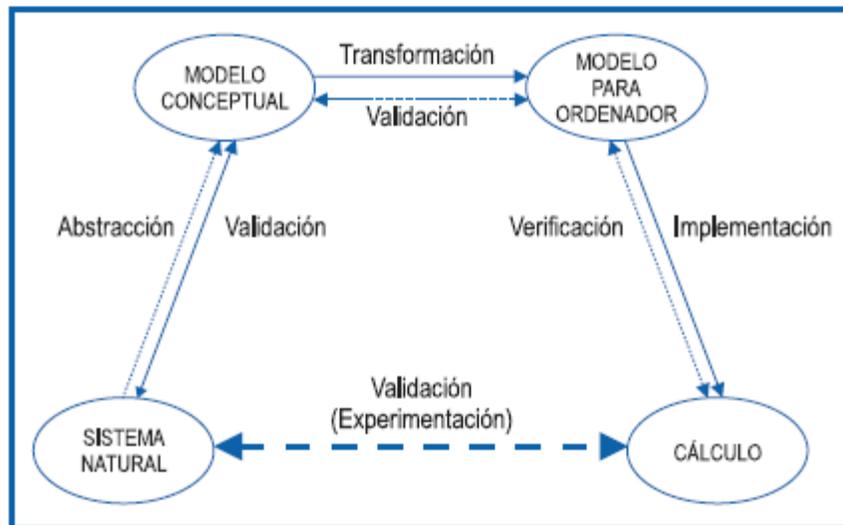


Imagen tomada del libro Simulación de Sistemas Discretos¹¹

El funcionamiento de la simulación tiene también como parte fundamental a los eventos discretos y los continuos, o una mezcla de ambos. Para diferenciar ambos tipos de eventos, podemos decir que un evento discreto se da cuando los cambios de estado ocurren en puntos discretos en el tiempo, mientras que los eventos continuos se dan cuando las variables de estado cambian continuamente con respecto al tiempo. Este último caso es el de los sistemas dinámicos, los cuales se forman en las industrias.

¹¹ Barceló, Jaime. Op. Cit. p. 24

1.3 Construcción y Validación de los Sistemas y Modelos en Simulación

1.3.1 Construcción de un Sistema¹²

1.3.1.1 Elementos de un Sistema

Los elementos del sistema son las bases principales, pues sin ellos carecería de sentido el mismo. Estos elementos son:

- ✓ Entidades.- Lo que se procesa a través del sistema (productos, clientes, documentos, etc.)
- ✓ Actividades.- Tareas realizadas en el sistema que están directa o indirectamente involucradas en el procesamiento de las entidades.
- ✓ Recursos.- Son los medios con los que se realizan las actividades.
- ✓ Controles.- Indican cómo, cuándo y dónde se realizan las actividades.

1.3.1.2 Variables del Sistema

Existen tres tipos de variables que se encuentran inmersas dentro de un sistema, las cuales se numeran con una breve explicación a continuación:

- ✓ Variables de decisión.- Son variables independientes o factores de entrada.
- ✓ Variables de respuesta.- Son variables de salida que miden el desempeño del sistema.
- ✓ Variables de estado.- Indican el estado del sistema en un momento dado.

Los sistemas también cuentan con una parte métrica, la cual ya fue descrita en el funcionamiento de la simulación de procesos.

¹² La construcción del sistema hace referencia a las partes que deben ser tomadas en cuenta dentro de un sistema para construir una simulación, y no a la construcción física del mismo, ya que esto significaría elaborar por ejemplo una línea de producción de cárnicos, la cual sería un sistema real.

1.3.1.3 Enfoque del Sistema

El enfoque del sistema debe ser siempre completo, es decir que cuando se realiza una simulación para optimizar una parte del sistema, debe simularse su todo y no una sola parte, ya que el resultado de esta última acción podría generar un efecto contrario de lo deseado. El enfoque que debe realizarse consta de 4 pasos fundamentales:

- ✓ Identificar problemas y oportunidades
- ✓ Desarrollar soluciones alternativas
- ✓ Evaluar las soluciones en todo el sistema
- ✓ Seleccionar e implementar la mejor solución

Se considera dentro de un sistema también a la parte métrica. **Cfr. Supra**¹³

1.3.2 El Proceso de la Simulación previa a la construcción del Modelo

Antes de construir el modelo se deben realizar dos pasos, los mismos que deben basarse en actividades importantes, que respondan a preguntas como: ¿El proceso está bien definido?, ¿Existe información de este proceso?, ¿El proceso es variable?, ¿El ahorro generado es mayor en simulación?, ¿El tiempo para construir el modelo y realizar las pruebas es adecuado?, ¿Existe la disposición Gerencial para el proceso de simulación?, si la respuesta a cualquiera de estas preguntas es no, entonces por ningún motivo debe realizarse la simulación, ya que generará mayor cantidad de pérdidas que beneficios.

Luego se debe seleccionar el software a usar, el que se basará en las siguientes condiciones:

¹³ Expresadas en “El funcionamiento de la simulación de Procesos” de este mismo documento

- ✓ Aplicabilidad al proceso a simularse
- ✓ Calidad del software
- ✓ Características y Facilidad de Uso
- ✓ Capacidad (no debe ser sobredimensionado ni subdimensionado)
- ✓ Costo

1.3.2.1 Pasos para la elaboración de la Simulación

Los pasos para la elaboración de una simulación están divididos en seis, los cuales deberán seguirse uno a uno sin obviar cualquiera de ellos, ya que al hacerlo se generarán resultados erróneos.

1. Definición del objetivo y alcance
2. Recolección y Análisis de los datos del sistema
3. Construcción del modelo
4. Validación del modelo
5. Realización de experimentos de simulación
6. Presentación de resultados

Paso1: Definición del objetivo y alcance

Los objetivos están directamente relacionados con las decisiones del diseño o las operativas, y se pueden fundamentarse en:

- ✓ Capacidad
- ✓ Restricciones
- ✓ Desempeño
- ✓ Optimización

Estas divisiones a la vez pueden contener objetivos específicos, los mismos que quedarán a criterio del analista.

Para lograr que estos objetivos contribuyan al resultado deseado, es necesario tomar en cuenta:

- ✓ El objetivo es alcanzable
- ✓ El potencial de impacto
- ✓ Especificidad
- ✓ Es Cuantificable
- ✓ Es Medible
- ✓ Identifica restricciones

La determinación del Alcance incluye:

- ✓ Alcance del Modelo.- que sistemas se va a modelar
- ✓ Detalle del Modelo.- que pretende alcanzar la simulación del sistema
- ✓ Recolección de datos.- que datos son necesarios en base al detalle
- ✓ Experimentación.- cuantos probables escenarios se analizarán
- ✓ Presentación de Resultados.- como se presentan los resultados es de suma importancia para el proyecto de simulación

Algunas veces los proyectos de simulación pueden fallar por equivocaciones en la elaboración de sus objetivos o el alcance de este. Errores como:

- ✓ Objetivos inalcanzables o poco claros
- ✓ Datos insuficientes
- ✓ Impacto muy alto
- ✓ Las restricciones a resolver no son relevantes
- ✓ El modelo es muy reducido y sus respuestas resultan erróneas
- ✓ La gerencia o presidencia no apoya el proyecto

Paso2: Recolección y Análisis de los datos del sistema

Para elaborar la recolección de datos en el sistema que se pretende simular, se requiere hacerlo de manera precisa, es decir obteniendo los datos que realmente servirán para elaborar el modelo, de tal forma que es importante tomar en cuenta:

1. Identificar los eventos que causan el problema.
2. Orientarse únicamente en los factores claves.
3. Recoja los tiempos reales de la actividad.
4. Diferencie las variables de entrada de las de respuesta o salida.

Una vez identificados que los lineamientos expresados están claros, se debe seguir una sucesión ordenada de pasos para la recolección de los datos, la cual no siempre tiene que ser igual, pero de manera muy general podría ser así si el analista lo acepta:

1. Establecer los requisitos de los datos

En este paso se debe determinar si los datos requieren ser de estructura, de operación, numéricos o de entrevista. Estos en su respectivo orden contemplan, los objetos del sistema a modelar, el funcionamiento del sistema, información cuantitativa acerca de los sistemas y detalles extraídos de quienes están inmersos en el proceso.

2. Identificar las fuentes de recolección de datos

Las fuentes deben ser siempre confiables y completas, tales como: Registros históricos, observaciones del analista, entrevistas, información de clientes, datos de diseño e investigación literaria.

3. Recolectar los datos

Se debe seguir un orden establecido cuando se recolecta datos, con la finalidad de facilitar el análisis posterior y no obviar detalles importantes; para el efecto debe definirse el flujo de las entidades¹⁴ en primer lugar, luego se da la descripción de la operación, la que deberá contar con información para cada tipo de entidad (requisitos de tiempo, recursos, donde se dirigen las entidades, cuando y en qué cantidad se dirigen, tiempo y recursos para el movimiento de la entidad a la siguiente operación), posteriormente se realizará la definición de detalles que aporten a la modelización y finalmente la revisión de los datos (verificar si son suficientes y eliminar sesgos¹⁵).

4. Suposiciones de datos donde resulta necesario

En varias ocasiones, los datos obtenidos no son suficientes o resultan erróneos a la vista del analista, debido a que el sistema es nuevo o no funciona bien. Cuando se da este caso el analista debe suponer ciertos datos, siempre y cuando tenga experiencia en el proceso, y tomando en cuenta que esto afectará directamente a los resultados obtenidos, por lo que tendrá que analizarlos de forma más minuciosa.

5. Análisis de datos

Los datos antes de ser utilizados deben pasar por un proceso estadístico, que corrobore la veracidad o precisión de los mismos. Este análisis debe asegurarse en primer lugar que vienen de la misma población y con la misma distribución¹⁶ teórica, la que podría ser discreta (binomial, posición, etc.) o continua (uniforme, normal, etc.)

¹⁴ Cfr. *Infra*

¹⁵ Sesgo: grupos no comparables debido a cómo se obtuvieron los datos

¹⁶ Si desea conocer las distribuciones discretas y continuas, consultar: “Gonzales Francisco; *Luceño Alberto Métodos Estadísticos para Medir, Describir y controlar la variabilidad*, primera edición, 2006”

6. Aprobar y Documentar los datos

Antes de documentar los datos deben ser aprobadas por un equipo consultor o el gerente de la planta, esto se dará en la presentación de los mismos, por ello que es importante que al presentarse estos se lo haga de la manera más adecuada y concreta posible (utilizar tablas y gráficos). Una vez aprobados los datos se procederá a documentar en los archivos de la empresa, con la finalidad de poder realizar futuras consultas en ellos.

1.3.3 Construcción del Modelo

Paso3: Construcción del modelo

1.3.3.1 Conceptos y Nociones

Las ideas a cerca de la simulación, expresadas en el documento hasta el momento, podrían resumirse de la siguiente forma:

Si las relaciones que constituyen el modelo matemático de un sistema lo permiten pueden obtenerse soluciones exactas de forma analítica que proporcionan respuestas a las cuestiones de interés sobre el sistema a través de las soluciones producidas por el modelo. (Barceló Jaime, 1996)¹⁷

Cuando resulta muy compleja la resolución del modelo mediante cálculos, y dudamos de los resultados obtenidos, es cuando se recurre a los métodos numéricos para facilitar y precisar los cálculos realizados. La simulación es parte o está inmersa dentro de las técnicas numéricas.

¹⁷ Barceló, Jaime. Op. Cit. p. 114

Por Simulación de Sistemas entendemos el proceso de representar un sistema por medio de un modelo simbólico¹⁸ que puede manipularse por medio de un computador digital para que proporcione resultados numéricos. El computador permitirá evaluar numéricamente un modelo de simulación durante un intervalo de tiempo significativo para los objetivos del estudio, y recoger durante el mismo, datos que posibiliten la estimación de las características deseadas del modelo. (Barceló Jaime, 1996)¹⁹

Para poder nombrar adecuadamente a este proceso, utilizaremos los términos simulación y modelización; el primero de ellos ya lo definimos anteriormente, mientras que el segundo significa: las relaciones que se dan entre los sistemas reales y los modelos de estos, es decir el proceso que seguimos para la construcción de un modelo.

Existe también el termino modelización por simulación, que es lo que en capítulos futuros se plasmará para elaborar las propuesta de mejora, por ello resulta valedero dar a conocer su significado.

La Modelización por Simulación (Simulation Modelling), supone que podemos describir un sistema en unos términos que son aceptables para un computador para poder describir sus cambios. Para aquellos sistemas cuyos cambios son discretos²⁰ el concepto clave es el de la descripción del estado del sistema. Si un sistema puede ser caracterizado por un conjunto de variables, de manera que cada combinación de valores de las variables represente un estado único, o condición del sistema,

¹⁸ Modelo Simbólico: representación de la realidad en un ordenador (De los autores)

¹⁹ Barceló, Jaime. Op. Cit. p. 114

²⁰ Hace relación a los sistemas discretos

entonces la manipulación de las variables simula el movimiento del sistema de estado a estado.²¹

1.3.3.2 Elementos Estructurales del Modelo

- ✓ Entidades: Los artículos procesados en el sistema.
- ✓ Ubicaciones: Sitios donde se procesan o mantienen las entidades.
- ✓ Recursos: Agentes empleados en el procesamiento de las entidades
- ✓ Trayectorias: La ruta de viaje de las entidades y recursos en el sistema

Entidades

Al ser las entidades los objetos procesados en el sistema, que a la larga representan las entradas y salidas del mismo, deben incluirse todas aquellas que influyan en el problema a resolver o que se puedan ver afectadas por los efectos de cambios implementados en otras. En otras palabras podemos decir, que si se pudiera representar de manera correcta la dinámica del sistema sin incluir alguna entidad, entonces no será necesario hacerlo.²²

Ubicaciones

El procesamiento, espera o toma de decisiones son las actividades que se realizan dentro de las ubicaciones. Dependiendo del sistema, en general se deben incluir las siguientes ubicaciones:

- ✓ Proceso (prensado, torneado, escarreado²³, etc.)
- ✓ Espera para que se cumplan condiciones establecidas

²¹ Idem., p. 115

²² Ing. Fabián Ledesma, Catedrático de la Universidad Politécnica Salesiana, Materia de Simulación de Procesos, Diciembre 2009

²³ Pulido del diámetro interior de las bases

- ✓ Decisión sobre la ruta a tomar posterior al proceso realizado
- ✓ Ejecución de acción o decisión lógica (control de calidad²⁴)

Recursos

Hacen referencia a los agentes utilizados para procesar las entidades, y deben ser incluidos en medida de su efecto en las consecuencias del funcionamiento del sistema, los que podrían ser:²⁵

- ✓ Móviles.- se debe incluir el tiempo de movimiento de estos (ejemplo: quipos de medición)
- ✓ De Transporte.- recursos utilizados para mover las entidades, como son grúas, monta cargas, etc.

Si el analista lo considera pertinente, podrían incluirse también como recursos a: electricidad, combustible, aire comprimido, gas, herramientas consumibles²⁶, grapas, etc.

Trayectoria

Son aquellas que definen el recorrido de entidades y recursos a través de las ubicaciones o el sistema, las que podrían estar solas o conectadas si forman una red de rutas.

²⁴ BERTRAND, Hansen; PRABHAKAR, Ghare, *Control de Calidad Teoría y Aplicaciones*, Editorial Díaz de Santos S.A, Madrid – España, 1990.

²⁵ Ing. Fabián Ledesma, Catedrático de la Universidad Politécnica Salesiana, Materia de Simulación de Procesos, Diciembre 2009

²⁶ Hacen relación a herramientas que se desgastan con el proceso o el tiempo, como cera de pulido.

1.3.3.3 Elementos Operacionales del Modelo

Los elementos operacionales se encargan de precisar el comportamiento de todos los elementos físicos de un sistema y como se relacionan entre sí.

Rutas

Son aquellas que definen el flujo de las entidades entre ubicaciones. Existen varios tipos de estas rutas, en general son:

- ✓ *Probabilística*: Ruta de acuerdo a una distribución probabilística.
- ✓ *Primera disponible*: Las entidades se dirigen a la primera ubicación disponible.
- ✓ *Por turno*: La selección va de acuerdo a las ubicaciones en la lista.
- ✓ *Mayor capacidad disponible*: Las entidades seleccionan la ubicación que tenga la mayor capacidad disponible.
- ✓ *Unidad llena*: Las entidades se dirigen a una ubicación hasta llenarla y luego cambian a otra.
- ✓ *Aleatoria*: Las entidades se seleccionan de manera aleatoria la ubicación a la que se dirigirán.
- ✓ *Condición del usuario*: Las entidades seleccionan de una lista de ubicaciones en base a una condición indicada por el usuario.

Operaciones a las Entidades

Estas son las encargadas de definir el proceso que sufre la entidad dentro de la ubicación, recalando que lo más importante es el tiempo que se demora la entidad y no el tipo de proceso al que se encuentra expuesto.

Consolidación de Entidades

En algunos casos las entidades están conectadas de algún modo con otras entidades para pasar por determinado proceso, como por ejemplo: agrupar componentes para realizar procesos de decapado²⁷, quemado en hornos, etc.

Agregar Entidades

Este elemento se hace presente cuando se añaden entidades a otra en alguna ubicación específica. Por ejemplo se da en el ensamble de un componente con otro.

División de Entidades

En algunos procesos las entidades se dividen en dos o más. Por ejemplo cuando la materia prima es dividida en varios componentes, o cuando existe descarga de un contenedor en artículos individuales, etc.

Llegada de las Entidades

Este paso define el tiempo, cantidad, frecuencia, y ubicación de las entidades que están o entran al sistema, y se da de diferentes maneras:

- ✓ Llegadas Periódicas.- se da en cantidades variables o constantes con cierta frecuencia, y en un intervalo de tiempo, que se rige por una variable aleatoria.
- ✓ Llegadas Programadas.- se da cuando las entidades llegan en un tiempo específico, que podrían traer alguna variación, siempre y cuando este definida.

²⁷ Realizar un tratamiento de superficies a componentes fabricados con minerales metálicos (de los Autores)

- ✓ Llegadas Fluctuantes.- las entidades entran en el sistema con una taza fluctuante en base al tiempo
- ✓ Llegadas Ocasionadas por otro evento.- ocurre en varias ocasiones, por ejemplo cuando se descarga inventario de la bodega al proceso, o cuando una ubicación a terminado un proceso.

Movimiento de las Entidades y Recursos

El movimiento en la construcción de un modelo puede ser de suma relevancia al obtener los resultados o simplemente insignificantes, todo dependerá del sistema que se esté modelando o en otros casos de una actividad específica, por lo que incluirlo dependerá del analista, quien tiene tres opciones para este caso.

1. Ignorar los movimientos en el sistema, un proceso o una actividad.
2. Modelar el movimiento utilizando tiempos simples, los cuales emplean velocidad y distancia.
3. Modelar al igual que en el paso dos, con tiempos, velocidad y distancia; pero utilizando para ello redes de trayectoria tornando más preciso es modelo.

Prioridades

Dentro de la simulación, y particularmente en los software, se puede dar prioridades a las entidades, recursos o ubicaciones, con el objetivo de modelar casos especiales o con cierto orden rígido a cumplirse.

Suspender una Operación por Otra

Cuando existe en las plantas industriales pedidos urgentes, algunas veces se interrumpe la producción de un modelo para fabricar otro, que a pesar de no ser

lo más recomendable en ciertos casos es necesario. Este tipo de eventos inesperados, también pueden ser simulados.

Por ejemplo se podría dar la orden a una ubicación específica, que deje de fabricar un “modelo x”, para pasar a elaborar uno “y” en caso de que arribe una materia prima específica.

El Tiempo de Simulación

Establecer el tiempo de la simulación es muy importante para la obtención de resultados, pues es adecuado obtener estos con el tiempo disponible, que dependerá si se está analizando una actividad, un proceso, un turno entero o todo un día. Si se obtienen los resultados con un tiempo de simulación diferente al disponible, hay que ser más cautelosos en el análisis de los resultados obtenidos.

Paros y Reparaciones

Los paros y reparaciones se deben incluir dentro del modelo, ya que podrían ocurrir en cualquier momento, y se deben asignar basados en historiales²⁸ y algunos parámetros como:

- ✓ Tiempos de paro con base en tiempo de uso
- ✓ Tiempo de paro en base al tiempo total transcurrido
- ✓ Tiempos de paro con base en número de veces de uso

Al igual que en los movimientos, estos paros y reparaciones quedarán a criterio del analista el incluirlos o no, pues podrían resultar relevantes como poco importantes dentro del sistema.

²⁸ Los historiales serán los que hagan relación a parada de máquinas por reparaciones o cambios de matrices

Las Entidades dentro de las interrupciones

Cuando se da una interrupción por paros o reparaciones, debemos ordenar a la simulación que sucederá con las entidades que en ese momento se encuentran en algún proceso. Estas órdenes o decisiones, podrán ser: Que la entidad continúe su proceso una vez reparado el fallo, que esta busque otra ubicación donde continuar su proceso o que sea desechada.

Modelar situaciones raras y costos de modelado

Cuando existen situaciones que ocurren rara vez dentro de una planta de producción, es mejor no incluirlas en el sistema a menos de que su impacto sea realmente relevante, en tal caso deberán incluirse, pero manejándolas con cierto cuidado.

Por otro lado, los costos del modelado deberán incluirse dentro del proceso de la simulación, para poder tomar una decisión adecuada.

1.4 Verificación y Validación del Modelo

El paso previo a la presentación de los resultados obtenidos en la simulación, es la verificación del modelo. Ya que la simulación es un proceso de errores, se deberá realizar iteraciones para perfeccionar el modelo, pues el analista deberá estar completamente seguro que el sistema que se encuentra modelando se comportará de igual forma que el real, con miras a que los resultados obtenidos sean de utilidad.

Paso4: Realización de experimentos de simulación

1.4.1 Practicas que facilitan la verificación del modelo

Existen varias prácticas que ayudan a la verificación de un modelo, se nombrarán algunas de forma general:

- ✓ Simplificar el modelo al máximo posible
- ✓ Que sus resultados sean fáciles de leer y entender
- ✓ Realizar una documentación extensa
- ✓ No incluir actividades, procesos o cualquier otra cosa que no sean relevantes dentro del sistema

Casi siempre los modelos presentan errores, los cuales pueden ser evitados con algunas medidas de prevención, que pueden ser:

- ✓ Si el sistema es muy grande, se puede modelar por partes para luego unirlo.
- ✓ Conforme avanza el modelo, se puede ir dando detalles al mismo, con el objetivo de no tener muchos errores en la corrida inicial.
- ✓ Diseñar desde los niveles más altos hacia los más bajos, es decir desde lo esencial para el funcionamiento hasta los detalles.
- ✓ Controlar el comportamiento del modelo cuando se realizan cambios

Otra alternativa valdadera de comprobar si el comportamiento del modelo es adecuado, es utilizando datos comparativos. Es decir que se podrían utilizar los datos históricos para saber si el modelo hasta ese punto de su construcción guarda relación con lo real, o en su defecto se podría crear un modelo matemático sencillo de los principales procesos, el cual arroje datos sencillos y primordiales para ser comparados con el modelo de la

simulación. Esto prevendrá al modelador, que los resultados se encuentren completamente alejados de la realidad.²⁹

Existen también algunas técnicas que bien podrían ser utilizadas en la verificación del modelo:

- ✓ Revisar el código del modelo.- para verificar errores de escritura e inconsistencias.
- ✓ Observar la animación.- aquí se puede observar si el modelo realiza sus procesos en el orden adecuado o identificar cualquier otro tipo de falla a si ple vista del analista
- ✓ Herramientas que buscan errores.- este es una de las técnicas más indicadas para buscar errores que el analista no puede observar a simple vista, pues la mayoría de los software buscan errores de codificación muchas veces imperceptibles, pero que sin embargo afectan a los resultados obtenidos, o en el peor de los casos no permite que la simulación corra.

1.4.2 Validación del Modelo

En este paso se determinará, si realmente el modelo ya verificado es valedero con respecto al real. Existen varias formas de validarlo, las cuales deberán ser utilizadas en una combinación.

- ✓ Observar detenidamente la animación
- ✓ Compararla con otros modelos
- ✓ Compararla con el sistema real si es que existe
- ✓ Probar todas las condiciones posibles, incluso las impensadas o imposibles (condiciones extremas)

²⁹ Ing. Fabián Ledesma, Catedrático de la Universidad Politécnica Salesiana, Materia de Simulación de Procesos, Diciembre 2009

- ✓ Si existen datos históricos, deberá probarse con estos para comparar resultados
- ✓ Correr varias veces el modelo, para verificar que no se generen errores

Resultará necesario mantener en el tiempo la validación del modelo. Es decir que en caso de que el sistema se construya después de la simulación, es normal que el sistema real tenga cambios no contemplados en el modelo, que deberán ser modificados a tiempo para seguir utilizándolo. De igual manera se debe realizar en un modelo con base en un sistema real.

1.5 Análisis de los Resultados

Para realizar la presentación de los resultados, el analista debe realizar un análisis de los mismos, de tal modo que llegue a comprenderlos completamente para poder realizar una presentación limpia.

Paso6: Presentación de resultados

1.5.1 Análisis Estadístico

Los conceptos estadísticos para el análisis, son similares a los de la experimentación en cualquier campo.

- ✓ Las muestras recolectadas se realizan cuando se corre la simulación
- ✓ Se utiliza variables para expresar los distintos resultados obtenidos en la experimentación
- ✓ El tamaño poblacional es extenso
- ✓ Cada vez que se corra el modelo, esa simulación será tomada como muestra única

- ✓ Valoración de los valores iniciales, los que pueden ser históricos, puntuales como la media, varianza, moda, desviación estándar; o valores de intervalo basados en una confiabilidad establecida

Para lograr un intervalo de confianza adecuado, se debe tomar en cuenta:

- ✓ Observaciones independientes, evitando correlaciones entre corrida y corrida del sistema
- ✓ Observaciones con base en distribuciones normales
- ✓ Observaciones de las corridas del modelo constantes

1.5.2 Simulaciones Terminadas e Inconclusas

1.5.2.1 Simulaciones Inconclusas

Una simulación inconclusa es aquella en la que se analiza el comportamiento en estado estable del sistema. No se trata de que la simulación no termine nunca, sino que el sistema simulado no tiene un estado o tiempo de finalización.³⁰

Como ya se dijo se analizará el sistema en estado estable, lo que conlleva a cumplir algunas condiciones.

- ✓ Eliminar sesgos iniciales dejando correr por un tiempo el modelo
- ✓ Determinar la longitud (tiempo) de la corrida, que suele ser infinito
- ✓ Observar las muestras tomadas de las partes que se quiere analizar

³⁰ Ing. Fabián Ledesma, Catedrático de la Universidad Politécnica Salesiana, Materia de Simulación de Procesos, Diciembre 2009

En el primer punto se determina el tiempo de calentamiento que necesita el sistema para comportarse estable, el cual estará en base a una función de los tiempos de las actividades y la cantidad de estas. También se puede correr varias veces el modelo con distintos tiempos, hasta encontrar uno en el que alcance la estabilidad estadística.

Para el segundo punto se presentan mayores dificultades, ya que si la simulación está terminada solo se pondrá el tiempo disponible, mientras que cuando es inconclusa se debe procurar utilizar un tiempo que genere estabilidad en el sistema, una buena forma de hacerlo es utilizando los eventos menos frecuentes que existen y hacer que estos se repitan varias veces (si es posible cientos) para observar el tiempo estable de estos.

En el último punto hay que tomar en cuenta 2 importantes eventos: encontrar el período de calentamiento para eliminarlo y determinar la longitud o tiempo de la corrida. El resto del procedimiento es igual al que se describirá en las simulaciones terminadas.

Otra forma de recolectar estas muestras será con una corrida larga y utilizando los promedios. El problema de este método es que las observaciones no son completamente independientes, por lo que se deberá elegir los intervalos con una separación adecuada para eliminar este problema.

1.5.2.2 Simulaciones Terminadas

En este tipo de simulaciones no se pretende encontrar el estado estable, si no más bien realizar, mediciones con los tiempos reales de fabricación, es decir con un tiempo de inicio dado y una finalización determinada. Este proceso de simulación terminada por lo general se lo hace con el tiempo disponible de una planta en días, horas, o minutos.

Se deben seguir tres pasos distintos para lograr establecer este tipo de simulaciones:

- ✓ Estado inicial del modelo
- ✓ Evento de terminación
- ✓ Repeticiones de la simulación

El primer punto representa como se encuentra el modelo antes de su arranque, esto dependerá de las condiciones establecidas, las cuales pueden cambiar conforme el analista requiera estudiar una u otra situación; pero en general estas deberán ser las del sistema real si es que existe.

Para el caso del evento de terminación, este representa precisamente la finalización de la simulación, que es lo que su nombre indica. Este evento podría ser una hora durante el día o bien una condición que indique la finalización mediante un proceso; de ocurrir este último la hora de finalización será incierta.

Las repeticiones de la corrida del modelo dependerán únicamente del intervalo de confianza que se desea obtener; debido a que a diferencia de la simulación inconclusa este tipo de simulación si posee tiempo de inicio y finalización determinada, se puede iniciar como base con 10 repeticiones, para luego realizar las necesarias que cumplan con el intervalo de confianza.

1.6 La Simulación de Procesos al servicio de las empresas en el contexto mundial

La simulación de procesos es sin lugar a duda una fuente fundamental del desarrollo actual de las empresas de contexto mundial, la cual está en crecimiento.

La actividad científica y de ingeniería que hace uso del modelamiento matemático y la simulación aplicados a la industria de los procesos, es conocida como Ingeniería de Procesos Asistida por Computador (CAPE por sus siglas en inglés). Su desarrollo es de tal importancia que cada año, desde 1991, la Federación Europea de Ingeniería Química organiza un congreso científico mundial bajo la etiqueta ESCAPE (European Symposium on Computer Aided Process Engineering).³¹

Debido a la revolución en las tecnologías de información que sufre desde ya algunos años el mundo, se ha desarrollado en gran medida la simulación, llegando a tener un gran impacto sobre la Ingeniería Industrial, involucrándose prácticamente en todas las etapas del ciclo de vida de un artículo o servicio prestado, desde su generación hasta su elaboración y distribución.

La simulación de procesos en el contexto mundial recae sobre los pasos más importantes de la ingeniería dentro de las industrias, como con: La Investigación y Desarrollo, el Diseño y la Operación propiamente dicha.

La globalización y el desarrollo sostenible llevan a considerar ciertos cambios en el Diseño de Procesos, tales como una alta eficiencia energética y un alto aprovechamiento de las corrientes de materia, flexibilidad, seguridad y manufactura limpia. En ese sentido la simulación de procesos puede contribuir significativamente, mediante el desarrollo de nuevas

³¹ Nestor Benalcazar 19-08-2009, Universidad Técnica Particular de Loja

tecnologías de proceso que minimicen los requerimientos de energía y de materia (cero residuos y contaminantes), y otorgando seguridad absoluta en la operación de la planta mediante la integración de un análisis de controlabilidad (Plant Wide Control) durante las primeras etapas del diseño conceptual.³²

El hecho de que industrias de todo tipo como Automovilística (Ferrari, Continental, Honda, etc), Alimenticia (Arcor, Nestle, Pepsico), Aeronáutica (American Airlines, Air France, Lan, etc), Aeroespacial (NASA³³), Tecnologías de Información (HP, Toshiba, Apple, etc), por nombrar algunas de los miles a nivel mundial, utilicen en una parte parcial o total de sus procesos de diseño, producción y distribución de artículos la Simulación de Procesos, es el indicador más claro de que su utilización se encuentra globalizada, generando un gran avance dentro de las industrias, convirtiéndose obviamente en un método eficiente y de alto rendimiento.

1.7 La Simulación de Procesos al servicio de las empresas en América Latina y Ecuador

Al igual que en el contexto mundial, la simulación de procesos en América Latina crece a un ritmo acelerado, debido a la gran cantidad de beneficios que esta ofrece. A pesar del atraso que llevan los países Latinoamericanos con respecto a los Europeos o a los Norte Americanos, el avance es muy similar en medida de las posibilidades económicas de cada país, pues de una u otra forma el adelanto en tecnologías informáticas es similar en todo el mundo debido a la globalización que brinda el internet.

³² Nestor Benalcazar 19-08-2009, Universidad Técnica Particular de Loja

³³ NASA: Nacional Aeronautics and Space Administration

En los actuales momentos, no es complicado adquirir cualquier tipo de software de simulación mediante internet, dejando al alcance de todas las industrias los más altos desarrollos tecnológicos en este campo. El verdadero problema para trabajar con estos programas computarizados es económico, ya que son costosos, a más de que requieren de muchos instrumentos de medición y máquinas avanzadas para su correcto funcionamiento. Al estar su meditados a la parte económica, cada país avanzará a su ritmo, lo que debido a la crisis económica que sufren los países latinoamericanos excepto por chile, genera un atraso en comparación con el resto del mundo.

A pesar de los problemas económicos de los que hemos hablado, existen varias industrias latinoamericanas e incluso algunas Ecuatorianas que trabajan con este tipo de software, como Arcor, nestle, otras ecuatorianas.

Si bien es cierto son pocas las industrias que barajan esta posibilidad para establecer mejoras en sus procesos, pero esto se debe únicamente a sus posibilidades económicas y mas no al rendimiento de la simulación.

1.8 Conclusiones

- ✓ La simulación data desde hace muchas décadas atrás, tanto así que el Autor de Don Quijote de la Mancha ya la mencionaba entre sus líneas. Sin embargo la simulación de procesos como nosotros la conocemos, inicia aproximadamente en los años 50 con los primeros ordenadores de escritorio creados para experimentación científica por IBM. Desde ese entonces la simulación de procesos se ha abierto paso en casi todos los campos existentes, desde las industrias manufactureras hasta la medicina avanzada, creciendo a la par con la tecnología de la información.
- ✓ Luego de realizar el análisis correspondiente, podemos decir que la simulación de procesos obedece a modelos matemáticos creados en base a sistemas existentes o por instaurar, que pretenden asemejarse lo más posible a la realidad.
- ✓ La simulación de procesos ofrecen la facilidad de realizar ensayos de tipo prueba – error, sin embargo están condicionados por los datos que el analista o creador del modelo predetermine, es por eso que los resultados obtenidos no son exactamente iguales a los de la realidad pero si muy similares. Por esto es que se deben realizar varios estudios previos a la construcción del modelo, estableciendo si existen las condiciones necesarias para simular.
- ✓ Es de vital importancia mencionar que la simulación por sí misma no resolverá los problemas ni dará propuestas de mejora, sino más bien brindará las herramientas necesarias al ser humano para la resolución de problemas; por lo que debemos mencionar que quien se encuentra construyendo un modelo de simulación debe conocer previamente todos los métodos existentes para la resolución de problemas.

ESTUDIO DEL SOFTWARE DE SIMULACION DE PROCESOS INDUSTRIALES (FLEXSIM MANUFACTURING)

2.1 Introducción a “Flexsim Manufacturing”³⁴

Existen varios tipos de software de simulación que cuentan con gráficas tridimensionales de lo que ocurre en un proceso. Sin embargo Flexsim es uno de los más poderosos que existen actualmente, que posee como fin último ayudar al analista en el procesos de toma de decisiones.

La decisión sobre qué valor asignar a las variables de alternativas decisorias se adopta a partir del conocimiento de los valores tomados por las variables de resultados. Tomar una decisión implica la elección entre distintas alternativas (la elección de un valor x entre los posibles valores de las alternativas decisorias). A cada uno de esos valores de x está ligado un resultado y para las de resultados, es decir existe una relación $y = r(x)$ El conocimiento de estas relaciones r , permitirá predecir qué resultado (comportamiento) se obtendrá como consecuencia de cada una de las posibles acciones y por lo tanto elegir aquella que permita el mejor ajuste al objetivo propuesto



³⁴ Software de Simulación de Procesos Industriales, su página web oficial es <http://www.flexsim.com/>

La formulación del problema y el desarrollo de un modelo adecuadamente representativo de la realidad requieren disponer de información (datos) que debe ser recolectada, almacenada y procesada para adecuar su nivel de definición a las necesidades del problema.

A este punto debe dársele gran importancia, pues los resultados que se obtengan al efectuar la simulación, sólo serán válidos como información decisoria ante el sistema real, en la medida que lo sean los datos a partir de los cuales se desarrolló el modelo.

Hablamos de simulación estocástica, ya que los sistemas que se analizan no son determinísticos ni estáticos, es decir que no se podrían estudiar en estado estacionario; por el contrario, son variables, se trabaja entonces con datos aleatorios y dinámicos, que quiere decir que varían con el paso del tiempo.

2.1.1 ¿Qué es Flexsim?

Flexsim es una herramienta de análisis que ayuda a ingenieros y los planificadores a tomar decisiones inteligentes en el diseño y la operación de un sistema. Con Flexsim, se puede desarrollar un modelo de computadora en 3 dimensiones de un sistema de la vida real.

Como una herramienta de análisis "Qué pasaría si", Flexsim provee la realimentación cuantitativa sobre un número de las soluciones propuestas para ayudar rápidamente en la búsqueda de la solución óptima. Con la animación gráfica objetiva y los informes de rendimiento de envergadura de Flexsim, se puede identificar los problemas y valorar las soluciones alternativas en un breve lapso de tiempo.

Flexsim brinda la posibilidad de realizar un modelo de un sistema antes de que sea construido, o evaluar políticas operativas antes de que sean puestas en

funcionamiento, evitando así muchos de los problemas que son comunes en la puesta en marcha de un nuevo sistema. Las mejoras que tardaban meses o años en implementarse pueden ser conseguidas en cuestión de días u horas usando Flexsim.

Es un programa que permite visualizar y probar cambios en las operaciones en cualquier proceso de manufactura, logística, manejo de materiales y de servicios, de la manera más rápida y sencilla, evitando los altos costos, riesgos y extensos tiempos que conllevan el experimentar con cambios en el mundo real y su análisis por prueba – error, generando grandes ahorros.³⁵

Es importante recalcar el modelado 3D que brinda el software, ya que junto con los reportes estadísticos y gráficos en el transcurso de la simulación, presenta de forma más clara, precisa y entendible los resultados al usuario. A más de estas bondades, el hecho de poder importar o exportar datos de entrada automáticamente desde otros programas o bases de datos, lo hace a Flexsim un software sumamente interactivo, ya que le facilitará mucho al usuario las formas de presentar sus resultados, utilizando al mismo tiempo varios programas en distintas formas. Otro gran beneficio que ofrece esta posibilidad, es facilitar el ingreso de ciertos datos que en otras condiciones e vuelven complicados si no se tiene el programa adecuado.

La capacidad de crear videos de las simulaciones desde el mismo Flexsim permite una forma adicional de comunicar, mostrar y compartir los modelos. Permite importar dibujos 3D de una vasta librería ya incluida, modificar estos o bien incorporar dibujos tridimensionales completamente nuevos creados por el usuario. Si se desea se pueden incorporar los layout o planos de cualquier software de CAD³⁶ que se

³⁵ Obtenido de la página web oficial de Flexsim en México (<http://www.flexsim.com.mx>)

³⁶ CAD : Diseño Asistido por Computador (Computer Asisted Disagned)

ajusten al modelo de simulación, ya sea que se estén en dos o tres dimensiones, y Flexsim mantendrá exactamente las dimensiones de estos dibujos.³⁷

Flexsim representa la mayor innovación en software de simulación de los últimos 10 años, al ofrecer todo el poder, flexibilidad y conectividad. Todo esto sumado a su facilidad de uso, permite rápidamente construir modelos simples o complejos de la forma más sencilla y rápida posible, sin necesidad de conocimiento de programación.³⁸

2.1.2 Modelado

En los términos técnicos, Flexsim es clasificado como una software de simulación de eventos discontinuos. Esto quiere decir que cambian de estado en distintos momentos como consecuencia de los eventos específicos. Estados comunes podrían ser clasificaciones como ocioso, ocupado, bloqueado o fuera de servicio, y algunos ejemplos de los eventos serían la llegada de órdenes del cliente, el movimiento de producto, y las fallas de máquina.

Los artículos que están procesado en un modelo de simulación discontinuo - evento son a menudo productos físicos, pero podrían ser también clientes, el papeleo, los dibujos, las tareas, las llamadas telefónicas los mensajes electrónicos, etcétera. Estos artículos siguen a través de las series de procesamiento, haciendo cola o bien cumpliendo un proceso definido. Cada paso del proceso podría requerir uno o más recursos como una computadora, una cinta transportadora, un operador, un vehículo o una herramienta. Algunos de estos recursos son estacionarios y algunos son movibles, algunos recursos son dedicados a

³⁷ Obtenido de la página web oficial de Flexsim en México (<http://www.flexsim.com.mx>)

³⁸ Obtenido de la página web oficial de Flexsim en México (<http://www.flexsim.com.mx>)

una tarea específica y los otros deben ser compartidos por otro cumpliendo tareas múltiples.³⁹

Flexsim es una herramienta versátil que ha sido usada para hacer un modelo de simulación de una gran variedad de sistemas, de varias industrias diferentes. Flexsim es usado por compañías pequeñas y grandes con éxito igual. Flexsim es usado por famosos como General Mills, Daimler Chrysler, Grumman, Discover Card de Northrop, DHL, Bechtel, Bose, Michelin, FedEx, tecnologías de Seagate, Pratt & Whitney, TRW y administración espacial norteamericana.

Hay tres problemas básicos que pueden ser solucionados con Flexsim.

- ✓ Atención de problemas.- la necesidad de procesar a clientes y sus solicitudes en un nivel alto, dar satisfacción para el coste posible más bajo.
- ✓ Los problemas de fabricación.- la necesidad de hacer el producto correcto en el tiempo más bajo posible.
- ✓ Los problemas logísticos.- la necesidad de conseguir el producto correcto en el lugar correcto en el tiempo definido.⁴⁰

Es sorprendentemente eficaz en un modelo de simulación animado, conseguir la atención de los procesos y la manera en que trabaja. La animación exhibida durante una simulación provee un material visual excelente para demostrar cómo funcionará el sistema final.

³⁹ Tomado del Tutorial de Flexsim 4.0 Getting Started (**Getting Started with Flexsim and Simulation**)

⁴⁰ Tomado del Tutorial de Flexsim 4.0 Getting Started (**Getting Started with Flexsim and Simulation**)

2.2 Alcance y Componentes del Software

2.2.1 Alcance del Software

La simulación con Flexsim ayuda a identificar una gran cantidad de problemas inmersos dentro de las industrias, tales como:

- ✓ La simulación permite experimentar con nuevas situaciones, y generar políticas de decisión.
- ✓ Experimentar en un tiempo reducido.
- ✓ La simulación permite, en algunos segundos, analizar procesos que llevaría meses o años en tiempo real.
- ✓ Reducción de los procesos analíticos de investigación y desarrollo convencional.
- ✓ La simulación sirve para estudiar situaciones complejas.
- ✓ Para educación y entrenamiento.
- ✓ Para tener una visión global del sistema.
- ✓ Para poder dividir el sistema en subsistemas.

Flexsim es utilizado de varias formas dentro de una gran diversidad de industrias existentes, las cuales buscan que este software le brinde diversas soluciones, algunas de estas son:

- ✓ Mejore la utilización de equipos
- ✓ Reduzca los tamaños de tiempo de espera y cola
- ✓ Asigne recursos eficientemente
- ✓ Minimice los efectos en contra de las fallas
- ✓ Minimice los efectos en contra de artículos defectuosos y desperdicio
- ✓ Estudie las ideas de inversión alternativas
- ✓ Planes de reducción de coste de estudio
- ✓ Establece tamaños de grupo óptimos

- ✓ Resuelva los asuntos de manejo físicos
- ✓ Entrene a operadores en el comportamiento de sistema en conjunto y la interpretación relacionada al trabajo

2.2.2 Aplicaciones de Flexsim⁴¹

Este software tiene una gran variedad de aplicaciones, las mismas que pueden clasificarse dentro de tres grandes ramas como la manufactura, logística y manejo de materiales, y finalmente en empresas de servicios. Estas aplicaciones son:

Manufactura

- ✓ Programación de la Producción
- ✓ Lean Manufacturing
- ✓ Identificar cuellos de botella
- ✓ Diseño de Layout
- ✓ Balanceo de Líneas
- ✓ Determinación de Capacidades
- ✓ Líneas de Ensamble
- ✓ Reingeniería
- ✓ Six-Sigma y Justo a Tiempo
- ✓ Robótica
- ✓ Automatización
- ✓ Mantenimientos
- ✓ Reducción de Tiempos de Preparación (SMED)⁴²
- ✓ Análisis de Throughput⁴³
- ✓ Planeación de Personal y Recursos

⁴¹ Obtenidas de la página web de Flexsim México (<http://www.flexsim.com.mx>)

⁴² SMED: Cambio de Herramientas en pocos minutos (*Single Minute Exchange of Die*)

⁴³ Throughput: Es la velocidad de generación de dinero dentro de una empresa

Logística y Manejo de Materiales⁴⁴

- ✓ Surtido de Ordenes
- ✓ Evaluación de la Cadena de Suministro⁴⁵
- ✓ Tráfico y Distribución
- ✓ Evaluar sistemas de Almacenaje⁴⁶
- ✓ Sistemas de Transportadores y Bandas
- ✓ Elevadores
- ✓ Capacidades y Tipos de Estantería
- ✓ Vehículos Guiados Automáticamente
- ✓ Determinar número de Montacargas
- ✓ Sistemas Robotizados
- ✓ Determinar Tiempos de Entrega
- ✓ Proceso de Empaque
- ✓ Justificar Inversiones

Servicios

- ✓ Inspecciones de Seguridad en Pasajeros y Equipaje
- ✓ Sistemas Militares
- ✓ Mejorar niveles de Servicio
- ✓ Centros de Llamadas o Call Centers
- ✓ Hospitales y Centros de Emergencia
- ✓ Diseño de Restaurantes de Comidas Rápidas

⁴⁴RONALD H. Ballou, *Logística*, Editorial Prentice Hall

⁴⁵ Para ampliar información sobre la Cadena de Suministros, consultar: PIRES, Silvio R.; CARRETERO Luis, *Gestión de la cadena de suministros* - Primera Edición, McGRAW-HILL/Interamericana de España S.A.

⁴⁶ PEREZ HERRERO, Mariano, *Almacenamiento de Materiale* - primera edición Editorial Marge Books, 2006

2.2.3 Componentes del Software

Antes de iniciar con los pasos para realizar una simulación con Flexsim, será provechoso comprender un poco de la terminología básica del software, y cómo esta es aplicable a los conceptos de simulación generales.

Objetos de Flexsim

Flexsim simula diferentes clases de recursos. Un ejemplo es el objeto de cola, que actúa como un almacenamiento área. La cola puede representar una línea de personas, una cola de procesos libres sobre un CPU, un área de almacenamiento sobre el piso de una fábrica, o una cola de espera en un centro de servicio al cliente. Otro ejemplo de un objeto de Flexsim es el objeto de procesador, que simula una demora o procesamiento. Este objeto puede representar una máquina en una fábrica, un cajero que atiende a un cliente, un empleado de correo que ordena paquetes, etc.

Los objetos de Flexsim son encontrados en los paneles de cuadrícula de la biblioteca de objetos. La cuadrícula es organizada por grupo, de tal manera que sean más fáciles de encontrar y recordando automáticamente los más utilizados que estarán siempre en la lista. Algunos de estos se pueden clasificar en:

- ✓ Flowitems⁴⁷

Flowitems son los objetos que se mueven a través de su modelo. Estos pueden representar partes, paletas, papel, recipientes, personas, las llamadas telefónicas, las órdenes, o algo que se mueva a través del proceso que se está simulando. Los Flowitems pueden tener procesos y pueden ser llevados a través del modelo por recursos de manejo de materiales. En Flexsim, son generados por un centro o fuente. Una vez

⁴⁷ Traducido del Tutorial de Flexsim 4.0 Getting Started (**Getting Started with Flexsim and Simulation**)

que el flowitem a pasado por el modelo será enviado a un objeto receptor.

✓ Itemtype⁴⁸

El itemtype es una etiqueta que es puesta sobre el flowitem que podría representar un número de código de barras, tipo de producto, o número de serie. En Flexsim es puesto para usar el itemtype como una referencia en flowitems de direccionamiento.

✓ Puertos⁴⁹

Cada objeto de Flexsim tiene un número de puerto a través de los que se comunican con otros objetos. Hay tres tipos de puertos: entrada, salida y central.

Puertos de de entrada y salida son usados en el direccionamiento de flowitems. Por ejemplo, un clasificador de correo pone paquetes en una de varias cintas transportadoras dependiendo del destino del paquete. Para simular esto en Flexsim, se conectaría los puertos de producto de un objeto de procesador a los puertos de entrada de algunos objetos, queriendo decir que una vez el procesador (o clasificador de correo) ha terminado de procesar el flowitem (o paquete), lo envía a una cinta transportadora.

Los puertos centrales son usados para crear las referencias de un objeto a otro. Un uso común para puertos centrales es para mencionar objetos movibles como operadores, elevadores de carga, y grúas de recursos fijos como computadoras, colas, o cintas transportadoras.

⁴⁸ Traducido del Tutorial de Flexsim 4.0 Getting Started (**Getting Started with Flexsim and Simulation**)

⁴⁹ Traducido del Tutorial de Flexsim 4.0 Getting Started (**Getting Started with Flexsim and Simulation**)

Los puertos son creados y conectados haciendo clic en un objeto y arrastrar a un segundo objeto, de dos formas.

- 1) Haciendo clic en un objeto y arrastrando a un segundo objeto manteniendo pulsadas diferentes teclas. Si se hace click en la tecla "A" y se arrastra, un puerto de salida se creará en el primer objeto y un puerto de la entrada se creará en el segundo objeto. Estos dos nuevos puertos se conectarán entonces automáticamente. Al mantener presionada la letra "S" se creará un puerto central en los objetos y conectará los dos nuevos puertos. Las conexiones estarán rotas y los puertos anulados al mantener presionado "Q", para puertos de entrada y salida, y "W" para los puertos centrales.
- 2) Entrando en el modo de conexión pulsando el botón con la letra A de la barra. Ya dentro del modo de conexión hay varias formas de hacer una conexión entre dos objetos. Se puede hacer clic en un objeto, luego haga clic en otro objeto; o puede hacer clic y puede arrastrar de un objeto al próximo como otro método. De cualquier modo, se debe tener presente que la dirección de flujo de una conexión es dependiente del orden en que se hace la conexión. El flujo va del primer objeto al segundo objeto. A propósito, las conexiones pueden ser rotas pulsando el botón "Q" y arrastrando desde un objeto a otro de la misma manera como cuando los conectó.

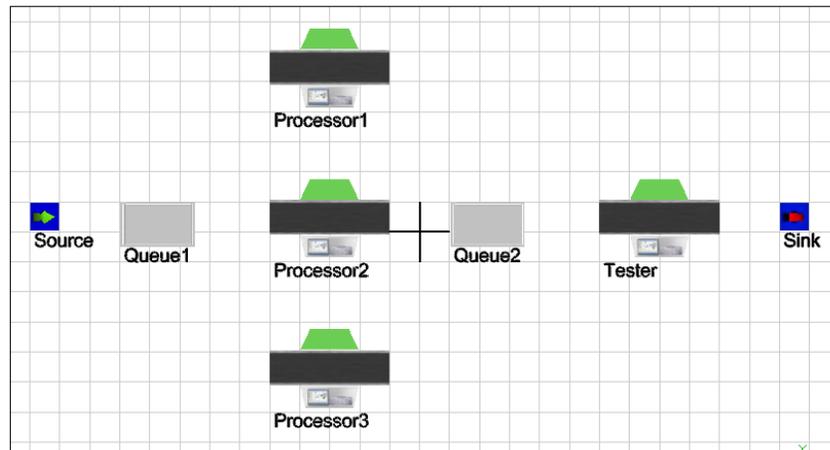
	Output - Input	Center
Disconnect	Q	W
Connect	A	S

Puertos 1⁵⁰

⁵⁰ Cuadro obtenido de los tutoriales de Flexsim 4.0 (Getting Started)

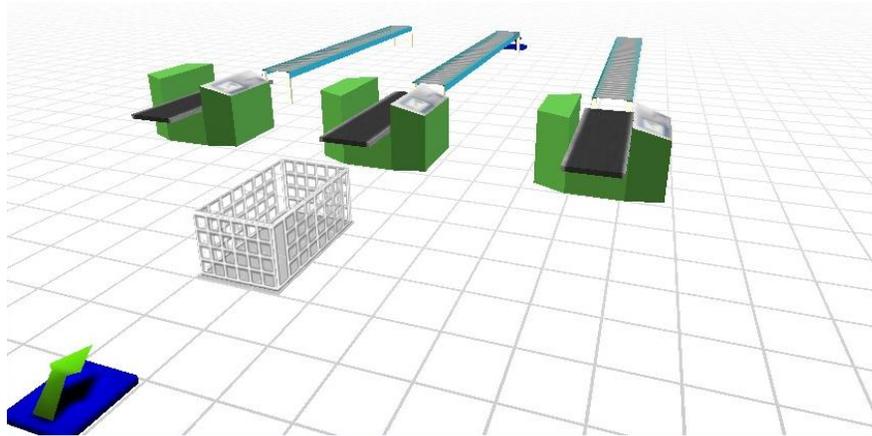
2.2.4 Vistas y Descripción del Modelo

Flexsim usa un ambiente de tres dimensiones. Una de las vista del modelo es llamada vista ortogonal.



Vista Ortogonal 1

También puede verse el modelo en una opinión de perspectiva más objetiva. Mientras que la vista de perspectiva es más para los propósitos de presentación. Sin embargo, usted puede usar cualquier alternativa de visualización de construir o dirigir el modelo.



Vista en Perspectiva 1

Se puede abrir una o varias ventanas de visualización como usted necesite. Sólo recuerde que cuando más ventanas de visualización son abiertas, la demanda sobre recursos de computadora aumenta.

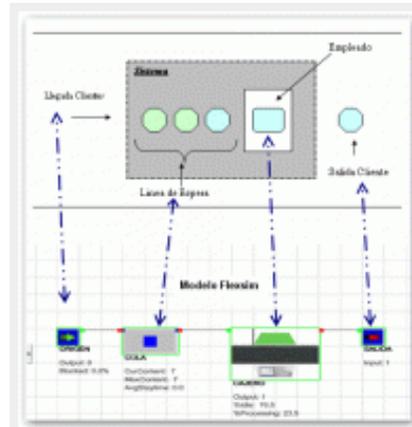
2.3 Como hacer una simulación con Flexsim

La simulación con Flexsim debido a sus herramientas interactivas es un tanto más sencilla que con otros software, y para poder explicar un proceso de creación de un modelo utilizaremos un ejemplo paso a paso.

En este modelo miraremos el proceso de fabricar tres tipos de productos en una fábrica. En nuestro modelo de simulación, relacionaremos un valor de itemtype con cada uno de los tres tipos de producto. Estos tres tipos llegan intermitentemente de otra parte de la fábrica. También hay tres máquinas en nuestro modelo. Cada máquina puede procesar un tipo de producto específico.

En cuanto los productos están terminados en sus máquinas respectivas, los tres tipos de productos deben ser probados en una estación de prueba compartida sola para la corrección. Si han sido fabricados correctamente, son enviados a otra parte de la instalación, dejando nuestro modelo de simulación. Si fueran

fabricados incorrectamente, deben regresar al principio del modelo de simulación de ser reprocesados por sus máquinas respectivas. El objetivo del ejemplo es encontrar el cuello de botella



El modelo que se va a explicar a continuación, es un modelo base para aprender a simular y ha sido tomado del tutorial de Flexsim 4.0, con la finalidad de que la explicación sea lo más precisa posible, y permita a quien lo lea y disponga del software, crear una simulación sin previos conocimientos en el área, sin embargo deberá obligatoriamente conocer de diagramas de flujo, estudio de movimientos, estudio de tiempos, capacidades de las secciones y maquinarias, diagramas de procesos, diagramas PERT y alguna otras herramientas utilizadas por los Ingenieros Industriales, para lograr comprender los resultados del proceso de modelado en la simulación.

2.3.1 Introducción al Modelo

Este tutorial básico indica los pasos para preparar un flujo de proceso, construyendo un modelo, con datos de entrada, viendo la animación, y analizando las salidas o resultados del mismo. El ejemplo está basado en cuatro lecciones, cada una de estas se basará en el anterior, es por esto muy importante entender cada lección completamente antes de seguir al próximo paso. Estas lecciones consisten en:

Lección 1:

Construir un modelo simple que podrá procesará 3 tipos del flowitem diferentes. Cada itemtype tendrá una asignación de ruta específica. Los objetos usados en este modelo serán Source⁵¹, Queue⁵², Processor⁵³, Conveyor⁵⁴, y Sink⁵⁵. Se introducirán las estadísticas básicas de actuación, y se explicarán las opciones de parametrización para cada objeto.

Lección 2:

Usando al modelo de la lección 1, se agregará operadores y transportadores al proceso. Se introducirán las propiedades de los objetos, y se discutirán los conceptos del análisis estadístico realizado.

Lección 3:

Después de haber completado la lección 2, se podrá agregar cuadros y gráficos 3D al modelo utilizando Recorder Object. El texto en 3D también puede ser agregado utilizando la herramienta VisualTool.

Lección 4:

Usando al modelo de la lección 2, podemos agregar rack storage⁵⁶ y network paths⁵⁷.

2.3.2 Lección 1

⁵¹ Es la fuente de la cual nace la materia prima

⁵² Es una cola donde esperan los materiales por ser procesados

⁵³ Entidades Procesadoras como máquinas por ejemplo

⁵⁴ Banda Transportadora

⁵⁵ Salida del producto terminado

⁵⁶ Rack Storage: Almacenamientos en Perchas

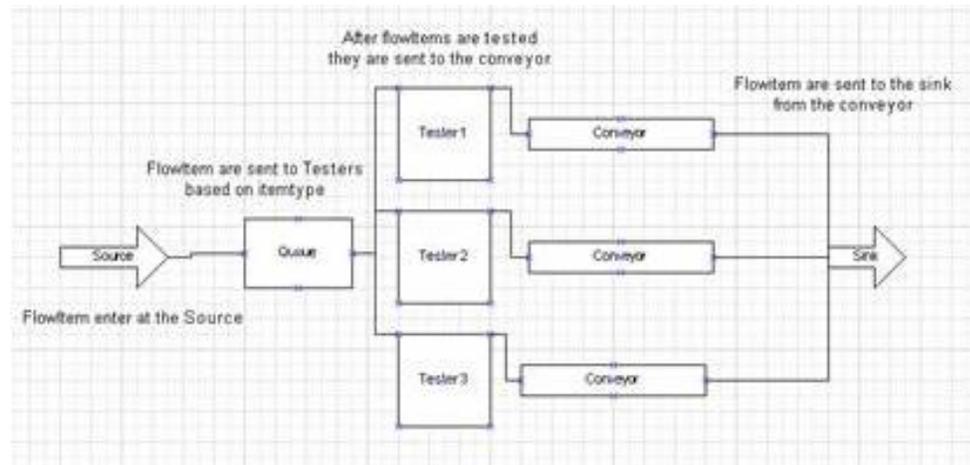
⁵⁷ Network Paths: Caminos en red para operadores, montacargas o material

Introducción

La lección 1 introduce los conceptos básicos de la diagramación y construcción de un modelo. Construir un diagrama del proceso es una gran manera de empezar todo modelo que use construya en Flexsim. Si usted no puede construir un diagrama, o al menos hacerse una imagen en su cabeza de cómo funciona el proceso, tendrá un difícil trabajo que tomará mucho tiempo para construir el modelo en Flexsim.

Descripción del Modelo

En el primer modelo se utilizará un proceso de probar tres productos que vienen de una línea de manufactura. Hay tres itemtypes del flowitem diferentes que llegarán basados en una distribución normal. Los Itemtypes se distribuirá uniformemente entre itemtypes 1, 2, y 3. A medida que los flowitems arriven serán puestos en una cola de espera para ser revisados. Tres verificadores estarán disponibles para realizar el control de calidad. Un verificador se usará para el itemtype 1, otro para el itemtype 2, y el tercero para el itemtype 3. Una vez que el flowitem se prueba se pondrá en una banda transportadora. Al final de la banda los flowitem se enviarán a la salida del producto terminado, saliendo así del modelo.



Modelo 1

Datos del Modelo

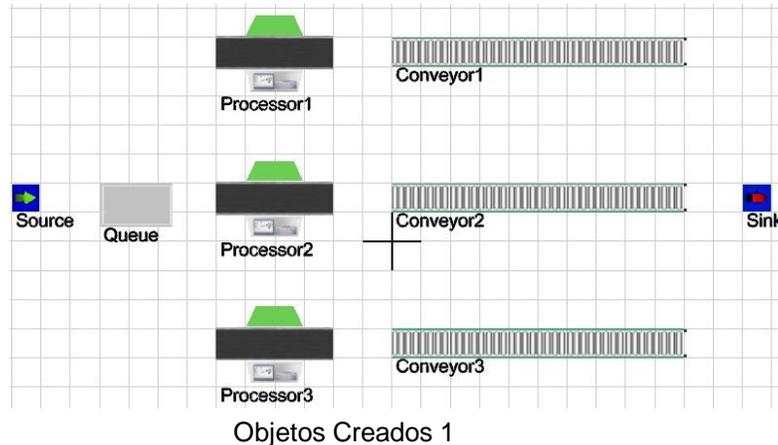
- ✓ La proporción de llegada de materia prima: Normal(20,2) segundos
- ✓ Capacidad máxima de la cola de espera: 25 flowitem
- ✓ Tiempo de prueba: Exponencial (0,30) segundos
- ✓ La velocidad de la banda transportadora: 1 metro por segundo
- ✓ La asignación de ruta de los flowitem: Itemtype 1 a Verificador 1, Itemtype 2 Verificador 2, Itemtype 3 a Verificador 3.

Construcción del Modelo

Paso 1: Crear los Objetos

- ✓ Crear una Fuente en el modelo y darle un nombre. Para hacer esto se debe arrastrar desde la librería el ítem llamado source, y luego darle doble click para cambiar su nombre.
- ✓ Crear en el modelo una Cola de Espera (Queue), 3 Procesadores (Processor), 3 Bandas Transportadoras (Conveyors), y 1 Salida de Producto (Sink). El lugar y los nombra como mostrado debajo. Para nombrar un objeto: el clic doble en él, cambie su nombre a la cima de la

ventana de Properties, y la prensa Aplica u OK. Haga clic Aquí para ver cómo esto se hace.



Paso 2: Conectar los puertos

Para conectar los puestos, primero se debe estar en el modo de conexión de puertos, lo que se hace dando click al botón o pulsando y presionando el botón A. Para conectar el puerto se define en las opciones del botón si se quiere que sea puerto central (S) o conectar los objetos (A) y luego haciendo click en el primer objeto y arrastrando hasta el segundo se creará el puerto, recordando que lleva la misma dirección en que se arrastra. Para desconectar los puertos si son centrales se usa (W) y si son los objetos se usa (Q), haciendo el mismo movimiento que para conectarlos. Usar el botón .

- ✓ Conectar la Fuente (Source) a la Cola (Queue).
- ✓ Conectar la Cola (Queue) a los Procesadores (Processor) 1, 2 y 3.
- ✓ Conectar el Procesador 1 a la Banda Transportadora (Conveyor) 1, el Procesador 2 a la banda 2 y el Procesador 3 a la banda 3.
- ✓ Conectar las tres bandas transportadoras a la salida (Sink).

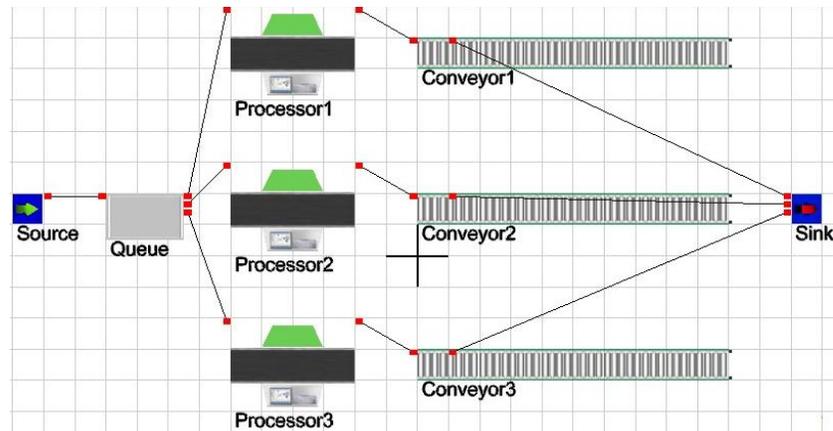
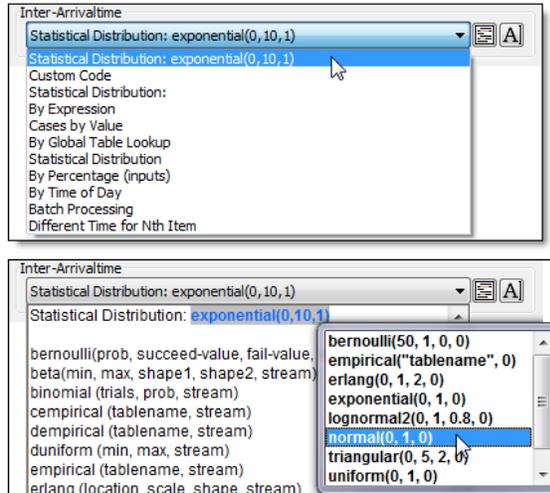


Imagen del Paso 2

Paso 3: Asignación de proporción de la llegada

Todos los objetos de Flexsim tienen un número de páginas o pestañas que presentan las variables y la información que puedes cambiar basándote en los requerimientos del modelo que quieres construir.

- ✓ Haciendo doble click sobre el Source aparecerá la ventana de propiedades.
- ✓ En la lista de propiedades del Source, seleccionar la lista de Inter-Arrivaltime, y luego elegir la opción de Statistical Distribution (estadística de distribución) Exponencial (0,10,1).
- ✓ Luego doble click en normal (0,1,0), y cambiar los números por (20,2,0), como se indica en los datos del modelo. Esto significa que el tiempo entre llegadas es de 20 segundos con desviación estándar de 2 segundos.



Proporción de Llegada

Paso 4: Asignando el Itemtype y el Color.

Seleccionar la pestaña Triggers del Source. Desplegar la lista de opciones del Trigger OnCration (En creación) y seleccionar Set Itemtype and color (asignar tipo de ítem y color).

Después de que seleccionaste la opción de cambiar el itemtype y el color, presiona el botón de plantilla  para verificar la información de la información Flowitem e Itemtype, que deben ser respectivamente ítem y duniform(1,3).

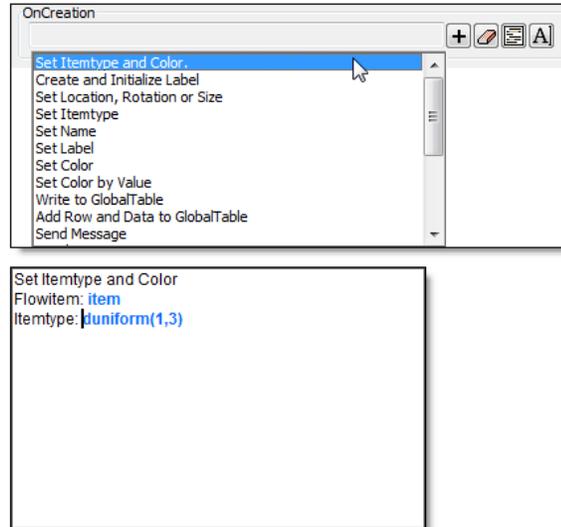


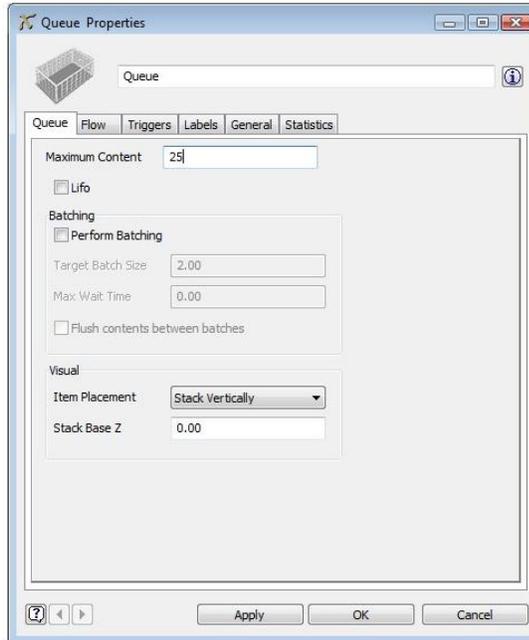
Imagen del paso 4

La distribución duniform es similar a la distribución uniform (uniforme) excepto que en lugar de arrojar un número real (con valores decimales) comprendido entre los 2 valores que se le den, solamente arroja números enteros comprendidos en el rango que se le indique.

Paso 5: Definiendo la capacidad del Queue.

En este paso se detallará el queue o cola de espera. Debido a que el queue es un lugar donde se pueden acumular los flowitems hasta que puedan ser procesados por el procesador, existen dos cosas que necesitaremos hacer.

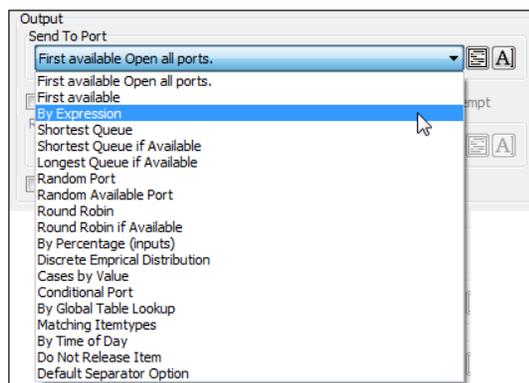
- ✓ Primero, debemos definir la capacidad del queue para que pueda contener hasta 25 flowitems.
- ✓ Segundo, debemos definir la regla del flujo para que los flowitems cuyo tipo de producto o itemtype sea 1 vayan al procesador 1, si el itemtype es 2 vayan al procesador 2 y si es 3 al procesador 3.



Capacidad de la Cola

Paso 6: Definir las opciones de flujo para el Queue (Cola).

- ✓ Selecciona la pestaña de flujo (Flow) de la ventana de parámetros para definir las opciones del flujo del queue.
- ✓ En la lista de mandar a puerto llamada "Send to Port" escoge la opción By Expression.



Debido a que anteriormente en el source asignamos un valor de itemtype igual a 1, 2 o 3 ahora podemos usar el itemtype para especificar el número de puerto a través del cual los flowitems pueden pasar. El procesador 1 debe estar

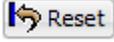
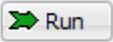
conectado al puerto de salida 1 del queue, el procesador 2 al 2 y el procesador 3 al puerto 3, lo cual ya hicimos anteriormente. Una vez que seleccionaste la opción getitemtype (item) simplemente presionar el botón OK para cerrar la ventana de parámetros del queue.

Paso 7: Definiendo el Tiempo de Proceso

Realizar un doble click sobre el procesador número 1. Debe desplegarse la ventana de parámetros. En la lista de de tiempo de proceso llamada “Process Time”, escoger la opción de distribución exponencial llamada “Exponencial Distribution”. Verás que el tiempo viene predefinido a 10 segundos, debido a ello debemos cambiarlo presionando el botón de plantilla, cambiar el valor de escala a 30. El valor de escala de una distribución exponencial resulta ser su media. Presionar el botón OK para cerrar la ventana. Luego se repite el proceso para ambos procesadores.

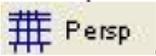
La velocidad predefinida de un transportador o conveyer es de 1 metro por segundo y no hay necesidad de modificarla a menos que la banda que se este usando sea más rápida.

Paso 8: Compilación

- ✓ Siempre debe presionarse el botón reset , para resetear el sistema y los parámetros del modelo llevándolos a los valores iniciales o de arranque.
- ✓ Luego dar click en el botón correr  para iniciar la simulación

Se debe ver los productos o flowitems ingresando a la cola de espera o queue y moverse hacia los procesadores. Luego los flowitems se deben mover a los conveyors o bandas transportadoras y finalmente al sink o salida.

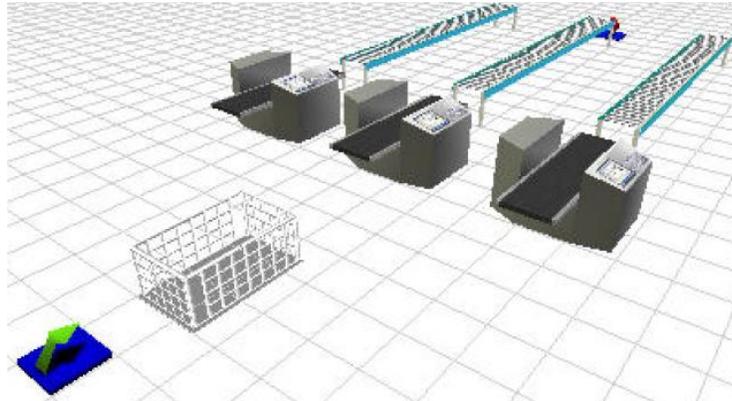
Paso 9: Navegación en el Modelo.

El modelo se ve en la ventana de la vista ortográfica. Ahora lo veremos en la vista en perspectiva. Se cierra la ventana ortográfica, luego abrir la vista en perspectiva presionando el botón de la barra de herramientas ubicada en la parte superior .

Para navegar a través de la simulación se utilizan los botones del mouse, de la siguiente manera:

- ✓ Botón Izquierdo del Mouse: mueve el modelo en el plano X-Y si presionas sobre el layout y mueves el mouse. Si presionas un objeto entonces moverás ese objeto en el plano X-Y.
- ✓ Botón Derecho del Mouse: Modifica la rotación en X,Y,Z si presionas sobre el layout y mueves el mouse. Si haces lo mismo sobre un objeto entonces podrás rotarlo.
- ✓ Botones Izquierdo y Derecho (o el botón de rueda) del Mouse: efectúa un zoom o un acercamiento o alejamiento según arrastres el mouse hacia adelante o hacia atrás. Si se tiene seleccionado en amarillo un objeto debido a que se ha hecho un click sobre él, entonces se modifica su altura en el eje Z.
- ✓ Tecla F7: Presionando la tecla F7 se activa el modo de vuelo. Cuando se está en el modo de vuelo hay como mover el cursor del mouse hacia arriba de la línea central de la ventana para volar hacia delante, debajo de la línea central será para volar hacia atrás, a la izquierda de la línea central para rotar hacia la izquierda y hacia la derecha para rotar en esa

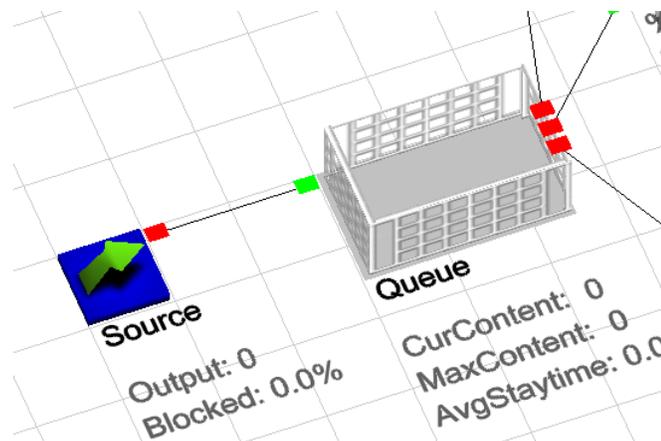
otra dirección. Para salir del modo de vuelo simplemente presiona la tecla F7.



Vista en Perspectiva Tridimensional

Paso 10: Observando estadísticas básicas.

Para ver las estadísticas básicas de cada objeto desde la vista en Perspectiva, seleccionar el menú Settings de esa ventana y quitar la selección de ocultar nombres llamado "Hide Names". En cambio, si estás en la vista Ortho, esto no será necesario hacerlo, ya que vienen desactivados para que muestren las estadísticas, aunque también se pueden ocultarlas si así se requiere. En la vista en perspectiva están ocultas de forma predeterminada pero de igual manera se pueden cambiar a visibles como ya se mencionó.



Vista de las Estadísticas

2.3.3 Lección 2

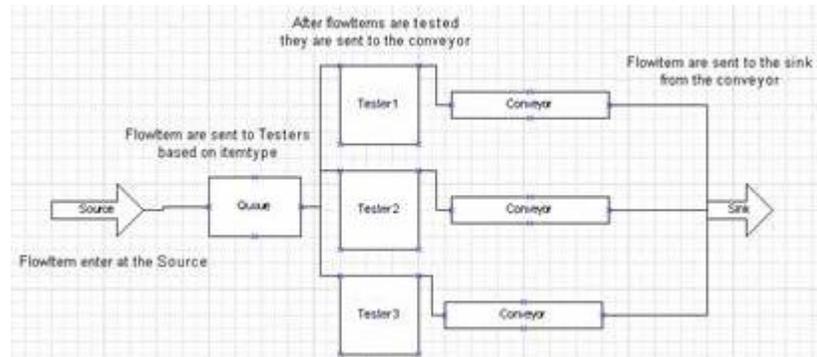
Introducción

La lección 2 introduce los conceptos de añadir operadores y transportes al modelo y explorará las propiedades y los parámetros de los objetos en un mayor detalle. En la lección 2 también se verán diferentes opciones de gráficas que muestran resultados estadísticos.

Descripción del Modelo

En el modelo 2 utilizaremos un equipo de operadores para que realicen los setup o tiempos de preparación de las estaciones de pruebas para los flowitems o productos del modelo. Necesitaremos a uno de los dos operadores disponibles para efectuar la preparación y ajuste de las estaciones. Una vez que este setup haya terminado, el proceso de pruebas o testing es automático y no necesita la asistencia y presencia del operador. Los operadores también deben de transportar los flowitems hasta las estaciones de pruebas para que el setup pueda comenzar. Cuando el proceso de pruebas se termina, el flowitem va al conveyor o banda transportadora sin la ayuda del operador.

Cuando el flowitem llega al final del conveyor y sale de este entonces llegará al queue final desde donde un montacargas lo recogerá y lo transportará hasta el sink o salida del producto. Una vez que el modelo esté terminado se verán las gráficas predefinidas para descubrir cuellos de botella y problemas de eficiencia.



Esquema del Modelo 2

Datos del Modelo 2

- ✓ Tiempo de setup de las estaciones de prueba: tiempo constante de 10 segundos.
- ✓ Transporte de productos: operador del queue a las estaciones de pruebas. Montacargas del queue final hasta el sink.
- ✓ Capacidad del queue final: 10 productos.

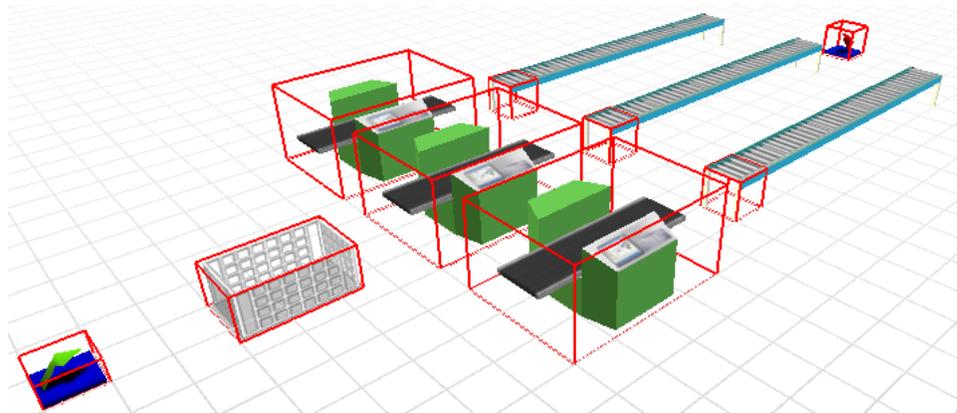
Construcción del Modelo

Para empezar el modelo 2 se necesita abrir el modelo 1 de la lección 1.

Paso 1: Seleccionando los objetos a los que queremos activar el historial de estadísticas.

Se necesita hacer una selección de los objetos del layout a los cuales se quiere que se guarde su historial de información estadística. Esto se debe hacer presionando la tecla "Shift" del teclado mientras se arrastra el mouse dibujando un recuadro que abarque los objetos que tienen que quedar seleccionados. No es necesario abarcarlos totalmente ya que con que se toque una pequeña parte de ellos es suficiente. Otra forma de hacerlo en forma individual es presionar la tecla "Ctrl" y hacer un click con el botón izquierdo sobre un objeto para añadirlo

o quitarlo de la selección. Una vez que los objetos están seleccionados se observará un cubo rojo a su alrededor



Objetos seleccionados.

Paso 2: Activar las estadísticas.

Para que se registre todo el historial estadístico de los objetos seleccionados se debe ingresar desde la parte superior de Flexsim al menú “Statistics > Object Graph Data > Selected Objects On”.

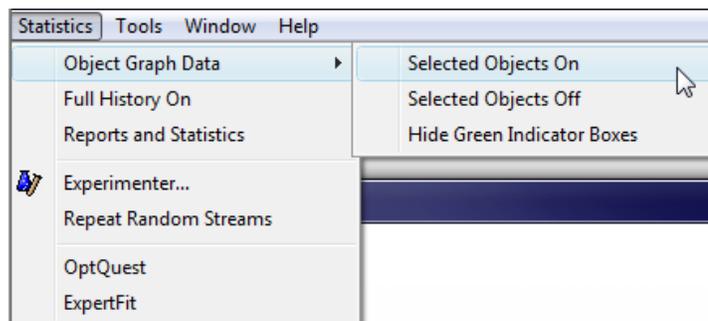
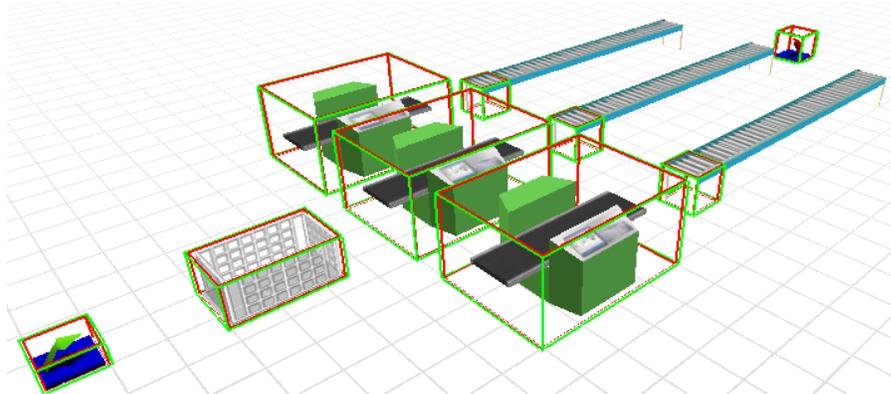


Gráfico de cómo Activar Estadísticas

Una vez que la opción “Stats Collecting” está activada, se observará unos cubos verdes alrededor de los objetos que están registrando el historial estadístico. Se pueden ocultar los cubos verdes para que no se vean, seleccionado desde el menú “Statistics > Object Graph data > Hide Green Indicator Boxes”



Objetos seleccionados para Recolectar Estadísticas

Ahora se puede correr el modelo y se almacenará el historial estadístico de todos los objetos que fueron seleccionados.

Paso 2: Añade un dispatcher y 2 operadores al modelo.

El dispatcher se usa para que dirija y coordine las tareas y actividades de operadores y de transportes. En este caso lo usaremos para que controle a 2 operadores para mover los flowitems desde el queue hasta las estaciones de prueba. Para añadir el dispatcher y los dos operadores solo hay que arrastrarlos y colocarlos en el layout desde la biblioteca.

- ✓ Crear un despachador y nombrarlo igual
- ✓ Crear dos operadores y llamarlos operador 1 y 2

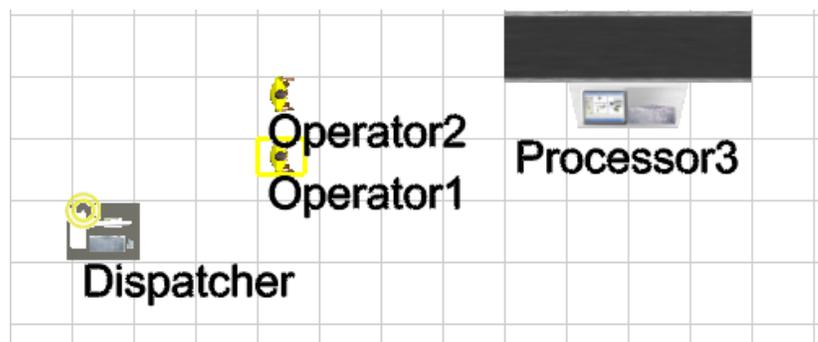


Imagen donde se Observan los Operadores y el Despachador

Paso 3: Conectando los puertos centrales y los puertos de entrada y salida.

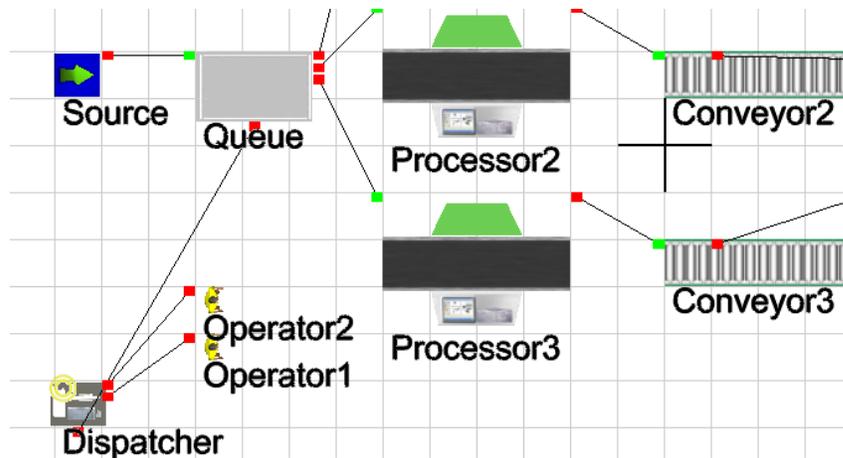
El queue solicitará al dispatcher⁵⁸ un operador para que recoja el flowitem y lo lleve a una de las estaciones de prueba. Esa lógica para determinar el flujo o destino ya se definió en el queue durante la lección 1. No es necesario cambiar esa lógica del flujo, debido a que se utilizará dos operadores que desempeñan las mismas funciones. Se debe poner un dispatcher para que los coordine y escoja un operador que este libre para asignarle la tarea. Si solo tuviéramos un solo operador entonces no sería necesario el dispatcher y podríamos conectar al operador directamente con el queue.

Para que un dispatcher pueda dirigir a un equipo de operadores para que hagan alguna tarea, el dispatcher deberá estar conectado por medio del puerto central con el objeto que solicita al operador. Para conectar el puerto central del dispatcher con el queue, se mantiene presionada la letra “S” del teclado y con el mouse se debe hacer un click sobre el dispatcher y arrastra el mouse hasta tocar el queue. Cuando soltemos el mouse se observará la conexión entre el puerto central del dispatcher y el puerto central del queue.

Para que el dispatcher pueda enviar las tareas a realizar a los operadores, los puertos de salida del dispatcher necesitan estar conectados a los puertos de entrada de los operadores. Esto se hace manteniendo presionada la letra “A” y haciendo un click y arrastrando el mouse desde el dispatcher hasta el operador.

- ✓ Conectar el queue al dispatcher con una conexión de puerto central
- ✓ Conectar el dispatcher a ambos operadores con conexiones standar

⁵⁸ Es un Despachador que puede controlar personal ovehículos de movimiento



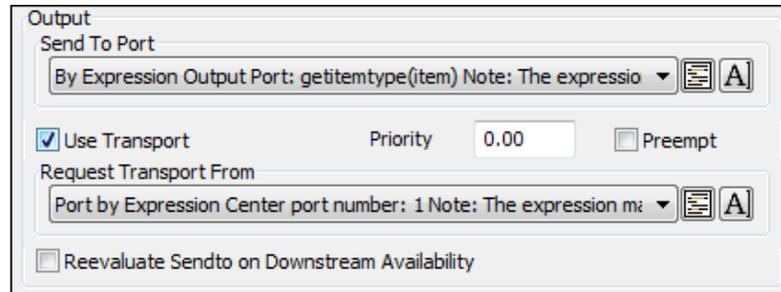
Conexiones con Operadores y dispatcher

Paso 4: Modificando el Queue para que utilice a los operadores como transportes.

El paso siguiente es modificar los parámetros en el flujo (Flow) del queue para que utilice a los operadores para hacer el transporte de los productos. Esto lo se hace de la siguiente manera:

- ✓ Haciendo un doble click con el botón derecho del mouse para desplegar la ventana de Parámetros.
- ✓ Una vez que esta ventana esté abierta, seleccionar la pestaña llamada "Flow".
- ✓ Activar la opción de usar transporte llamada "Use Transport" que se encuentra debajo de la lista "Send to Port". Activando la opción "Use Transport" para que utilice un transporte.
- ✓ En el momento en que actives la opción "Use Transport" aparecerá una nueva lista llamada "Request Transport From". Esta lista te permite que definas que operador, montacargas o transporte utilizarás para mover el producto basándose en el número de puerto central. En este caso el puerto central número 1 está conectado al Dispatcher encargado de

asignar que operador realizará la tarea. Presiona el botón “OK” para cerrar la ventana.



Paso 5: Compilar, Guardar el modelo y Correrlo.

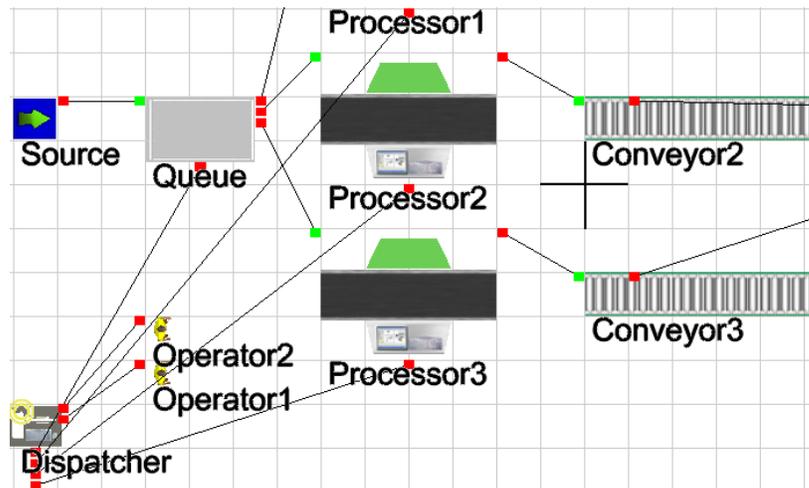
Ahora debemos correr el modelo para observar y asegurar que los cambios que se han hecho funcionan.

- ✓ Lo primero que debemos hacer antes de correrlo es compilar presionando el botón  **Compile**.
- ✓ Una vez que la compilación ha terminado, resetea el modelo y guárdalo presionando el botón  **Save** de la barra de tareas.
- ✓ Correr el modelo para verificar como los operadores están moviendo los flowitems desde el queue hasta las estaciones de prueba.

Paso 6: Incorporando a los operadores para los tiempos de preparación

Para que las estaciones de pruebas utilicen a los operadores durante el setup, hay que crear una conexión entre los puertos centrales de cada estación y el puerto central del dispatcher. Recordando que si únicamente tuviéramos un operador entonces no necesitaríamos el dispatcher y podríamos conectar directamente el operador con las estaciones de prueba.

Para realizar la conexión se mantiene presionada la letra "S" del teclado y hacer un click sobre el dispatcher y arrastra el puntero del mouse hasta alcanzar la primera estación de pruebas. Repite esto para conectar con todas las estaciones de pruebas.



Ahora necesitamos definir el tiempo de setup para las estaciones de prueba.

- ✓ Realiza un doble click sobre la primera estación para desplegar la ventana de Parámetros
- ✓ Seleccionar Use Operator for setup
- ✓ Luego seleccionar By Expresion desde la lista Time y editar a 10.

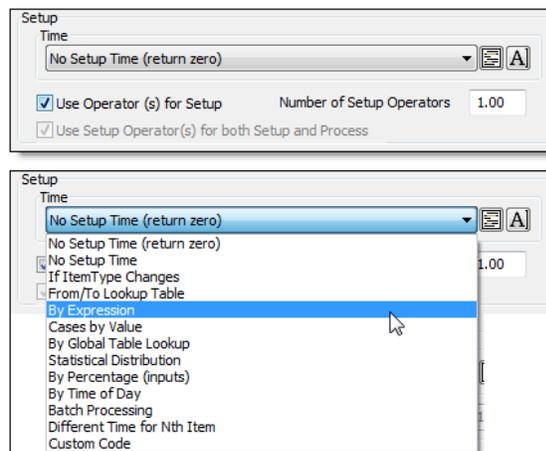
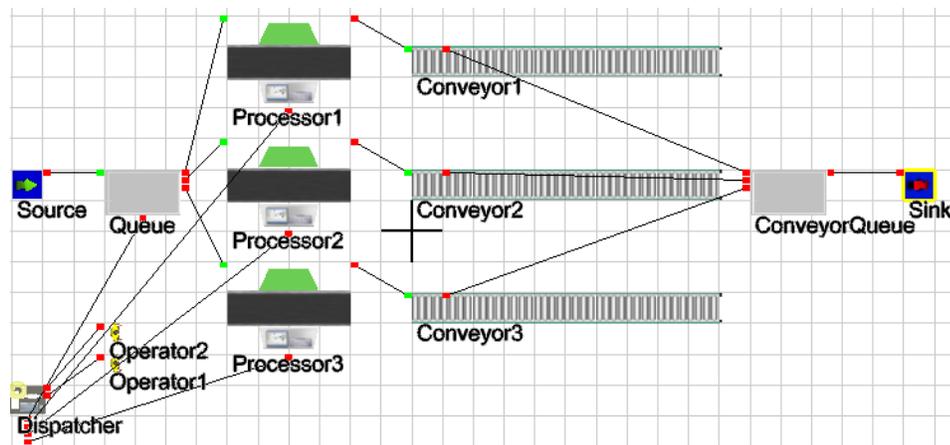


Imagen del paso 6

Paso 7: Desconectar los puertos de las bandas a la salida o sink.

Antes de añadir el queue final desconectaremos las conexiones de los puertos de entrada y de salida entre los conveyors y el sink. Esto lo haremos manteniendo presionada la tecla “Q” del teclado y haciendo un click sobre el conveyor y arrastrar el puntero del mouse hasta el sink.

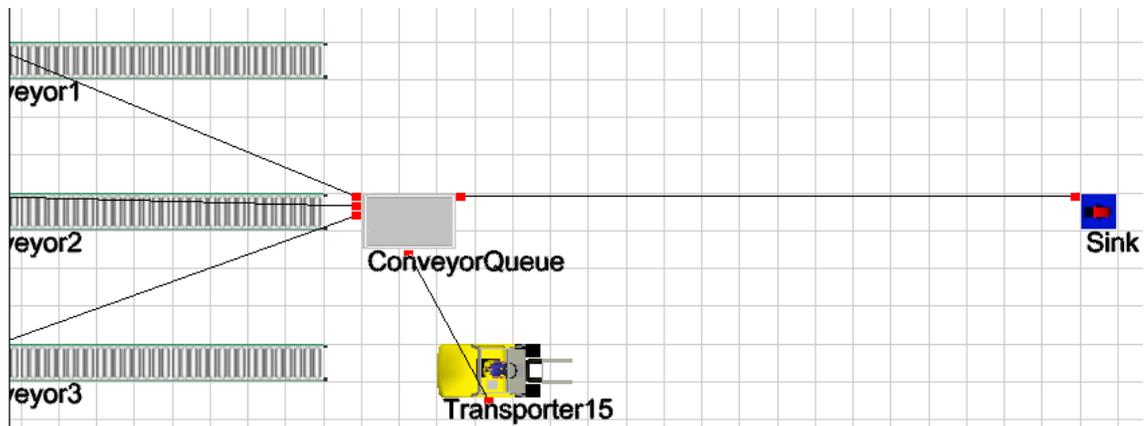
Una vez que los puertos están desconectados, arrastrar un nuevo queue desde la biblioteca de objetos hasta el final del conveyor de en medio. Ahora conectar los puertos de salida del conveyor al puerto de entrada del queue final presionando la letra “A” y al mismo tiempo haciendo un click y arrastrando el mouse desde cada uno de los conveyors hasta el queue final.



Paso 8: Añadir el montacargas.

Añadir un montacargas para mover los flowitems desde el queue final hasta el sink es exactamente lo mismo que añadir un operador que haga el transporte. Debido a que tenemos un solo montacargas en el modelo, no habrá necesidad de usar un dispatcher y conectaremos directamente el montacargas con el puerto central del queue.

- ✓ Mover el sink hacia la derecha una distancia considerable para simular la distancia de movimiento
- ✓ Crear un montacargas, colocarlo cerca del segundo queue y darle un nombre
- ✓ Conectar el queue al montacargas mediante un puerto central



Montacargas conectado en el Layout

Paso 9: Ajustando los parámetros del Queue para que use el montacargas.

El paso siguiente es cambiar los parámetros del queue para permitirle utilizar el montacargas.

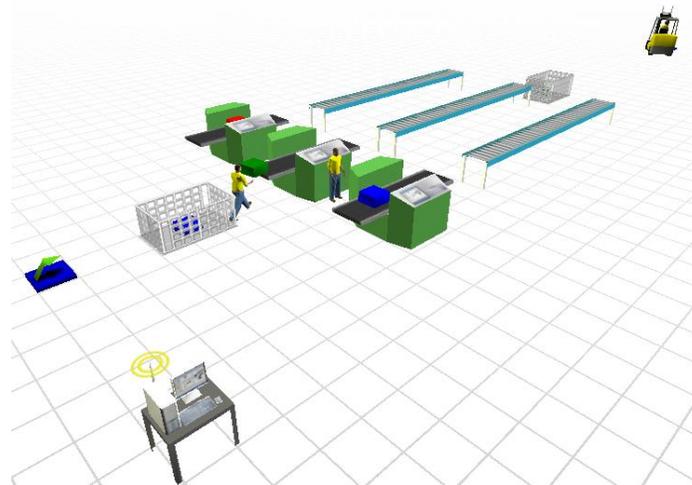
- ✓ Hacer un doble click sobre el queue para abrir la ventana de parámetros.
- ✓ Selecciona la pestaña “Flow” y activa la opción “Use Transport”.El requerimiento de transporte de la lista debe estar activado. El puerto central número 1 del queue ya está conectado con el montacargas y no necesita ningún ajuste.
- ✓ Presionar “OK” para cerrar la ventana.
- ✓ Resetear⁵⁹ y guarda el modelo.

⁵⁹ Hace referencia a un reajuste de los valores iniciales del modelo, es decir volverlos a como iniciaron

Paso 10: Correr el Modelo.

Esta es la parte más gratificante de construir un modelo. Es el momento de ver el modelo para verificar que esté trabajando de la manera que quieres. Mientras el modelo está corriendo, gracias a la animación se puede inspeccionar visualmente el modelo para cerciorarse de que todo trabaje correctamente

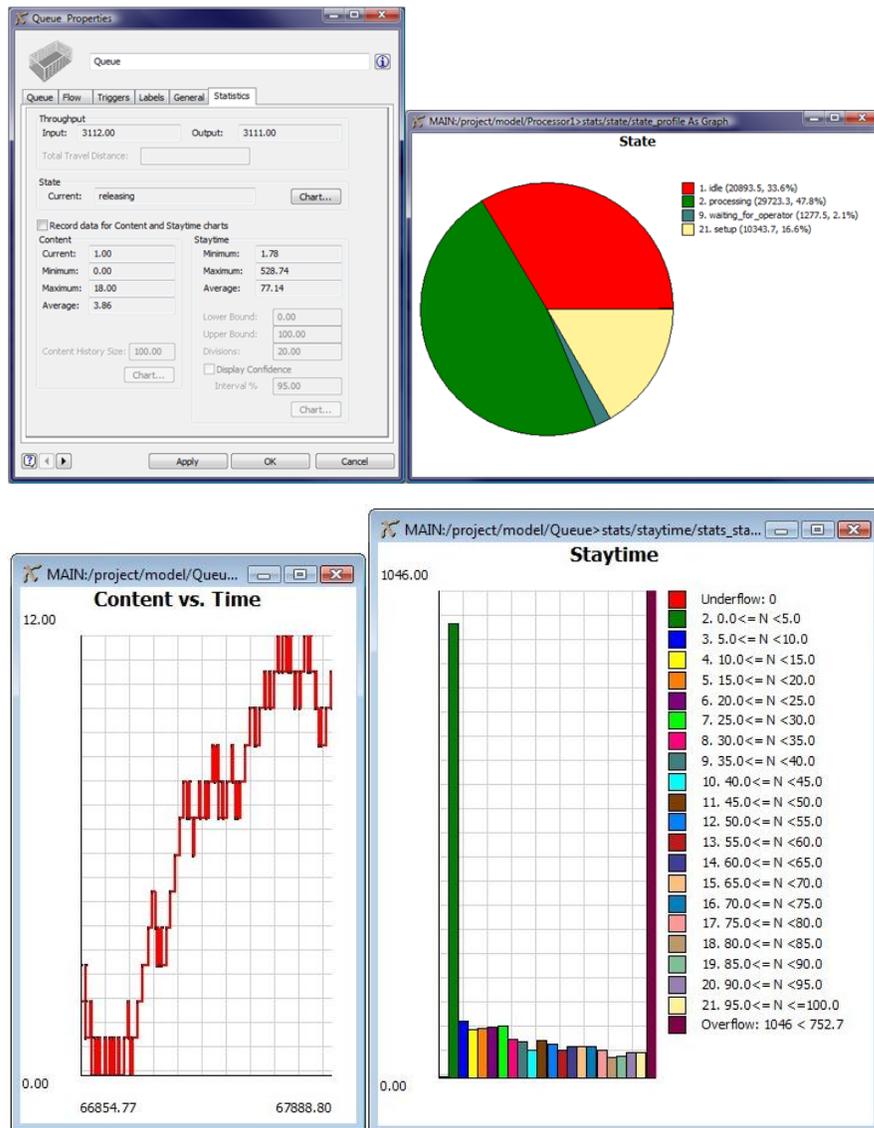
Debes de observar como los operadores van y vienen y que el montacargas transporta los flowitems desde los queues al sink. Se debe notar que cuando una estación de pruebas está esperando a que llegue un operador para que haga el setup aparece un recuadro amarillo debajo de la estación.



Modelo en Acción

Paso 11: Analizando los Resultados o Salidas

Utilizando la información aprendida en la lección anterior acerca de cómo activar la recolección de estadísticas (statistics collecting), observa las estadísticas desde la ventana de propiedades. Viendo la animación y las gráficas hay que preguntarnos si ¿tenemos un cuello de botella en este modelo?



Se convierte en algo obvio que si se añade un operador más al modelo este correrá mejor. El modelo se encontrará en su configuración óptima con la adición de ese tercer operador. Añadir el nuevo operador simplemente arrastrando el operador desde la biblioteca de objetos. Ahora conecta desde el dispatcher al operador presionando la letra “A” del teclado y arrastrando el puntero del mouse. Compila, resetear, grabar y correr el modelo

2.3.4 Lección 3

Introducción

Esta sesión llamada la Milla Extra está diseñada para enseñar a añadir ese toque extra y poder hacer que el modelo muestre datos e información mientras corre el modelo. En esta lección veremos cómo añadir gráficas 3D y también textos visuales en 3D al modelo de la lección 2.

Construcción del Modelo

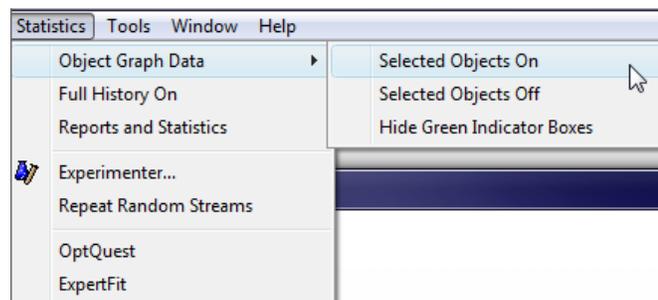
Para empezar a construir el modelo 3 necesitamos abrir el modelo 2 de la última lección.

Paso 1: Abre el Modelo 2 y Compila.

Abrir el modelo de la lección 2 y compilarlo

Paso 2: Activar el Historial de Estadísticas.

- ✓ Activar la recolección de estadísticas para todos tus objetos mediante el menú Statistics > Object Graph Data > Selected Objects On.



Activando recolección de estadística

La recolección de estadísticas o Stats Collecting necesita estar activado en On para poder mostrar histogramas y gráficas de contenido, tal como lo vimos en la Lección 2 anterior. Pueden quitarse los recuadros verdes como ya se vio anteriormente si así se desea.

Paso 3: Añade un Recorder⁶⁰ para mostrar el contenido del Queue.

Arrastrar un objeto del tipo Recorder desde la biblioteca y ubicarlo donde sea más conveniente dentro del modelo para observar adecuadamente las estadísticas.

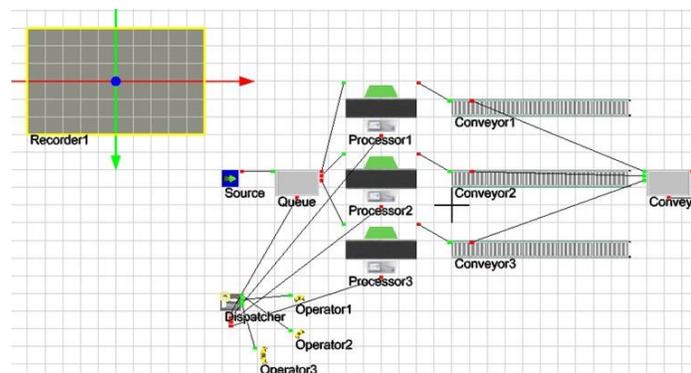


Gráfico del modelo con Recorder incluido

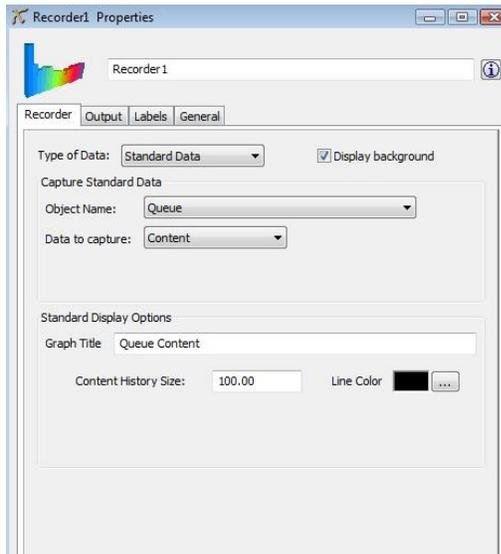
Paso 4: Ajustar los parámetros del Recorder para mostrar la gráfica de contenido del Queue.

- ✓ Realiza un doble click en el Recorder para desplegar su ventana de parámetros
- ✓ En los parámetros del Recorder, seleccionar “estándar data” de la lista de “Type of Data” Capture Settings”.
- ✓ Ahora selecciona el nombre del queue inicial desde la lista de nombres de objetos que aparece debajo llamada “Object Name”. En el campo de

⁶⁰ Un recorder dentro de Flexsim ayuda a mostrar estadísticas como un histograma de un objeto

datos a capturar llamado “Data to capture” seleccionar contenido o “Content”.

- ✓ Hacer click en apply o aplicar

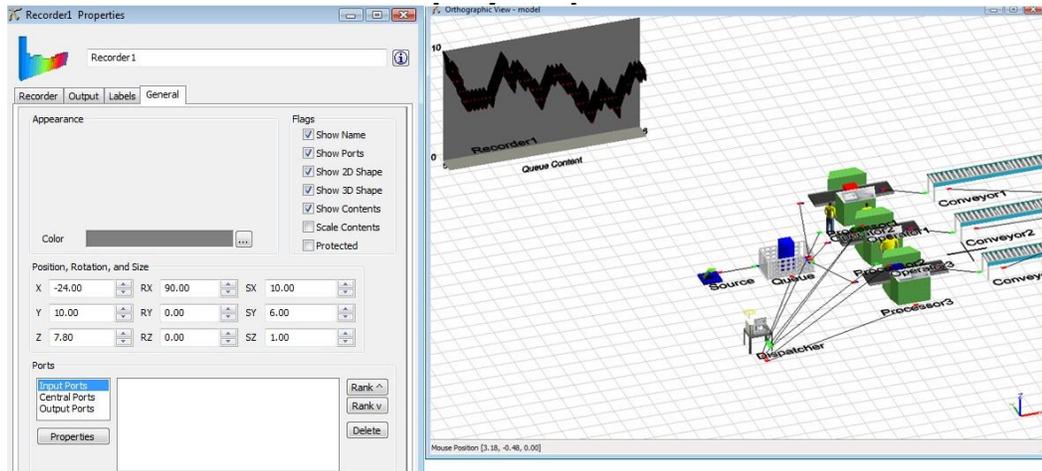


Paso 5: Ajustar las propiedades visuales de la gráfica.

Las propiedades visuales de la gráfica pueden ser editadas mediante la ventana de propiedades haciendo un click con el botón derecho en el Recorder y después seleccionando “properties”. De forma predeterminada la gráfica se verá acostada sobre el piso del modelo. También puede dar una muy buena impresión si colocamos la gráfica a 90 grados para que se vea parada y recta. Esto lo podemos hacer cambiando la rotación y la altura del recorder

En la ventana de propiedades del Recorder, en la pestaña General, se puede cambiar el valor de la altura “Z” a 7.80 y la rotación “RX” a 90. Esto rotará la gráfica para pararla y el cambio de altura permitirá que se vea la gráfica sobre el nivel del piso. Después de que compile el modelo, lo resetearlo y lo correrlo, se puede ver la gráfica mostrando el contenido o inventario a lo largo del tiempo

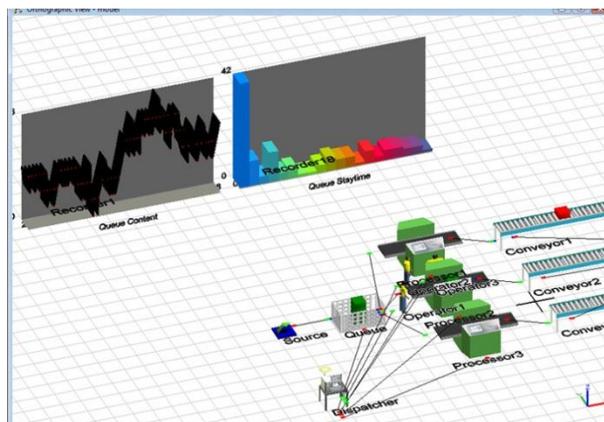
en tiempo real. Si acaso no lo muestra es porque no se ha activado el historial de estadísticas.



Vista del recorder mostrando estadísticas en 3d

Paso 6: Añadir otro Recorder para mostrar el Histograma del tiempo de permanencia del producto en el Queue.

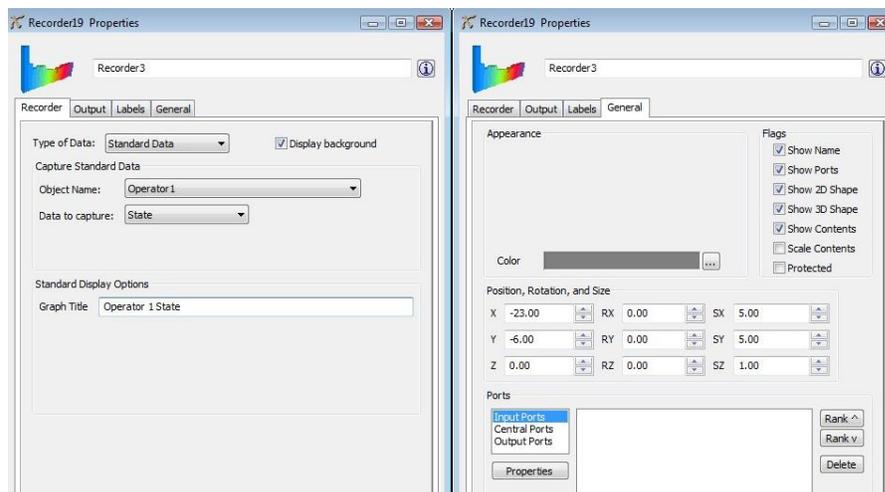
Siguiendo los mismos pasos que hicimos para la gráfica de contenido, añadir un nuevo Recorder al modelo para que sea nuestro histograma de tiempo de permanencia. La única diferencia es que ahora seleccionaremos la opción del tiempo de permanencia llamado “Staytime” en el campo “Data to Capture” de los parámetros del Recorder.



Paso 7: Añadir una gráfica de pastel para cada Operador

- ✓ Sigue el mismo procedimiento que hicimos en los pasos 3 al 5 para añadir una gráfica de pastel para cada operador. La única diferencia es que seleccionarás la opción de estado “State” en el campo “Data to Capture”.
- ✓ Modificar el tamaño de las 2 gráficas de estado de los operadores para que tengan una tamaño de 5 pulgadas por 5 pulgadas en lo ancho y lo largo, cambiando el tamaño de las gráficas a “SX” 5 y a “SY” 5.

Dejaremos a estas dos gráficas de pastel acostadas en el suelo tal como están y no cambiaremos sus valores de rotación, debido a que muchas estadísticas en 3d podrían confundir a quie observa el modelo.



Gráfica del paso 7

Cuando compiles, resetees y corras el modelo, las gráficas de pastel se verán algo así:

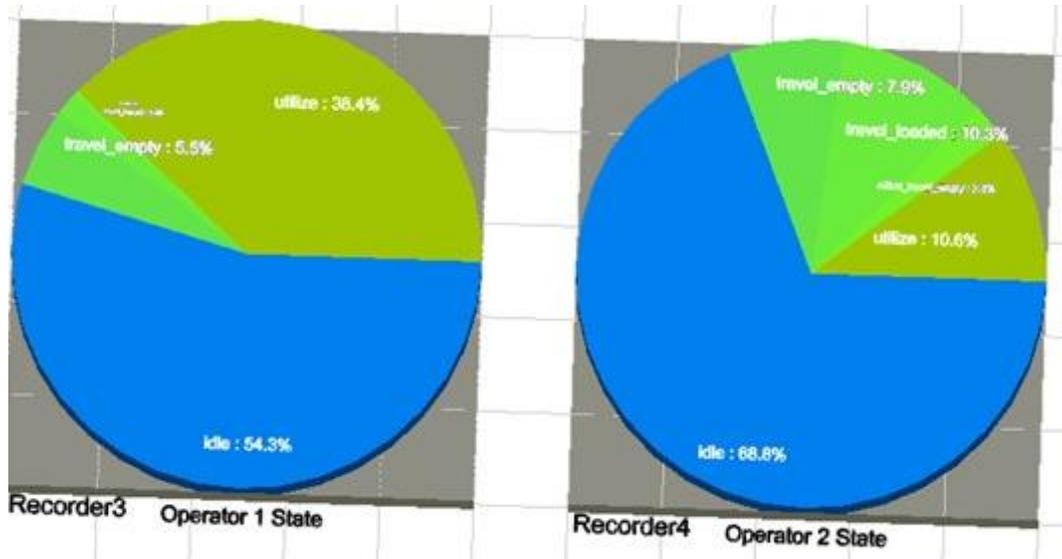


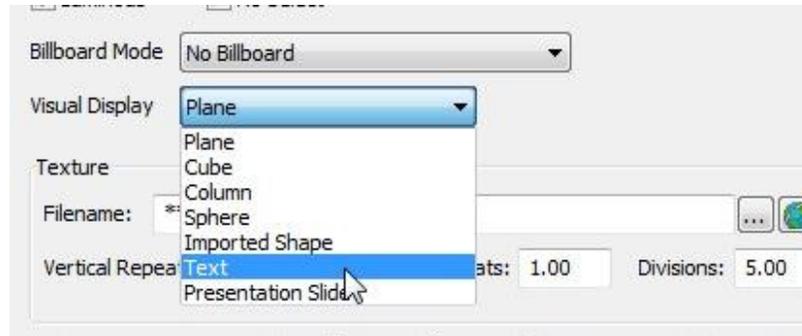
Imagen de las gráficas de pastel de los operadores (Tiempo Ocioso, viajando, utilizado)

Paso 8: Añadiendo Texto 3D al Modelo.

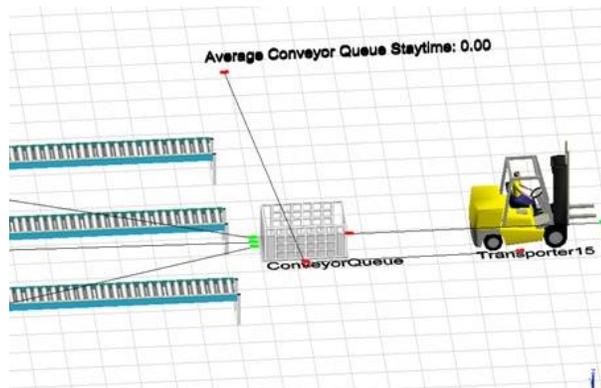
Otra forma de añadir información al modelo que muestre medidas de desempeño del mismo mientras el modelo corre es colocar textos 3D en puntos estratégicos del layout. Eso lo se puede hacer con un objeto del tipo VisualTool, seleccionando la opción de texto "text" en el campo "Visual Display". En este modelo añadiremos texto 3D para mostrar el tiempo promedio de espera de los flowitems en el queue final.

Coloca un Visual Tool en el modelo y posicónalo cerca del queue final. La forma del VisualTool predeterminada es un plano que muestra el logotipo de Flexsim. Haciendo doble click sobre el VisualTool para desplegar la ventana de parámetros, se puede seleccionar la opción "Text" desde Visual Display. Ahora definiremos los parámetros del texto. Desde la lista llamada "Text Display"

selecciona "Display Object Statistics". Ahora hay que seleccionar el botón de plantilla y edítalo para que diga "Tiempo promedio de estadía en el Queue es:".

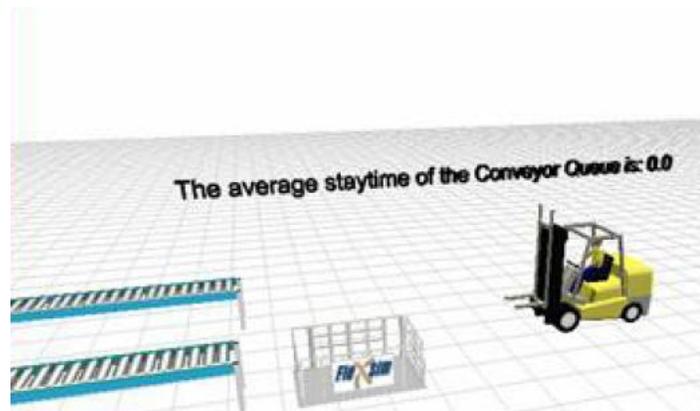


Notarás que al final del texto, también en letras cafés aparece un enunciado que hace referencia a "centerobject(current,1)". Esta referencia se utiliza para indicarle al VisualTool de donde debe de buscar los datos que mostrará. El centerobject(current,1) simplemente significa que debe mostrar, en este ejemplo, el tiempo promedio de estadía (average staytime) del objeto que está conectado al puerto central número 1 de este VisualTool. Eso significa que deberás crear una conexión central entre el queue final y el VisualTool. Cómo recordarás, las conexiones centrales se crean presionando la letra "s" y en este caso haremos click sobre el VisualTool (debes de tocar exactamente una una parte de una letra para poder hacer la conexión) y arrastramos el mouse hasta tocar el queue final (ver la Figura 2-48). Recuerda hacer el click sobre el texto 3D que se muestra. No se creará la conexión si presionas el mouse sobre un espacio en blanco entre las letras.



En este momento tal vez se quiera detallar la forma en que se ve el texto. El texto mide 1 de forma predeterminada, tal vez se quiera modificarlo, haciendolo más grande o más chico. También se puede hacer que el texto flote sobre el queue final. Para hacer el texto más pequeño, cambiar el tamaño a 0.5 en los parámetros del texto donde dice "Text Size". También se puede añadir profundidad y darle una apariencia en 3D al texto poniendo 0.1 en el campo que dice "Text Thickness", ajustando el tamaño del texto y su profundidad.

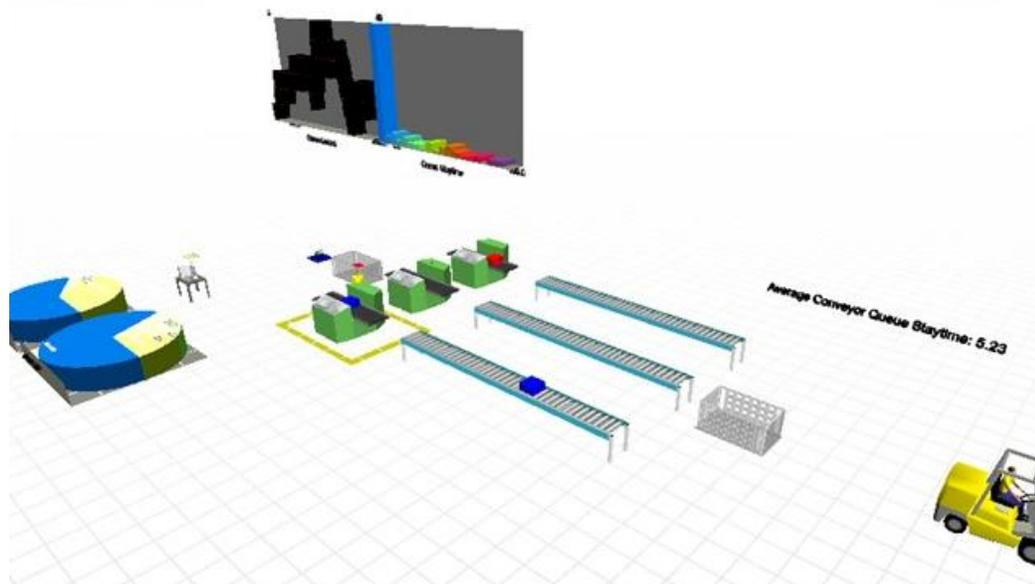
Presiona el botón "Properties" que se ubica en la parte inferior izquierda de la ventana de parámetros del VisualTool para abrir la ventana de propiedades, El botón de propiedades a la izquierda. En la ventana de propiedades, rota el texto 90 grados en el campo RX.



Texto 3D

Paso 9: Resetear, Grabar y Correr el modelo

Como ya se ha dicho en ocasiones anteriores, es importante resetear el modelo para volver a los valores predeterminados de inicio, y posteriormente poder correrlo. Deberá quedar algo así:



2.3.5 Lección 4

Introducción

La Lección 3 comprende los objetos Rack⁶¹ y NetworkNode⁶². Tendremos la oportunidad de trabajar con spline points⁶³, conveyors, estadísticas avanzadas y con tablas globales. Con la Lección 4 tendrás una introducción al Experimenter, el cual te permitirá corridas múltiples y el análisis de múltiples escenarios de tu modelo. La Lección 4 utilizará el modelo de la Lección 2 como punto de partida.

En la lección anterior, prácticamente todos los pasos estaban ilustrados para asegurarnos de que tuvieras un entendimiento completo de los pasos necesarios para construir el modelo. En la Lección 3 algunas de las tareas más simples como lo es el añadir un nuevo objeto al modelo y el introducir los

⁶¹ Son perchas de almacenamiento de producto terminado o en proceso

⁶² Red de nodos

⁶³ Puntos que permiten crear caminos con curvas, rectas, elevaciones y más

parámetros básicos serán también explicadas paso a paso pero no tendremos ilustraciones para ellas.

Conceptos Nuevos

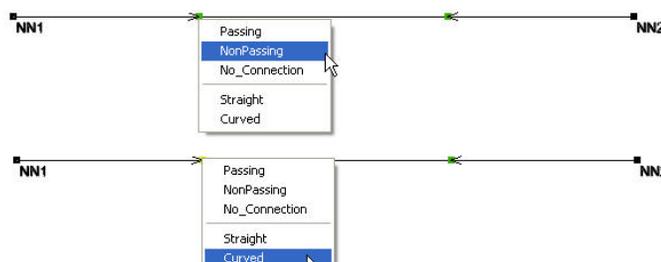
Spline Control Points

Los Spline Points son usados en Flexsim para definir una red de caminos. Flexsim utiliza la tecnología de los splines para ofrecerte un método muy conveniente para añadir curvas, rectas, inclinaciones y elevaciones a tus caminos. Cuando dos nodos llamados NetworkNodes son ubicados en el layout del modelo y se conectan uno al otro utilizando la letra “A”, se mostrará un camino mediante una línea con puntos verdes.



Conectando NetworkNodes.

Estos puntos verdes indican los atributos del path o red, en la dirección indicada. Cuando están en verde significa que se puede circular por ahí, mientras que cuando están en amarillo quiere decir que no se puede circular por ahí; y si se encuentran en rojo quiere decir que no están conectados. Para activar los colores se puede dar un click derecho sobre el nodo y seleccionar la opción requerida. También se puede realizar curvas en el camino, haciendo lo mismo que con los colores pero esta vez seleccionando la opción “Curved”





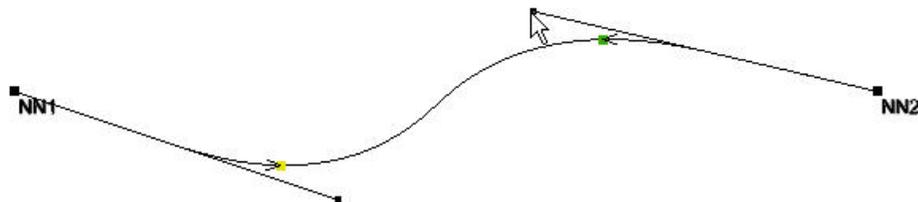
El punto rojo indica falta de conexión

Parámetros del Spline Control Point.

- ✓ Deltax: es la diferencia en la dirección X del último SplinePoint o NetworkNode.
- ✓ Deltay: es la diferencia en la dirección Y del último SplinePoint o NetworkNode.
- ✓ Deltaz: es la diferencia en la dirección Z del último SplinePoint o NetworkNode.
- ✓ XYangle: es el ángulo XY desde el último SplinePoint o NetworkNode.

Los ángulos van de más (+) y menos (-) cero a 90 grados.

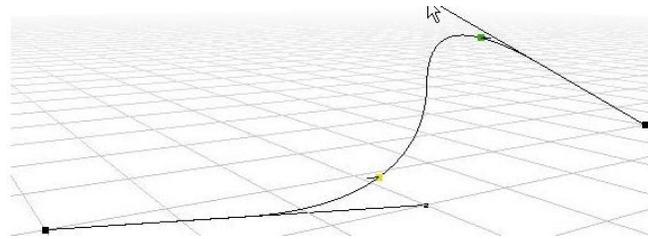
- ✓ Length: Esta es la longitud total del camino entre los dos NetworkNodes que lo componen.



Añadir una Curva

Para cambiar la altura Z del SplinePoint, selecciona la bolita haciendo click izquierdo sobre ella y arrastra el mouse mientras presionas los botones izquierdo y derecho del mouse en forma simultánea. Al mover el mouse hacia

delante elevarás el SplintPoint, si lo mueves hacia atrás lo bajarás. También es posible cambiar la altura Z de un SplinePoint usando el botón circular.



Elevación en una ruta

Añadiendo SplinePoints adicionales.

SplinePoints adicionales pueden ser añadidos al camino manteniendo presionada la letra "X" y haciendo un click sobre un SplinePoint que ya exista. El nuevo SplinePoint será añadido justo en el centro entre el SplinePoint al que le hiciste click y NetworkNode amarillo que se encuentre inmediatamente después del primer SplinePoint al que se hizo click. Estos ayudaran a crear la ruta adecuada.

Los NetworkNodes pueden ser configurados para especificar la dirección o sentido del camino. Al presionar la letra "Q" y hacer un click arrastrando desde un NetworkNode Amarillo a otro NetworkNode conectado, estaremos deshabilitando el que se pueda viajar en esa dirección. Eso queda indicado por la línea roja que se ubica en el lado del camino que ya no puede ser utilizado. Por ejemplo, de esta manera puedes indicar un segmento de un camino que funciona de ida pero no de vuelta

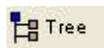
Cuando un camino ha sido definido utilizando SplinePoint, los objetos que se mueven en esos caminos automáticamente seguirán el camino definido. Si no quieres que se vean los SplinePoints se puede ocultarlos o hacerlos visibles nuevamente presionando la tecla "X" y seleccionando uno de los NetworkNodes amarillos del camino.



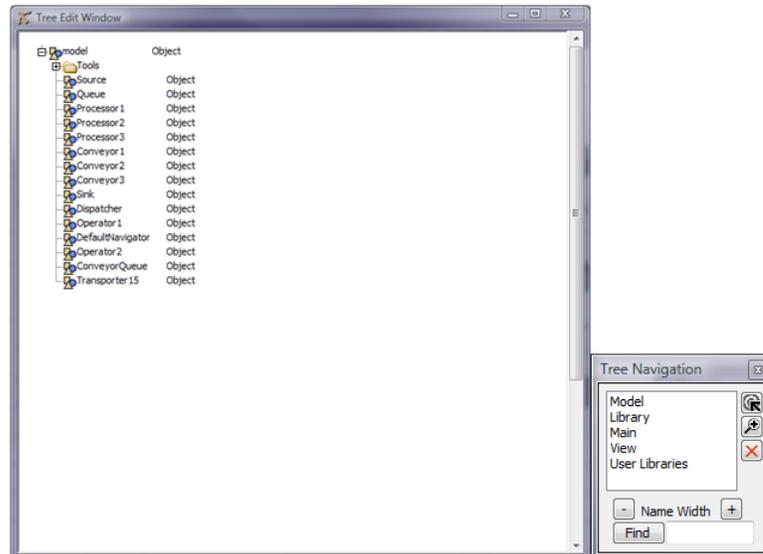
Con Spline Points Ocultos

La vista de Árbol o Tree View del modelo.

La vista de árbol del modelo llamada Tree View se utiliza en Flexsim para explorar la estructura del modelo en detalle. Para acceder a él presiona el botón



de la barra de herramientas y se mostrará en la pantalla la vista de árbol.



Vista de árbol del modelo.

La vista de árbol es una ventana que provee de varias características únicas, esta vista permite:

- ✓ Personalizar los objetos de Flexsim usando C++ o Flexscript
- ✓ Ver todos los datos de un objeto.
- ✓ Acceder a las ventanas de propiedades y parámetros de los objetos.
- ✓ Editar el modelo, borrar los objetos y modificar cualquier dato.

Descripción del Modelo

En el modelo 4 reemplazaremos el sink por 3 racks que utilizaremos para almacenar los flowitems o productos terminados antes de embarcarlos. Le modificaremos el tamaño a los conveyor 1 y 3 para que se doblen sus extremos finales para que los productos que vayan sobre estos se acerquen al queue. Utilizando una tabla global como referencia, todos los flowitems (productos) cuyo itemtype (es decir, tipo de producto) sea igual a 1 serán enviados al rack 2, todos los de itemtype 2 los enviarás al rack 3 y los que tengan el itemtype igual a 3 deberán ir al rack 1.

Usando los objetos network node deberás construir un camino para que lo utilice el montacargas cuando transporte los flowitems del queue final a los racks. También se debe crear una simulación que corra múltiples escenarios usando el Experimentador (Experimenter) para mostrar la varianza estadística y que calcule los intervalos de confianza de las medidas de desempeño claves del modelo.

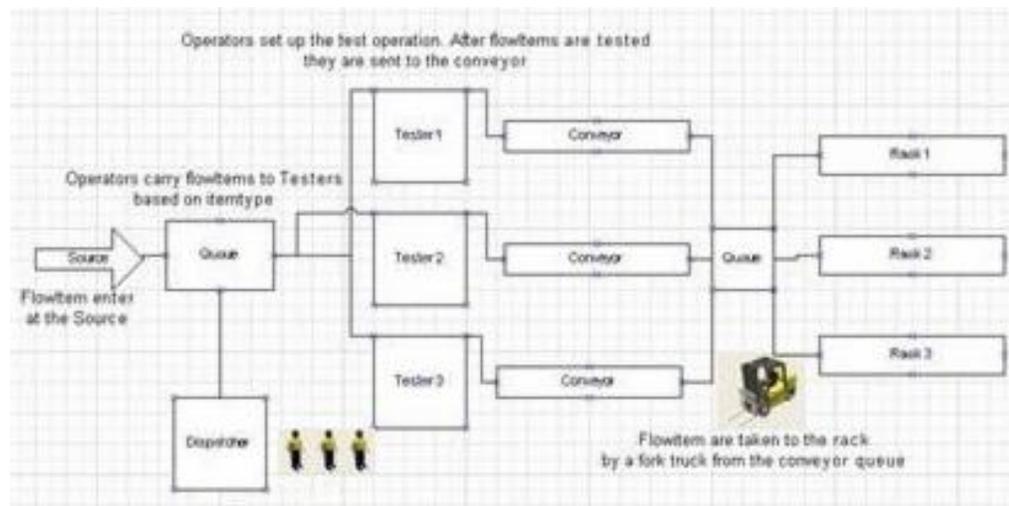


Diagrama del Modelo

Datos del Modelo 4

Modificar el conveyor 1 y 3 para que transporte a los flowitems cerca del queue final. Ruta del queue final a los racks: utiliza una tabla global para especificar el destino de los flowitems tal como se indica a continuación:

- ✓ Itemtype 1 va al rack 2.
- ✓ Itemtype 2 va al rack 3.
- ✓ Itemtype 3 va al rack 1.

Crea el camino por el cual el montacargas deberá viajar entre el queue final y los racks. Construyendo un flypath para presentar el modelo mostrando un recorrido volando por este.

Construcción del Modelo

Paso 1: Abrir el Modelo 2 y compilarlo.

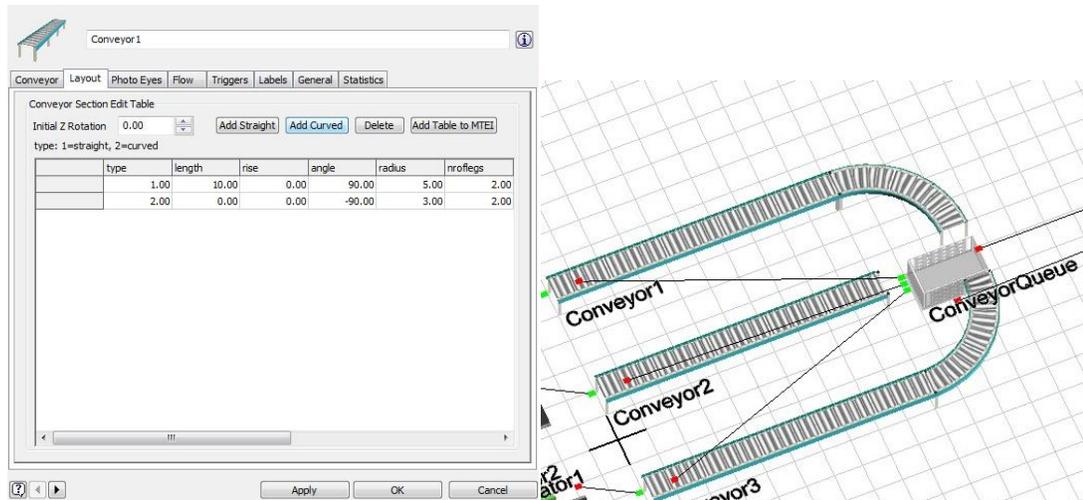
Una vez que el modelo ha sido abierto presionar el botón Compile.

Paso 2: Reconfigura la forma de los conveyors 1 y 3.

Usando la pestaña llamada Layout ubicada en la ventana de parámetros de los conveyors 1 y 3, cambia su forma para que los conveyors tengan una sección curva al final del conveyor para transportar a los flowitems cerca del queue final.

Necesitaremos añadir por lo menos una sección adicional en forma de curva. Cuando el tipo o "type" es igual a 2 significa que es una sección curva mientras que cuando que si es igual a 1 es una recta. Para las secciones rectas tipo 1, la longitud, elevación y el número de patas de esa sección pueden modificarse.

Para las secciones curvas tipo 2, la elevación, ángulo, radio y número de patas es lo que se puede cambiar.



El layout de los conveyors después de modificarlos.

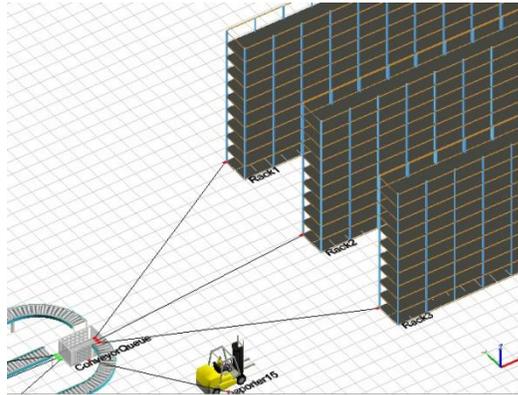
Paso 3: Borrar el sink.

Para preparar el modelo para añadir los racks, el sink que se encuentra al final del modelo 2 necesita ser borrado. Esto lo haremos simplemente seleccionando con un click el sink (te darás cuenta que está seleccionado cuando aparezca un cubo amarillo) y presionando la tecla de borrar de tu teclado. Cuando un objeto es borrado, todas sus conexiones desde y hacia ese objeto se eliminan también automáticamente. Se debe recordar que esto podría modificar la numeración de los objetos que estaban conectados al objeto borrado.

Paso 4: Añadir racks al modelo.

Selecciona el objeto llamado rack de la biblioteca de objetos y arrastrando 3 de estos hacia el layout se crearán. Una vez que los racks estén en el modelo, hay que crear las conexiones de los puertos desde el queue final a cada uno de los racks presionando y manteniendo la letra "A" mientras arrastramos el mouse

para crear una línea del queue final a cada uno de los racks, se debe colocar los racks a una distancia suficiente del queue para que el montacargas viaje cierta distancia para llegar a los racks.



Los racks añadidos al modelo.

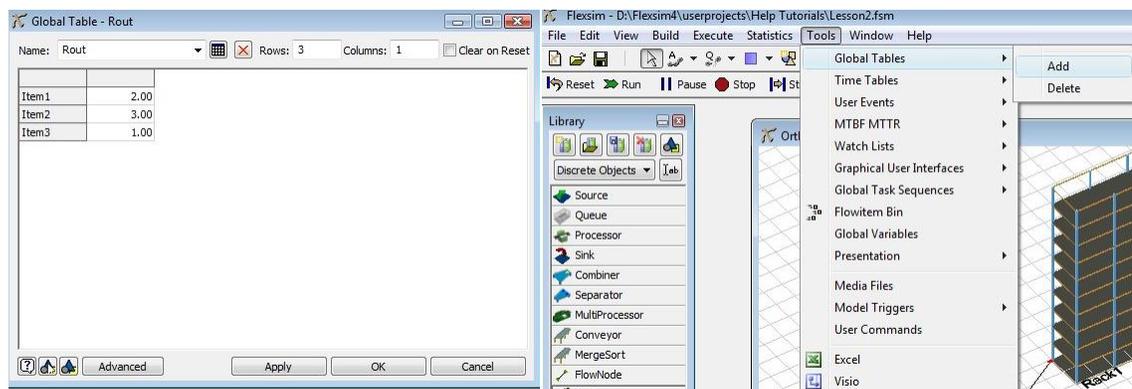
Paso 5: Creando las tablas globales para el ruteo de los flowitems desde el queue final a los racks.

El siguiente paso consiste en crear una tabla global para usarla como referencia para saber a que rack se mandarían los flowitems (o para decirlo de forma más adecuada, por cual puerto de salida del queue final se mandarían los flowitems que van a los racks). Estamos asumiendo que ya se conectó el puerto de salida 1 con el rack 1, el puerto 2 con el rack 2 y el puerto 3 con el rack 3. Mandaremos todos los flowitems cuyo itemtype o tipo de producto sea 1 al rack 2, todos de itemtype 2 irán al rack 3 y todos los itemtype 3 al rack 1.

Estos son los pasos para definir la tabla:

1. Selecciona el botón Tools de la barra de herramienta.
2. Cuando se abra la ventana, presiona el botón que se ubica al lado de las tablas globales (Global Tables) y dar click a Add

3. Aparecerá un nombre predefinido como nombre de la tabla, el cual podrás cambiar después.
4. En el espacio de Rows colocar 3 y en columns o columnas colocar 1
5. Nombrar a los renglones item1, item2 y item3 (esto es solamente para que tú sepas que información tiene la tabla ya que Flexsim no lee esa información) y pon lo valores que corresponden al puerto de salida (número de rack) al que queremos mandar los flowitems.
6. Presionar el botón OK ubicado en la base de la ventana.



Tablas Globales

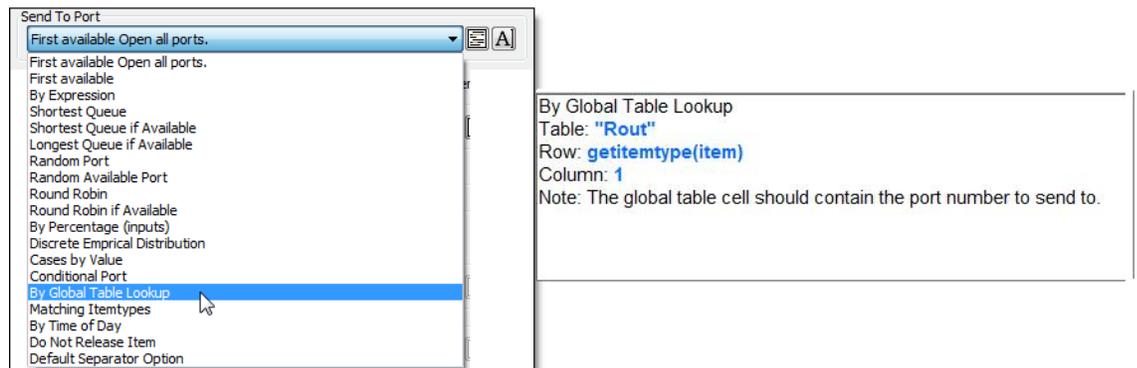
Paso 6: Ajustando la opción “Send To Port” del conveyor final.

Ahora que ya tenemos la tabla definida podemos ajustar la opción “Send to Port” del queue para indicar el destino (rack) de los productos.

- ✓ Realizar un doble click sobre el conveyor para abrir la ventana de parámetros.
- ✓ Seleccionar la pestaña de flujo llamada “Flow”. En la lista llamada “Send to Port” (Mandar al Puerto) se debe buscar la opción que se llama “By

Global Table Lookup” la cual busca el destino en una tabla. Una vez que se ha seleccionado esta opción, presionar el botón de plantilla que lea la tabla que hicimos previamente, llamada “rout”.

- ✓ Presiona el botón OK para cerrar la ventana de plantilla y ahora selecciona OK para cerrar la ventana de parámetros y que se guarden esos cambios.



Paso 7: Compilar, resetear, grabar y correr el modelo.

En este punto sería una sabia decisión el compilar el modelo, resetearlo, guardarlo y correrlo para observar los cambios que le añadimos al modelo. El modelo debe correr usando el montacargas para transportar los flowitems hacia el rack destino según el itemtype o tipo de producto que sea leyendo el valor definido en la tabla global que hicimos.

Paso 8: Añadiendo NetworkNodes para crear el camino del montacargas.

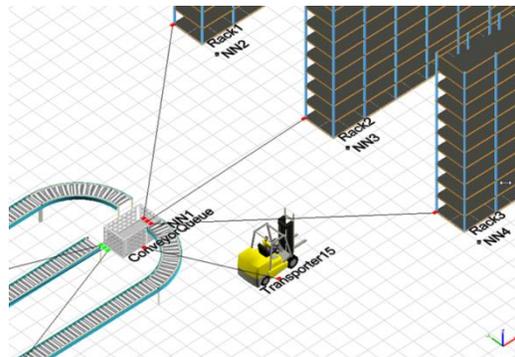
Los nodos de red o NetworkNodes los usaremos para definir un camino por el que pueden moverse los objetos de la clase “Task Executer”⁶⁴ como lo son el

⁶⁴ Ejecutor de Tareas

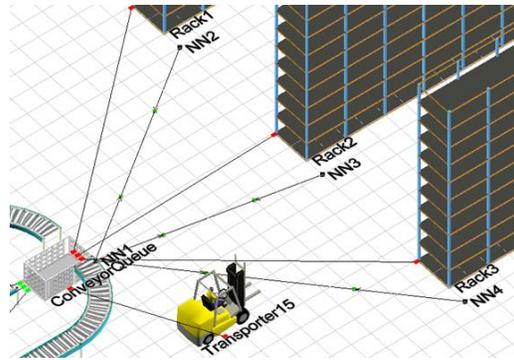
Transporter o montacargas, Operator u operadores, ASRSvehicle o vehículo de carga, Crane o Grúa, etc.

Hasta este momento hemos dejado que los “Task Executer” se muevan libremente por el modelo en línea recta (que recordemos que siempre es el camino más corto) entre los objetos. Ahora vamos a limitar el movimiento del montacargas a un camino específico que debe utilizar para transportar los flowitems del queue final a los racks. Para esto haremos los pasos siguientes con el objetivo de definir un camino simple.

1. Arrastrar y soltar NetworkNodes (nodos amarillos) al final del queue y en el pasillo de cada rack. Los nodos serán los puntos para tomar o dejar producto. Podemos añadir nodos adicionales entre estos nodos pero no es necesario en este caso.

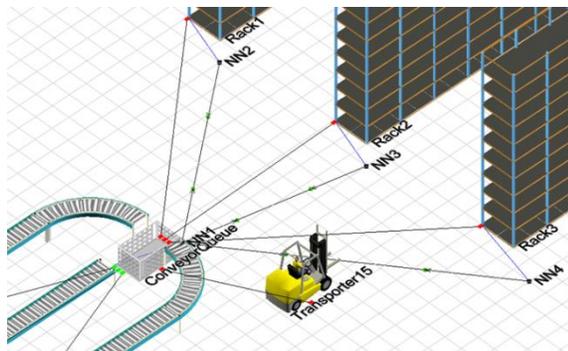


2. Conecta entre sí los NetworkNodes presionando la letra “A” del teclado y arrastrando el mouse para crear una línea . Una línea verde aparece cuando la conexión está hecha e indica que es posible viajar en ambas direcciones entre ellos.



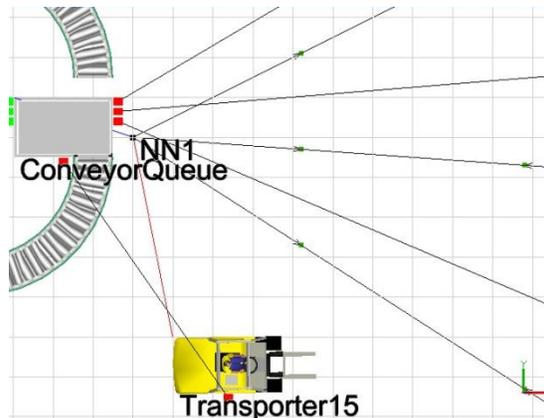
Conexiones entre los NetworkNodes amarillos.

- Ahora conectaremos el nodo que se ubica cerca del queue con el queue y cada uno de los otros 3 nodos con su respectivo rack. Esto se hace para poder decirle al montacargas que debe de llegar a un nodo en específico para poder recoger o dejar producto del objeto con el que está conectado. Esta conexión también la haremos presionando la letra “A” para crear una línea del NetworkNode con el objeto. Una línea azul delgada aparecerá cuando la conexión se haga correctamente



Conexiones entre los NetworkNodes y los objetos.

- El último paso es conectar el montacargas a la red que creamos. Para que el montacargas sepa que debe utilizar esa red, debe estar conectado a uno de los NetworkNodes amarillos de la red. Esto también lo haremos conectando con la tecla “A” el montacargas a solo uno de los NetworkNodes. Una línea roja debe aparecer cuando la conexión está hecha.



Conectando el montacargas con un solo NetworkNode.

Paso 9: Compilar, resetear, guardar y correr tu modelo.

Ahora es un buen momento para compilar, resetear, guardar y correr el modelo para asegurarnos que el montacargas se transporta utilizando la red.

Cuando esté corriendo el modelo de seguro notaremos que el montacargas se saldrá del NetworkNode amarillo cuando toma o deja un producto. Esto se debe a que tenemos activada de forma predeterminada la opción para que use los offsets para carga y descarga llamada "Travel offsets for load/unload tasks" que se encuentra en los parámetros del modelo. La opción "Travel offsets for load/unload tasks" viene preseleccionada. Los offsets son utilizados por el montacargas para llegar justo a la posición del objeto donde los flowitems necesitan ser recogidos o depositados. Esto es lo que permite al montacargas el llegar dentro del queue y recoger el producto y también el que pueda llegar hasta la ubicación exacta del rack donde debe de colocar el producto. Para forzar al montacargas a que permanezca en el NetworkNode amarillo sin salirse de este, simplemente deselecciona la opción de travel offsets quitando el visto.

Paso 10: Utilizando el reporte para ver los resultados.

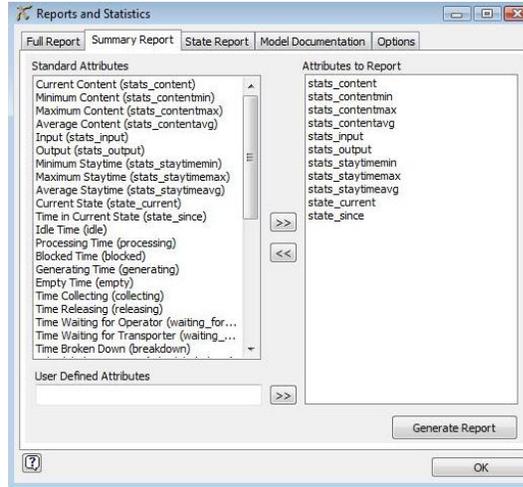
Para acceder a las características de reporte de Flexsim es necesario seleccionar los objetos del modelo que te interesa incluir en el reporte. Esto

puede hacerse al final de la simulación o en cualquier momento mientras esté corriendo. Una forma de seleccionar los objetos es mantener presionada la tecla “Shift” del teclado y dibujar un recuadro alrededor de los objetos con el mouse. Cuando un objeto está seleccionado un cubo rojo aparecerá alrededor del objeto. Basta con tocar una parte del objeto para seleccionarlo.

- ✓ Una vez que hayas seleccionado los objetos a incluir en el reporte selecciona desde la parte superior el menú Statistics > Reports and Statistics.



Cuando hayas seleccionado esta opción se te presentará la ventana de configuración del reporte estándar llamado Summary Repor.



Ajuste del reporte estándar.

Para generar un reporte básico, presionar el botón “Generate Report”. Si solamente se desea generar el reporte para los objetos seleccionados en rojo, deselecciona la opción de reportar información de todo el modelo llamada "Report information for whole model". Si tienes atributos o información adicional que tu quieras incluir en tu reporte, puedes añadirlos usando la interfase proporcionada y de esta manera personalizas tu reporte, añadiendo o quitando lo que necesitas. El reporte será exportado como un archivo csv y será abierto automáticamente por Excel o por cualquier programa que venga configurado para abrir estos archivos como un editor de texto.

Object	Class	stats_cont	stats_cont	stats_cont	stats_inpu	stats_outy	stats_stay	stats_stay	stats_stay	state_curr	state_since
Source	Source	0	0	0	1	0	1339	0	326.6003	7.882783	5
Queue	Queue	24	0	0	25	22.33462	1339	1315	1.777517	3185.945	618.1947
Processor	Processor	0	0	1	0.46037	461	461	10.0347	162.5524	37.29556	1
Processor	Processor	1	0	1	0.498806	466	465	10.037	183.433	40.07985	2
Processor	Processor	1	0	1	0.923999	388	387	10.31463	2307.401	89.17754	2
Conveyor	Conveyor	0	0	3	0.405734	461	461	14.71239	68.82785	32.89554	6
Conveyor	Conveyor	1	0	13	1.42399	465	464	10	723.6134	114.6433	4
Conveyor	Conveyor	25	0	25	23.34033	387	362	14.71239	5121.235	2343.239	4
Dispatch	Dispatch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Operator1	Operator	0	0	1	0.016472	262	262	1.844796	2.949462	2.346952	1
Operator2	Operator	0	0	1	0.068573	1053	1053	1.844763	2.958871	2.433187	1
Conveyor	Queue	10	0	10	9.881959	1287	1277	0.729	339.848	288.1934	10
Transport	Transport	1	0	1	0.516961	1277	1276	8.288835	19.38042	15.14272	15
Rack1	Rack	359	1	359	157.3819	359	0	0	0	0	2
Rack2	Rack	457	1	457	236.5265	457	0	0	0	0	2

Reporte Básico abierto automáticamente mediante Microsoft Excel.

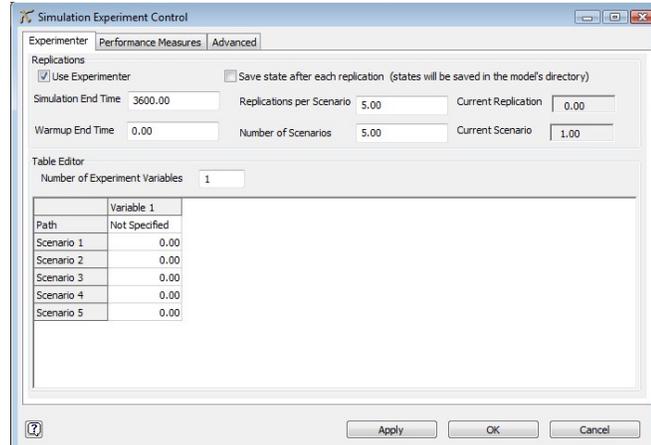
Para crear un segundo tipo de reporte, llamado reporte de estado (state report) selecciona desde el menú Statistics > State Report de la tabla de Report and Statistics. Esto genera automáticamente un reporte de estado que muestra los porcentajes de tiempo en que cada uno de los objetos seleccionados del modelo estuvo en cierto estado, como ocio, procesando, bloqueado, descompuesto, en mantenimiento, en tiempos de preparación, vacío, etc. En total son 21 estados diferentes.

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generatin	empty	collecting	releasing	waiting_fi	waiting_fi	breakdown
Source	Source	0.00%	0.00%	0.00%	28.24%	71.76%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Queue	Queue	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.22%	0.00%	99.76%	0.00%	0.03%	0.00%
Processor	Processor	54.00%	32.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.07%	0.00%	0.00%
Processor	Processor	50.10%	37.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.33%	0.00%	0.00%
Processor	Processor	7.59%	30.23%	0.00%	50.74%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.05%	0.00%	0.00%
Conveyor	Conveyor	0.00%	0.00%	0.00%	21.45%	0.00%	63.70%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Conveyor	Conveyor	0.00%	0.00%	0.00%	50.57%	0.00%	42.88%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Conveyor	Conveyor	0.00%	0.00%	0.00%	96.66%	0.00%	2.69%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatche	Dispatche	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operator1	Operator	69.46%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operator2	Operator	76.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Conveyor	Queue	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.49%	0.00%	0.00%	0.00%	99.51%	0.00%
Transpoort	Transpoort	0.38%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Reporte de Estados abierto automáticamente mediante Microsoft Excel.

Paso 11: Múltiples corridas del modelo usando el Experimenter.

Para acceder al módulo de experimentación de Flexsim, selecciona el botón llamado Experimenter ubicado en Statistics.



Control de Experimentos de Simulación

La ventana de Control de Experimentos de Simulación se usa para correr múltiples replicas de un determinado modelo y también para correr múltiples escenarios de un modelo. Cuando corres múltiples escenarios, puedes definir una cantidad de variables de experimentación y especificar los valores que quieres que tengan para cada uno de los escenarios que quieras correr. Automáticamente se calcula los intervalos de confianza y los mostrará para cada una de las medidas de desempeño que se hayan definido en la pestaña llamada “Performance Measures”

2.4 Conclusiones

- ✓ Flexsim es un software de simulación bastante poderoso, que permite obtener casi cualquier tipo de estadísticas referentes al sistema o a objetos en particular, brindando la facilidad de comprender con exactitud qué es lo que podría suceder en cualquier situación que se desee simular. Si bien es cierto, existen algunos software que son más económicos que Flexsim como Arena, sin embargo las facilidades y alcance que hemos visto que posee Flexsim en sus múltiples aplicaciones, hace del un software que a pesar de su precio es preferido por industrias y en algunos casos para profesionales que brindan servicios de asesoría técnica.
- ✓ La interfaz gráfica del software permite crear modelos de simulación de manera más sencilla, emulando con gran precisión sistemas reales. La forma en que Flexsim muestra la simulación del modelo con estadísticas y gráficas 3D permite tanto al analista como a quienes observan la simulación, comprender en gran medida lo que está sucediendo y como solucionarlo sin ser un experto en la materia.
- ✓ Finalmente podemos decir que una de las más grandes ventajas que ofrece Flexsim, es la posibilidad de simular casi cualquier tipo de situación de la vida real con sus diferentes paquetes comerciales. La variedad es casi interminable, se puede emular desde un complejo sistema en una industria nuclear, como todos los procesos que podrían darse dentro de un hospital; facilitando enormemente el trabajo de los profesionales dedicados al mejoramiento de procesos en las distintas ramas de la industria.

CREACIÓN DEL MAPA DE PROCESOS CON RUTAS DE FABRICACIÓN POR MODELOS

3.1. Introducción

Cuando hablamos de mapas de procesos nos referimos a una representación gráfica de los procesos de ésta y de sus interrelaciones. Los mapas de procesos son básicamente utilizados para tener una idea lógica y esencial de cómo son los procesos dentro de una empresa o entidad.

Esta herramienta nos permite adquirir un mayor conocimiento de cómo funciona una empresa, y cuáles son sus requerimientos además nos da un buen entendimiento del tema.

En él se representan los procesos que componen el sistema así como sus relaciones principales. Dichas relaciones se indican mediante flechas y registros que representan los flujos de información.

El mapa de procesos muestra un proceso completo de principio a fin y puede ser utilizado para describir el cómo es el proceso y diseñar el cómo deberá ser, en un diagrama de este tipo, se ve claramente que está haciéndose, por quien y en que secuencia.

Este tipo de diagramas está compuesto de roles⁶⁴ que muestran los actores y los procesos que son ejecutados por cada uno de ellos. Las responsabilidades que son las tareas individuales que cada actor es responsable de hacer, y las rutas que son los flujos de trabajos y las decisiones que conectan las tareas.

⁶⁴ Roles: El conjunto de tareas, funciones, responsabilidades que clasifica a un cargo como tal. (CUEVA Pilar, *Manual de Administración de Recursos Humanos*, Módulo I, 2009, p. 8)

El Mapa de Procesos será un mecanismo de gran utilidad para la evaluación de los procesos de trabajo. Contribuye a hacer visible el trabajo que se lleva a cabo en una unidad de una forma distinta a la que ordinariamente lo conocemos. A través de este tipo de gráfica podemos percatarnos de tareas o pasos que a menudo pasan desapercibidos en el día a día, y que sin embargo, afectan positiva o negativamente el resultado final del trabajo.

Un mapa de los pasos que se requieren para completar un trabajo nos permite identificar claramente los individuos que intervienen en el proceso, la tarea que realizan, a quién afectan cuando su trabajo no se realiza correctamente y el valor de cada tarea o su contribución al proceso.

También permite evaluar cómo se entrelazan las distintas tareas que se requieren para completar el trabajo, si son paralelas (simultáneas) o secuenciales (una tarea no puede iniciarse hasta tanto otra se haya completado).

Los mapas de procesos son útiles para:

- Conocer cómo se llevan a cabo los trabajos actualmente
- Analizar los pasos del proceso para reducir el ciclo de tiempo o aumentar la calidad
- Utilizar el proceso actual como punto de partida para llevar a cabo planteamientos de mejoramiento del proceso
- Orientar a nuevos empleados
- Desarrollar formas alternas de realizar el trabajo en momentos críticos
- Evaluar, establecer o fortalecer los indicadores o medidas de resultados

Cuando es necesario establecer indicadores para medir la efectividad o eficiencia del trabajo, resulta de gran valor conocer los pasos o tareas que lo componen. Así, cuando se determinan las tareas que serán medidas, se seleccionan solo aquellas que verdaderamente impactan el resultado y se evita

recopilar datos innecesarios. Luego, cuando se determina el resultado, si éste no es el esperado, del mismo mapa de procesos se podrá obtener información sobre los pasos que pueden requerir modificación para mejorar el resultado final.

3.2. Mapa de Procesos

“[...]Entendiendo como proceso al conjunto de acciones u operaciones repetitivas y sistemáticas mediante las cuales se transforman elementos de entrada en elementos de salida, que son el producto o servicio que debe satisfacer los requerimientos del cliente y que consumen unos recursos”⁶⁵.

“Un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades que emplee un insumo, o agregue valor a éste y suministre un producto a un cliente externo o interno [...]”⁶⁶

Un mapa de procesos es la representación gráfica de uno o más procesos que contribuyen de forma significativa al logro de un resultado. El resultado puede ser un servicio o un producto. El servicio o producto puede ser para uso interno de otra unidad dentro de la organización, o externo, para uso de alguien autorizado por la organización para su uso [...].⁶⁷

Existen varios métodos para representar un proceso. La selección de uno sobre otro dependerá del propósito para el cual se prepara. Dos alternativas son: el flujograma y el mapa de procesos cruzados.

⁶⁵ VILLEGAS Ana, *Diseño de un Manual de Procedimientos*, Escuela Politécnica Nacional, 20 de Mayo del 2008, p. 37

⁶⁶ HARRINTONG, H, G, *Mejoramiento de los procesos de la Empresa*, Ed. Mc Graw Hill, Bogotá 1993, p. 9

⁶⁷ CORDERO Yolanda, *Área de Gerencia Gubernamental*, 20 de Agosto del 2010, www.ogp.gobierno.pr/html/GG_E008.html

Cuando el resultado (producto o servicio) requiere de la participación activa de varias unidades de trabajo, resulta útil comenzar el análisis con el mapa de procesos cruzados. Por el contrario, si los pasos o tareas del proceso se llevan a cabo en una misma unidad de trabajo, entonces el flujograma puede ser la mejor alternativa.

3.2.1. Mapa de Procesos Cruzados

La gráfica de procesos cruzados contiene los insumos o recursos necesarios, personas, materiales, y productos y los pasos necesarios para transformarlos en el resultado final. Estos se representan mediante símbolos y flechas. Existen dos alternativas para representar los procesos cruzados; el mapa funcional y el lineal de tiempo.

3.2.1.1. Mapa Funcional

El mapa funcional, o árbol funcional, es la representación gráfica de los resultados del análisis funcional. Su forma de árbol (dispuesto horizontalmente) refleja la metodología seguida para su elaboración en la que, una vez definido el propósito clave, este se desagrega sucesivamente en las funciones constitutivas. De hecho, las ramas del árbol son causas ligadas gráficamente hacia la izquierda (o hacia abajo según se haya dibujado) con sus respectivas consecuencias. Si se lee de abajo hacia arriba (o de izquierda a derecha) se estaría respondiendo el cómo una función principal se lleva a cabo mediante la realización de las funciones básicas que la integran. En sentido contrario, de derecha a izquierda se estaría respondiendo el para qué de cada función que se encuentra en la función del nivel inmediatamente siguiente.⁶⁸

⁶⁸ <http://www.ilo.org/public/spanish/region/ampro/cinterfor/temas/complab/xxxx/esp/x.htm>

Se utiliza mayormente para clarificar la forma en que está organizado el trabajo, paso a paso, a través del proceso y cómo las actividades cruzan los límites de una unidad a otra para que pueda ser completado el proceso. Usualmente la gráfica es en columnas, en las columnas se identifican las unidades o individuos que participan en el proceso, en orden de precedencia, de izquierda a derecha. Bajo cada columna, comenzando desde la primera, se representan las actividades que se realizan en esa unidad.

3.2.1.2. Mapa de Tiempo

“Este se construye para representar el ciclo de tiempo a través del proceso. Comúnmente se utiliza cuando se interesa reducir el ciclo de tiempo, esto es, agilizar el proceso. Sin embargo, en procesos sumamente complejos puede resultar un diagrama demasiado cargado.”⁶⁹

3.2.2. Mapa de Flujograma

“El flujograma es una fotografía esquemática de un proceso en la que se utilizan símbolos con flechas para representar los pasos en orden secuencial”⁷⁰

Es útil cuando iniciamos el análisis de un proceso complejo, pues nos permite representar todos los pasos y elementos que intervienen en el mismo, de una forma simple. Una vez que se tiene el proceso definido, nos será útil hacer un mapa de procesos cruzados para iniciar un análisis más profundo del movimiento entre unidades y tiempo del ciclo en el sistema de producción de Press Forja S.A.

⁶⁹ CORDERO Yolanda, Op. Cit.

⁷⁰ Idem

3.3. Información de PRESS FORJA S.A

Razón Social⁷¹: PRESSFORJA S.A.

Nombre Comercial⁷²: PRESSFORJA

Actividad Económica⁷³: Funcionamiento de altos hornos, convertidores de acero, talleres de laminado y acabado.

Reseña Histórica:

Press Forja es una empresa que nace en los años ochenta como un taller metal mecánico con el nombre de S.W. Press, dedicado a la fabricación de quemadores para cocinas, teniendo un solo cliente, poca maquinaria y ocupando una área de trabajo de apenas 56 metros cuadrados, gracias a la confianza de nuestros clientes, con el transcurrir del tiempo y manteniendo la filosofía de mejora continua, en los años noventa se forma la empresa Pres Forja S.A. dando trabajo a más de 50 personas de ambos sexos, con maquinaria adecuada e implantada en un área de trabajo de 1460 metros cuadrados, con una cartera de clientes aceptable. En la actualidad hemos entrado a la era tecnológica modernizando procesos, mejorando la calidad de los productos y presentando nuevas opciones para nuestros clientes. Hemos incrementado la productividad, la producción y la mano de obra, contamos en nuestra cartera de clientes a reconocidos fabricantes y comercializadores de cocinas a nivel Nacional e Internacional, como son Mabe, Indurama, Fibro Acero, etc, demostrando así ser la mejor opción en el mercado en servicio al cliente, con calidad, cantidad, costo y entrega a tiempo.⁷⁴

⁷¹ Registrado en el Servicio de Rentas Internas (SRI), en el Registro Único de Contribuyentes (RUC), número 0190152049001

⁷² Idem

⁷³ Idem

⁷⁴ GUERRERO Diana, *Manual de Calidad Press Forja S.A.*, 23 de Octubre del 2006, p. 1

La empresa Press Forja S.A. se encuentra ubicada en Ecuador, en la provincia de Azuay cantón Cuenca parroquia El Vecino; actualmente opera en el parque industrial en la avenida Octavio Chacón Moscoso y Paseo Río Machangara. La empresa se encuentra dedicada a la producción de Bases, Esparta llamas y Tapillas Esmaltadas (Ver Anexo 1). Press Forja es proveedora de empresas dedicadas a la producción cocinas, como lo son: Indurama, Fibro Acero, Mabe, Ecasa, entre otras.

Misión: “Fabricar y comercializar productos competitivos en costo y calidad que satisfagan los requisitos del cliente”⁷⁵.

Visión: “Ser la mejor opción en el mercado, optimizando los recursos, mejorando continuamente nuestros procesos y disminuyendo los costos de producción”⁷⁶.

Política de Calidad: La organización Press Forja ha establecido como Política de Calidad: “Elaborar partes y piezas de cocinas en la cantidad solicitada, garantizando a nuestros clientes la Calidad Total, a un costo accesible y en los tiempos estipulados, que nos permitan ser líderes en el mercado”⁷⁷.

Objetivos de Calidad:

1. Garantizar la calidad del producto final⁷⁸.
2. Cumplimiento de los pedidos en cantidad, calidad y tiempo⁷⁹.
3. Selección y evaluación de proveedores⁸⁰.
4. Capacitar al personal y mejorar su competencia⁸¹

Teléfonos: 072862258 – 072867898

E-mail: pressforja@etapanet.net

⁷⁵ GUERRERO Diana, Op. Cit., p. 1

⁷⁶ Idem p. 1

⁷⁷ Idem p. 1

⁷⁸ SEMERIA Walter, *Plan Operativo para los objetivos de Calidad*, 7 de Noviembre del 2006, p. 1

⁷⁹ Idem, p. 1

⁸⁰ Idem, p. 1

⁸¹ Idem, p. 2

3.4. Identificar los Actores

La organización existe porque tiene clientes que atender, pero también depende de sus proveedores y otras organizaciones de su entorno. Una buena manera de empezar es identificar a los agentes o actores que se relacionan con nuestro sistema de gestión: clientes, proveedores, *partners*, y otras organizaciones con las cuáles mantenemos una relación que tiene relevancia para nuestro sistema de gestión. Entre los actores también podemos destacar elementos de la infraestructura que puede ser relevante destacar: nuestra página WEB, un almacén, el sistema informático interno, etc.⁸²

“Si el sistema es de calidad, debemos identificar a los actores que tienen relevancia para la calidad, si es de medio ambiente, a los actores que tienen relevancia en nuestra gestión ambiental, y lo mismo debemos hacer con otros tipos de sistema”⁸³.

En el desarrollo del presente trabajo la identificación de los actores que intervienen en el sistema productivo de Press Forja S.A. podemos citarlos de la siguiente manera:

La Empresa: Representada por el dueño de la misma quien a través de la realización de la labor productiva en la fabricación bases, esparta llamas y tapillas esmaltadas para quemadores de cocinas, que mediante la venta de sus productos espera obtener una utilidad económica que satisfagan los intereses propios y los de sus colaboradores.

Los Clientes: El cliente es el individuo, sujeto o entidad que accede a la obtención de los productos que ofrece la empresa a cambio del pago de un valor acordado previamente para la transacción.

⁸² PEREIRO Jorge, *Como hacer un mapa de procesos*, 25 de Abril del 2008, www.portalcalidad.com

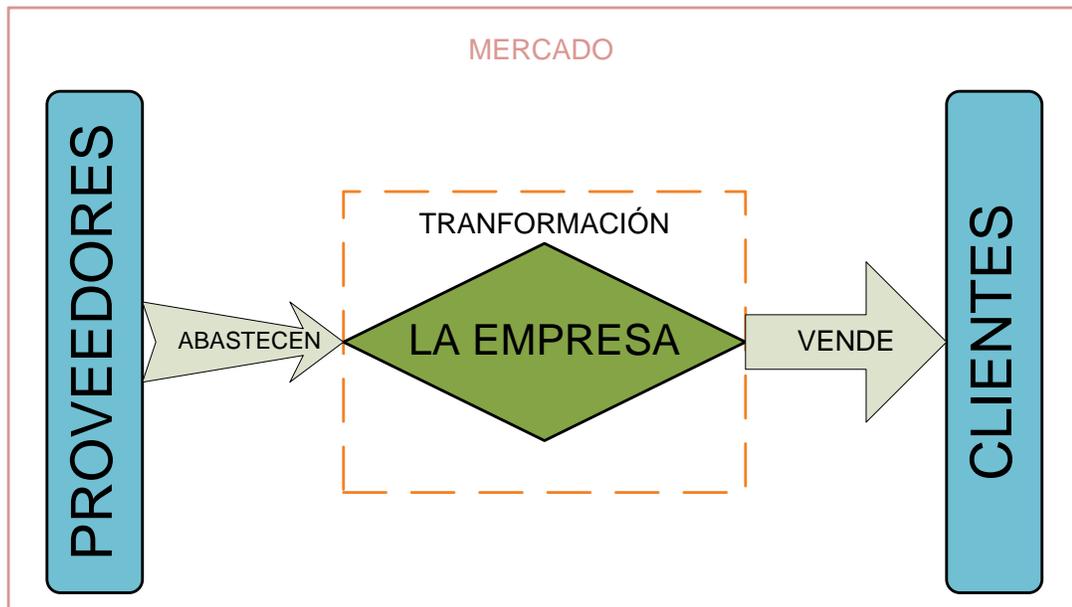
⁸³ Idem

Para los negocios, el cliente es aquel individuo que, mediando una transacción financiera o un trueque, adquiere un producto y/o servicio de cualquier tipo (tecnológico, gastronómico, decorativo, mueble o inmueble, etcétera). Un cliente es sinónimo de comprador o de consumidor y se los clasifica en activos e inactivos, de compra frecuente u ocasional, de alto o bajo volumen de compra, satisfecho o insatisfecho, y según si son potenciales.⁸⁴

Los Proveedores: Abastecen a la empresa de las materias primas, de los materiales e insumos requeridos por la misma para llevar a cabo su labor productiva de una manera eficiente que a la vez le permita elaborar productos de calidad y realizar las entregas de pedidos en los tiempos exigidos por los clientes en su compra.

Llegados a este punto, podemos proponer la primera versión de nuestro mapa de procesos:

⁸⁴ www.definiciónabc.com



Fuente: Los Autores, Propuesta 1 Mapa de Procesos, 2010

Nuestro sistema está ahí para satisfacer los requerimientos del mercado y las necesidades que este tiene mediante el proceso de producción donde se le da el valor agregado⁸⁵ a los materiales mediante la transformación en el proceso.

La empresa está ahí porque sus clientes la necesitan, así que no se puede dejar de representar estos procesos en el mapa, y así lo hará.

El mapa ya va tomando forma. Si se logra mantener esta configuración, el resultado final será bastante ordenado. No obstante, lo más probable es que se tenga que mover algún componente según vayamos añadiendo las cajitas.

⁸⁵ Valor Agregado: Es el valor adicional que adquieren los bienes y servicios al ser transformados durante el proceso productivo (Concepto extraído de www.definicion.org/valor-agregado)

3.5. Identificar la Línea Operativa

La línea operativa de Press Forja S.A. está formada por la secuencia encadenada de procesos que llevamos a cabo para realizar cada producto. Esta línea viene determinada por la naturaleza de la actividad y por la dosis de innovación que se haya sabido y podido implementar en el sistema productivo.

Una de las cosas que se debe hacer es establecer la relación entre los procesos y la línea operativa, relaciones que son clave para la calidad del producto terminado.

En el desarrollo del presente trabajo en Press Forja S.A. se puede identificar como las líneas principales de producción a las de, fabricación de bases, de esparta llamas y de tapillas esmaltadas cada una con sus respectivas variaciones dependiendo del modelo de fabricación para cada uno de sus clientes.

Y entrando en detalle las etapas básicas de la línea operativa en Press Forja S.A. las podríamos expresar de la siguiente forma:

- Primero definimos qué productos se fabrica en Press Forja S.A. para proporcionar al mercado y satisfacer los requerimientos de sus clientes (POLÍTICA).
- En segundo lugar se planifica como se va a fabricar estos productos, cuando, quién lo va a hacer, que se necesita, que se tiene, que hace falta (PLANIFICACIÓN).
- Finalmente se pone en marcha la producción (FABRICACIÓN).

Fabricación por ser la esencia del sistema productivo en donde se concentran los procesos que permiten dar forma a los productos desde la entrada de las materias primas hasta la salida del producto terminado, su relevancia para la Empresa y para el sistema le da mayor peso.

Dentro de fabricación tienen lugar numerosos tipos de procesos dependiendo del componente y modelo de producción. Para cada una de las líneas de producción los procesos más comunes se pueden mencionar los siguientes:

Bases:

- ✓ Pesaje del material
- ✓ Fundición
- ✓ Inyección
- ✓ Retirar rebava
- ✓ Escariado
- ✓ Torneado de Filo
- ✓ Torneado de Chaflán
- ✓ Perforado
- ✓ Pulido

Esparta llamas:

- ✓ Pesaje del material
- ✓ Fundición
- ✓ Formado de torchos
- ✓ Calentamiento de torchos
- ✓ Forjado de torchos
- ✓ Troquelado
- ✓ Granallado
- ✓ Torneado de superficie
- ✓ Torneado de filo
- ✓ Embalaje

Tapilla Esmaltada:

- ✓ Cortado de lámina
- ✓ Troquelado del disco
- ✓ Embutido del disco
- ✓ Decapado
- ✓ Esmaltado
- ✓ Tratamiento térmico
- ✓ Embalaje

Estos procesos se los puede visualizar para cada uno de los componentes y sus diferentes modelos de mejor manera y en una forma completa en los diagramas de operaciones en el Anexo 2 y la explicación a detalle en el numeral 8 del presente trabajo.

Los procesos de fabricación comparten un nexo común, todos tienen un proceso previo de fabricación, el de planificación. El proceso de planificación recibe como entrada las necesidades de fabricación por un lado, y las directrices a cumplir por otro. Las necesidades provienen de los clientes. Y las directrices provienen de la Dirección del Sistema. En función de las directrices, las necesidades de fabricación, y los recursos disponibles, el proceso de planificación debe dirigir y controlar a los procesos de fabricación.

El proceso que denominamos política también se lo incluye en la línea operativa. Le llamamos política como podríamos llamarle con cualquier otro nombre, podemos bautizar nuestros procesos como queramos y como sería de mejor comprensión para los integrantes del sistema productivo.

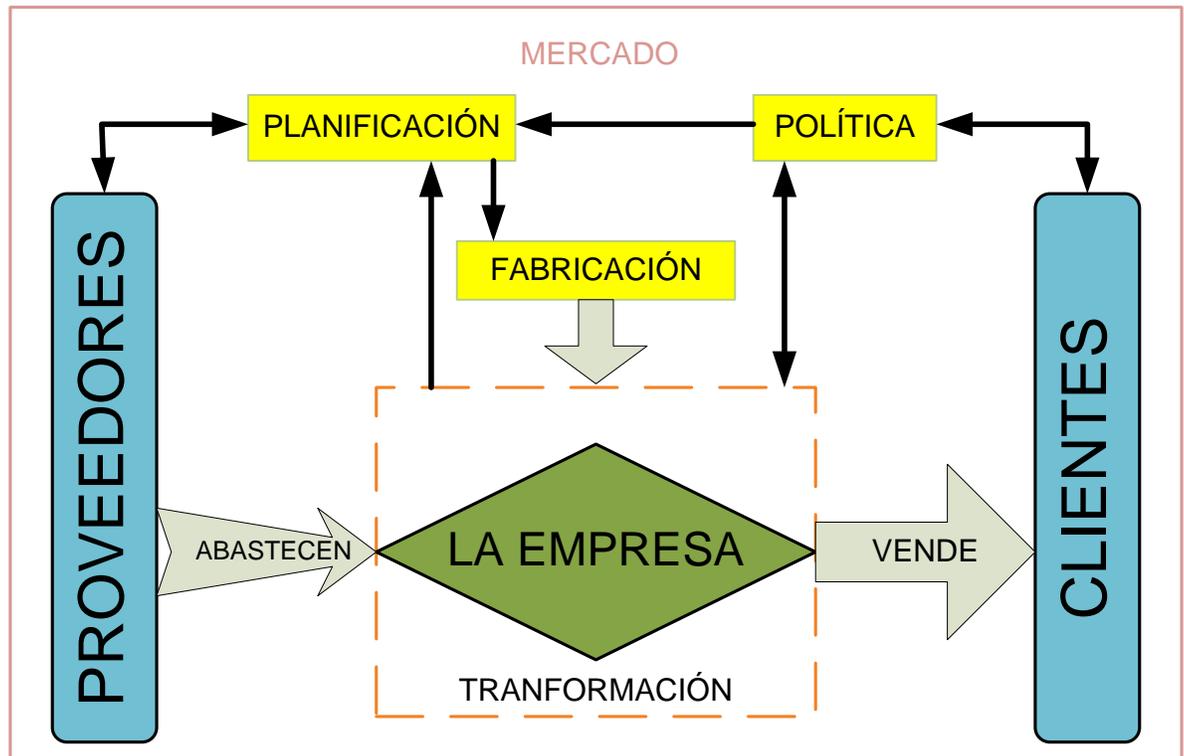
Consideramos que política forma parte de la línea operativa porque sus directrices y requisitos condicionan fuertemente la actuación de planificación. A su vez planificación controla la fabricación de los productos que solicitan clientes si antes la política le ha dicho que debe hacerlo. Si no, pues no hay

fabricación. Y el ciclo recircula con la política receptando instrucciones del cliente.

En la política empresarial se elaboran las directrices e instrucciones para la planificación. Los procesos de política son ejecutados por la dirección de la empresa, la dirección del sistema de producción. Las directrices e instrucciones deberían emanar de un plan estratégico previo. De lo contrario, la dirección sería un mero vehículo de transmisión de instrucciones, del representante de la dirección de la empresa a la planificación.⁸⁶

En el siguiente gráfico ilustramos la segunda propuesta del mapa de procesos donde se incluye la línea operativa:

⁸⁶ PEREIRO Jorge, Op. Cit.



Fuente: Los Autores, Propuesta 2 Mapa de Procesos, 2010

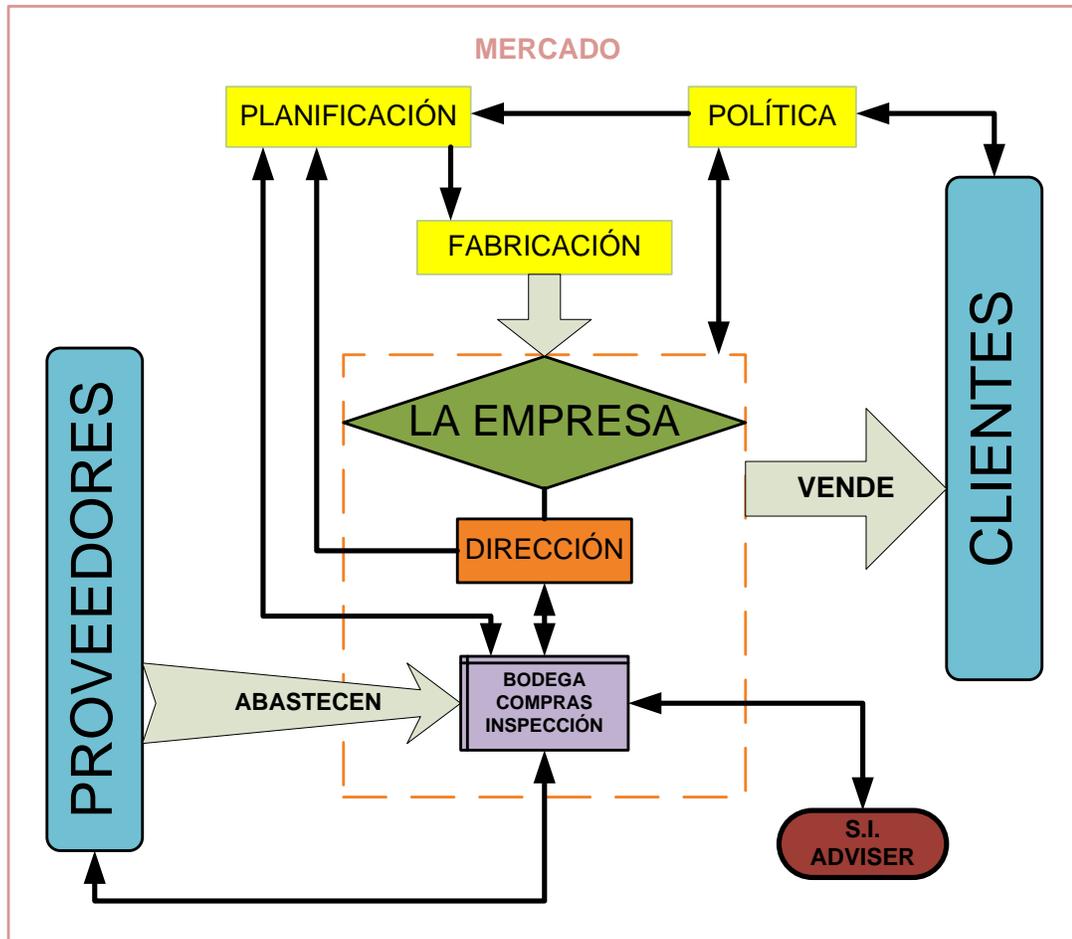
3.6. Añadir los Procesos de Soporte a la Línea Operativa y los de Dirección

Empecemos en primer lugar por colocar al director o gerente general. Pongamos en el mapa una cajita llamada DIRECCIÓN, MEJORA CONTINUA, ESTRATEGIA, o GERENCIA. Allí tendrán lugar los procesos que hemos mencionado antes.

“La línea operativa es la espina dorsal del sistema de producción. Cualquier actividad que no forme parte de ella debe adaptarse a ella, incluyendo los procesos de soporte”⁸⁷.

⁸⁷ PEREIRO Jorge, Op. Cit.

A continuación podemos proceder colocando los procesos de soporte a la línea operativa. Estos procesos son los que proveen de recursos a esta línea.



Fuente: Los Autores, Procesos de Soporte, 2010

En este paso se incluye a la bodega, que es de donde salen las órdenes de compras de las materias primas e insumos que son requeridos por la planificación para la fabricación de los productos. Estas órdenes pasan luego a ser aprobadas o rechazadas por la Dirección que en caso de ser aprobada la orden el departamento de compras se contacta con el proveedor para el abastecimiento de los requerimientos en la planta de producción, este es un proceso de doble vía ya que los proveedores contactan al departamento de compras para confirmar o negar la disponibilidad de los requerimientos.

Todo este proceso de compras, llegada y salida de materiales de la bodega queda registrado en el sistema informático *ADVISER*⁸⁸ que es donde se controla los inventarios en la bodega.

En función de los pedidos recibidos, de la disponibilidad de *stock*⁸⁹, y de las directrices de la Dirección en cuestiones de aprovisionamiento, se establece contacto con los proveedores para realizar pedidos. A continuación, los productos comprados son inspeccionados a su entrada y colocados en la bodega para el abastecimiento de la producción

Para realizar los pedidos se necesita: infraestructura para trabajar, personal formado, pedidos que preparar, productos que recopilar en la bodega, y embalajes. Tenemos representado todo esto menos la gestión de los recursos humanos y de infraestructura. Estos procesos son de soporte, pero no actúan únicamente sobre la línea operativa, tienen un alcance más global. Lo mismo ocurre con la gestión de incidencias, acciones de capacitación del personal, auditorías internas, etc.

3.7. Añadir los Procesos que Afectan a todo el Sistema

En este punto tenemos el corazón de la empresa representado, pero nos falta el resto de los componentes que dan vida al sistema y a continuación procedemos a analizarlos.

⁸⁸ *ADVISER*: Sistema de Gestión de Inventarios (Software Informático instalado y conectado en red en los computadores en Press Forja S.A.)

⁸⁹ Stock: Stock es una voz inglesa que se usa en español con el sentido de existencias o reserva de alguna cosa disponible para un uso futuro (Concepto extraído de www.wikipedia.com)

3.7.1. Procesos de Gestión de Incidencias, Productos no Conformes, etc.

Alguien tiene que apartar las piedras del camino. De forma más o menos organizada, todas las organizaciones se enfrentan a los problemas que genera el trabajo mal hecho. Estos procesos son distintos según la naturaleza del error. No es lo mismo el proceso de tratamiento de productos no conformes de un taller de producción, que la solución de un problema administrativo, o la gestión de un problema de servicio.

En términos generales estos procesos tienen la siguiente configuración:

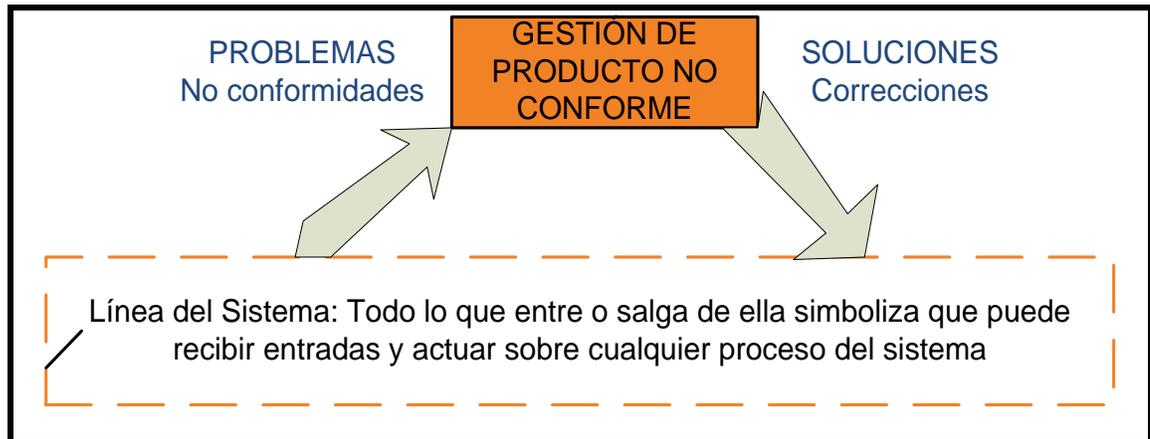


Fuente: Los Autores, Solución de Problemas – Gestión de Producto No Conforme, 2010

Transforman problemas en soluciones. En producción, estos procesos detectan productos no conformes y los rechazan (o re operan, o admiten bajo ciertas condiciones). Si se trata de un error reclamado por un cliente; se atiende, se investiga, y si hemos hecho algo malo, se corrige, y luego se informa al cliente dándole las satisfacciones que convenga. Si es una no conformidad en una auditoría interna; también se debe corregir la situación, y además se deben emprender acciones correctivas.

En potencia estos procesos pueden recibir entradas de cualquier proceso del sistema. Esta variedad de situaciones impide representaras todas, y por eso hay que encontrar alguna forma de expresar esto.

Por ello para dar solución a este problema hemos marcado línea discontinua en el mapa que simboliza el sistema completo:



Fuente: Los Autores, Integración del Sistema, 2010

Aunque otra solución más vistosa es identificar algún proceso de gestión de incidencias que destaque sobre los demás, y cogerlo como bandera. Mostraríamos ese y ningún otro. Los demás procesos podemos presentarlos en el manual de calidad o en algún otro procedimiento. Allí explicaremos qué, cómo, cuándo y quién. Todo esto debe estar expresado de una forma clara y concisa para el buen entendimiento del mismo.

“El mapa de procesos debe dar una visión general de nuestros procesos y sus relaciones. Si lo recargamos en exceso no lo entenderemos ni nosotros mismos. Hay que sacrificar información, porque si la ponemos toda, no comunicaremos ninguna.”⁹⁰

⁹⁰ PEREIRO Jorge, Op. Cit.

3.7.2. Proceso de la Gestión de los Recursos

El sistema de gestión necesita infraestructura para trabajar: instalaciones, equipos, herramientas, etc. Y necesita personas para trabajar, profesionales con las competencias⁹¹ necesarias para desarrollar las funciones encomendadas así como de los operarios y obreros calificados que cumpla los roles para cada uno de los trabajos que se deben realizar en la planta. La gestión de los recursos se ocupa de determinar qué necesita cada proceso y emprender las acciones que sean necesarias para asegurar que cada proceso dispone de los recursos necesarios.



Fuente: Los Autores, Gestión de Recursos, 2010

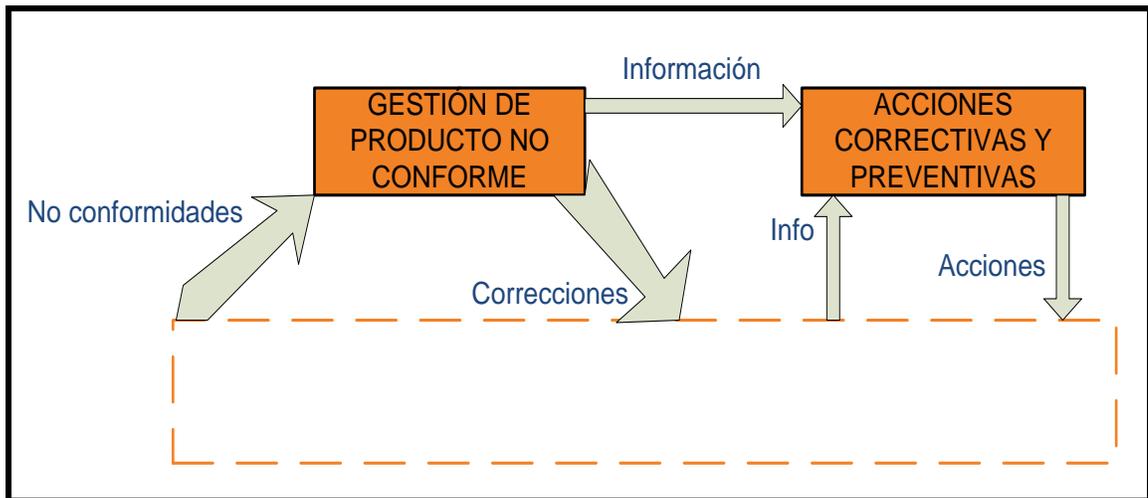
Las necesidades se pueden satisfacer trabajando sobre lo que hay en el Talento Humano con actividades de formación al personal, y en Infraestructura con acciones de mantenimiento de la infraestructura, o bien incorporando nuevas fuerzas al sistema contratación de personal calificado, compra de equipos, etc.

Aquí también podemos utilizar la raya discontinua para representarlos, o destacar alguno que nos interese.

⁹¹ Competencias: El conjunto de la habilidades, conocimientos, experiencias, pericia que tiene el individuo para desempeñar su trabajo. (CUEVA Pilar, Op. Cit., p. 9)

3.7.3. Acciones Correctivas y Preventivas

Este tipo de acciones han llegado de la mano de las Normas de Gestión para grabarse en la memoria de las personas que trabajan con ellas. Una acción correctiva no es lo mismo que una acción preventiva, sus salidas se parecen, pero sus entradas son bastante diferentes. No obstante, no parece descabellado meterlas juntas en una misma caja.

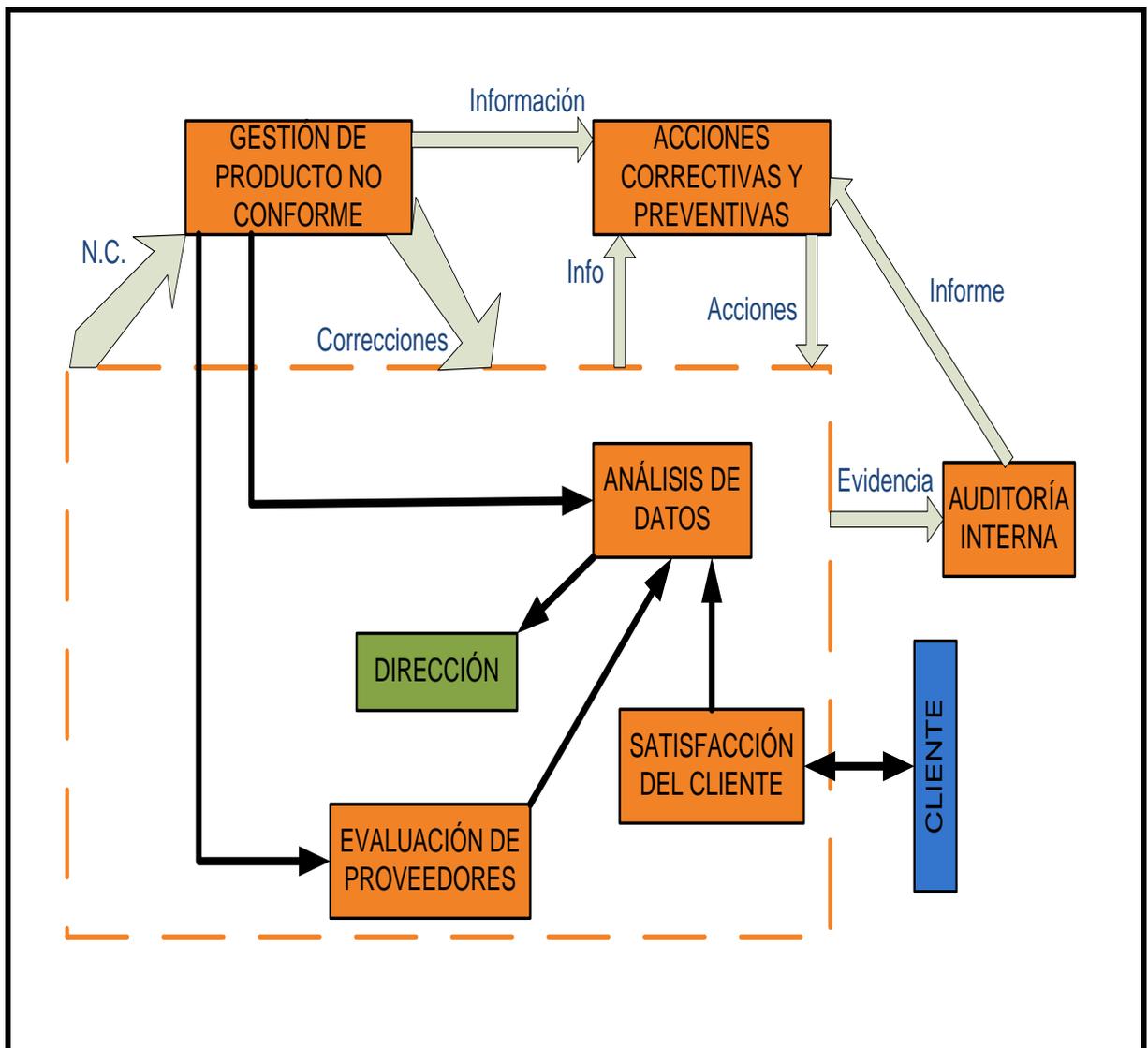


Fuente: Los Autores, Acciones Correctivas y Preventivas

Aprovechamos, de paso, para establecer su relación con la gestión de productos no conformes. Cuando hay un problema se debe corregir, pero además debemos evaluar la necesidad de emprender acciones para evitar que vuelva a suceder (acciones correctivas). Recuerde que todo esto es sólo una propuesta de representación para el desarrollo de nuestro trabajo, seguro que hay otras formas de expresar lo mismo y, sobre todo, otras formas que son capaces de destacar las singularidades para cada tipo de sistema.

3.7.4. Satisfacción del Cliente, Auditorías Internas y Análisis de Datos

Esta es una lista no exhaustiva de otros procesos que tienen un alcance global en el sistema productivo de Pres Forja S.A., no los vamos a meter todos dentro de una misma caja porque no comparten entradas ni salidas, aunque están relacionados entre sí.



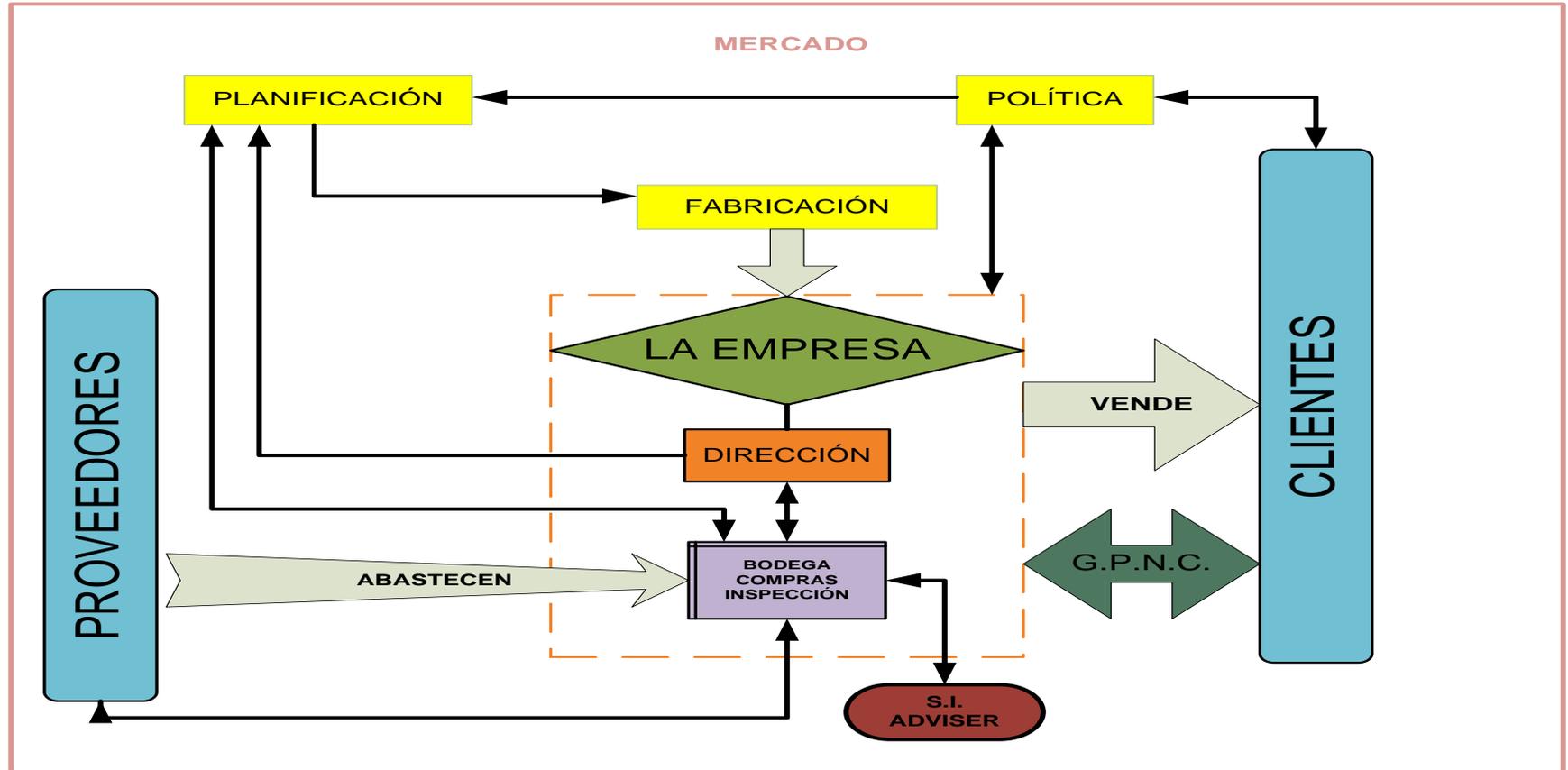
Fuente: Los Autores, Satisfacción del Cliente, Auditorías Internas y Análisis de Datos, 2010

El propósito de representar estos procesos y sus relaciones con un mínimo de exhaustividad nos conduce a un desorden de cajas y flechas. Si estuvieran ellos solos, nos podríamos aventurar a dejarlo así, pero también tenemos que poner el resto de los procesos que componen el sistema productivo de la empresa. Probablemente tendríamos que alargar mucho algunas flechas, recargando el mapa innecesariamente y esa no es nuestra intención ya que debe primar la comunicación por encima de la exhaustividad.

“No hay ningún impedimento formal para que hagamos un mapa de procesos que destaque lo que nos interesa, y obviar las relaciones y los procesos que no queremos destacar.”⁹²

Entonces al haber realizado este detallado análisis de cada uno de los procesos que afectan o por llamarlos mejor influyen en la gestión empresarial de Press Forja S.A., hemos determinado que la Gestión de Producto No Conforme (G.P.N.C.) es la que más incide en el proceso y por ello podemos añadirla a el mapa de procesos quedando el mismo como la propuesta final en la que se abarca el proceso productivo.

⁹² PEREIRO Jorge, Op. Cit.



Fuente: Los Autores, Mapa de Procesos Press Forja S.A., 2010

3.8. Diagramas de Procesos

La forma correcta de registrar los hechos consiste en anotarlos por escrito, pero este método no se presta para registrar las técnicas complicadas que son tan frecuentes en las industrias modernas y mucho más cuando tiene que constar con gran exactitud cada detalle ínfimo de un proceso u operación.

Por ello para poder describir exactamente todo lo que se hace, incluso en un trabajo muy sencillo que tal vez se cumpla en minutos o segundos necesitaríamos escribir varias páginas de texto continuo, que requerirían un considerable tiempo de estudio y comprensión para asimilar todos los detalles.

“Para evitar esa dificultad se idearon otras técnicas de anotación, de modo que se pudieran consignar informaciones detalladas con precisión y al mismo tiempo en forma estandarizada, a fin de que todos los interesados las comprendan de inmediato, aunque trabajen en fábricas o países distintos.”⁹³

3.8.1. Definición

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido. Estas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes.⁹⁴

⁹³ KANAWATY G., *Introducción al Estudio del Trabajo*, Cuarta Edición, Oficina Internacional del Trabajo, Ginebra, 1996, p. 85

⁹⁴ SOTO Lauro, *Diagrama Proceso Operaciones*, 2010, www.mitecnologico.com

3.8.2. Características Principales

A continuación se comentan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

- ✓ Capacidad de Comunicación.
- ✓ Permite la puesta en común de conocimientos individuales sobre un proceso, y facilita la mejor comprensión global del mismo.
- ✓ Claridad.
- ✓ Proporciona información sobre los procesos de forma clara, ordenada y concisa.

3.8.3. Simbologías

ACTIVIDAD	SIMBOLO	UTILIZACIÓN
OPERACIÓN		INDICA LAS PRINCIPALES FASES DEL PROCESO. POR LO COMÚN LA PIEZA MATERIA O PRODUCTO SE MODIFICA O CAMBIA DURANTE LA OPERACIÓN
INSPECCIÓN		INDICA INSPECCIÓN DE CALIDAD Y/O CANTIDAD
TRANSPORTE		INDICA EL MOVIMIENTO DE LOS TRABAJADORES MATERIALES Y EQUIPOS DE UN LUGAR A OTRO
ALMACENAMIENTO		INDICA EL DEPOSITO DE UN OBJETO EN UN ALMACEN DONDE SE LO RECIBE O ENTREGA MEDIANTE ALGUNA FORMA DE AUTORIZACIÓN
ACTIVIDADES COMBINADAS		SIRVE PARA INDICAR QUE VARIAS ACTIVIDADES SON EJECUTADAS AL MISMO TIEMPO, POR EL MISMO OPERARIO EN EL MISMO LUGAR DE TRABAJO

Fuente: Los Autores, Simbología para Diagramas de Procesos, 2010

3.8.4. Descripción de los Procesos

Los diagramas de operaciones de los componentes que se fabrican en Press Forja S.A. se los puede observar en el Anexo 2 y a continuación se hace una descripción detallada de los procesos que se realizan para cada uno de estos.

Bases:

Bodega.- El inicio de proceso se da en la bodega de donde salen los materiales requeridos para la producción.

Pesaje.- Luego se pasa al pesaje de las materias primas de acuerdo a la formula indicada.

Fundición.- Estas materias primas entran al crisol⁹⁵ en donde se funden y se retira las escorias⁹⁶ con una espátula alargada hasta obtener un material libre de impurezas.

Inyectado.- Este material una vez fundido se coloca en el alimentador de la maquina inyectora que mediante la presión aplicada de las matrices le dan la forma y medidas requeridas al componente.

Retirar Rebaba⁹⁷.- De forma manual se procede a retirar la rebaba de los componentes.

Escariado.- Este proceso consiste en dar un acabado fino y de precisión a el diámetro interior de la base requerido por

⁹⁵ Crisol: Es una cavidad en los hornos que recibe el metal fundido, es un aparato que normalmente está hecho de grafito con cierto contenido de arcilla y que puede soportar elementos a altas temperaturas, normalmente a más de 500 °C. (Concepto extraído de: www.wikipedia.com)

⁹⁶ Escoria: Es un subproducto de la fundición de la mena para purificar los metales. (Concepto extraído de: www.wikipedia.com)

⁹⁷ Rebaba: Porción de materia sobresaliente en los bordes de un objeto o en las juntas (Concepto extraído de: es.thefreedictionary.com/rebaba)

el cliente, además de que se retira cualquier imperfección, esto se lo hace con la utilización de un taladro de mesa que hace girar al escariador⁹⁸.

Granallado.- Este es un proceso donde los componentes se colocan en un tambor giratorio por donde entra y sale arena de sílice que con el movimiento retira impurezas y le da un pulido superficial.

Torneado de Filo.- Luego las bases colocadas en un torno con el giro y la utilización de la cuchilla se le da el diámetro requerido al filo, además de un pulido con la utilización de una lima.

Torneado de Chaflán.- Las bases luego son puestas en otro torno el cual mediante el uso de una cuchilla con una guía le dan una especie de pulido al chaflán de la base.

Perforado.- Aquí se perfora las bases para poder colocar el encendedor eléctrico cuando se ensambla la cocina, este perforado se lo hace en un costado del chaflán con la utilización de una broca a la medida deseada la cual está colocada de un taladro vertical.

Pulido.- Este es un proceso que consiste en dar un acabado brillante al chaflán del componente. Se lo realiza con la utilización de un disco compuesto de fique y tela, este disco gira en un eje conectado a un motor eléctrico a gran velocidad y con la utilización de pasta para pulir dan el acabado deseado al componente.

⁹⁸ Escariador: Es una herramienta manual de corte que se utiliza para conseguir agujeros pulidos y de precisión cuando no es posible conseguirlos con una operación de taladrado normal (Concepto extraído de: www.wikipedia.com)

Embalaje y Empacado.- Aquí las bases son inspeccionadas para posteriormente ser colocadas en una canastilla envueltas con plástico de embalaje para entrar nuevamente a la bodega como producto terminado.

Esparta llamas:

Bodega.- (Cfr. Supra)

Pesaje.- (Cfr. Supra)

Fundición.- (Cfr. Supra)

Formado de Torcho.- Una vez fundido el material con la utilización de un contenedor se coloca de acuerdo al componente en moldes a medida que permiten formar el torcho.⁹⁹

Calentado del Torcho.- Los torchos formados son colocados en unos hornos que en su parte superior utilizan un soplete de GLP (Gas Licuado de Petróleo) el cual pone al rojo al los torchos a una temperatura de 550 °C la cual es ideal para el siguiente proceso.

Forjado.- El torcho al rojo se coloca en la matriz de la prensa de golpe la cual mediante la presión aplicada le da la forma y diámetro requerido para el esparta llamas.

Troquelado.- Aquí con la utilización de un troquel¹⁰⁰ colocado en una prensa excéntrica retira los sobrantes de material y le da el diámetro requerido al componente.

⁹⁹ Torcho: Lingote de hierro (Concepto extraído de: www.deperu.com/diccionario/?pal=torcho)

¹⁰⁰ Troquel: Instrumento de bordes cortantes para recortar, por presión, planchas, cartones, cueros, etc. (Concepto extraído de: www.wikipedia.com)

Inspección en Banda Transportadora.- Los componentes son colocados en una banda transportadora para la inspección de conformidades.

Granallado.- (Cfr. Supra)

Torneado de Superficie.- En este proceso se coloca los esparta llamas en el tambor de un torno y con el uso de una cuchilla apropiada se tornea la cara superior del componente, quedando esta a manera de detalle o pulido.

Torneado de Filo.- Aquí el componente pasa a otro torno con otro tipo de cuchilla que le da el diámetro y pulido necesario al filo del esparta llamas.

Inspección en Banda Transportadora.- (Cfr. Supra)

Empacado.- En este paso los componentes son colocados de en fundas plásticas, dos componentes en cada una.

Embalaje.- Luego estos se pasa a colocar en cajas de cartón que de acuerdo al componente se colocan en la cantidad estimada en cada caja, para que luego estas cajas sean selladas con cinta de embalaje y pasan al almacenamiento en la bodega.

Tapillas Esmaltadas

Bodega.- (Cfr. Supra)

Corte de Lámina.- En este proceso se corta las planchas de acero negro a la medida que permitan obtener el mejor rendimiento de el área de la plancha y el diámetro requerido para el componente.

Troquelado.- Aquí con la utilización de un troquel colocado en una prensa excéntrica se corta de las láminas los discos que permitan dar forma a la tapilla.

Estampado.- Los discos luego son colocados en la matriz que mediante la presión ejercida por la prensa de golpe permite darle la forma al modelo de tapilla requerido.

Granallado.- (Cfr. Supra)

Decapado.- En este proceso se realiza el tratamiento de la superficie de las tapillas. Esto se lo realiza mediante la inmersión de los componentes en tinas que contienen químicos disueltos en agua, que permiten retirar las grasas o aceites que se han adherido a las tapillas a lo largo del proceso, ya que tienen que estar totalmente limpias para el siguiente paso.

Esmaltado.- Una vez que las tapillas están limpias se procede a colocar el esmalte o pintura con la utilización de una pistola a presión de aire comprimido.

Horno.- Este proceso es el que le da el tratamiento térmico adecuado a las tapillas en la cual el esmalte se funde con el material a 870 °C.

Empacado.- (Cfr. Supra)

Embalaje.- (Cfr. Supra)

3.9. Conclusiones

- ✓ El mapa de procesos permite en cualquier tipo de organización tener una idea lógica y esencial de cómo son los procesos dentro de la misma, el cual nos permite identificar los aciertos y las deficiencias de dichos procesos para así trabajar en la mejora continua del trabajo en la organización.
- ✓ La elaboración del mapa de proceso para Press Forja S.A. nos permitió integrar algunas fortalezas para los procesos de fabricación, dirección y control, pero así mismo nos damos cuenta de que nos faltaría desagregar y designar de una manera más específica cada uno de los procesos, ya que podemos decir que el centro o el corazón de la empresa es la Gerencia General de donde se planifica, designa, controla y dirige toda la empresa, y esto no se puede abarcar todo a la vez en un solo departamento.
- ✓ Los diagramas de procesos es una herramienta muy útil para la identificación y descripción de una manera clara y concisa de cómo se trabaja y de cuál es la secuencia de pasos y procesos a seguir desde la recepción de materias primas hasta la obtención del producto terminado, que nos permite tener un mejor entendimiento de dichos procesos en la empresa.
- ✓ Los diagramas de operaciones nos permiten mejorar u optimizar el trabajo una vez que hemos identificado procesos innecesarios que pueden reducirse o eliminarse haciendo así, más eficiente el trabajo.

LEVANTAMIENTO DE INFORMACION E INGENIERÍA DE MÉTODOS EN LA EMPRESA “PRESS FORJA S.A”

4.1 Introducción

La Ingeniería Industrial surgió con los estudios de tiempos y movimientos. Desde entonces se le han incorporado muchos otros campos de actividad, incluida la investigación operativa que trata de obtener la combinación óptima de todas las variables de una empresa. Sin embargo, los estudios de tiempos y movimientos son todavía dos de las herramientas de investigación más importantes para los ingenieros industriales. Hemos recorrido un largo camino desde la época de los “expertos en eficiencia”, pero todavía estamos muy interesados en los métodos de ejecución de un trabajo y el tiempo necesario para realizarlo. (VAUGHN R.C 1988)¹⁰¹

Una de las herramientas de la gestión de la producción para hacer mediciones de productividad es la ingeniería de métodos, que resulta muy útil aplicada en pequeñas o grandes empresas. Esta, que se refiere a los procedimientos sistemáticos sobre los modos de realizar actividades con el fin de efectuar mejoras dentro de la problemática de la fabricación, hace parte con la medición del trabajo, de los dos referentes que determina el estudio del trabajo, como ciencia.

Existe un cambio fundamental en la naturaleza y función de la tecnología en el desarrollo de la producción, la ingeniería de métodos es la pieza que hace falta en el actual análisis sobre la manera como se desarrolla la empresa.

¹⁰¹ VAUGHN R.C, *Introducción a la Ingeniería Industrias* – Segunda Edición, editorial Reverte S.A, Barcelona – España, 1988

En la producción de una empresa, constantemente existen grandes cambios, los cuales nos enfocan principalmente en el estudio de métodos, el cual es una parte del estudio del trabajo; con el fin de efectuar mejoras en la empresa, se debe trazar y desarrollar directrices de transición para las compañías que deseen ser exitosas en este siglo, aumentando así su productividad.

Un profundo análisis de la prometedora revolución en los negocios internacionales, posibilita por la aplicación de la avanzada tecnología de la información los avances hasta la fecha en los sistemas y procesos están claramente articulados, a medida que el potencial de estas tecnologías.

La Ingeniería de métodos comprende varias y grandes ramas, como son la Productividad que abarca la utilización de las capacidades de los recursos y los niveles de desempeño, el Estudio del Trabajo que cubre todo lo referente a estudio de tiempos y movimientos, la antropometría¹⁰², la ergonomía¹⁰³, la biomecánica¹⁰⁴, las condiciones y medio ambiente del trabajo, el ruido, la iluminación, la ventilación entre otras muy importantes para las plantas industriales.

A medida que el diseño de nuevos procesos de fabricación está listo para la producción real de bienes y servicios, la ingeniería de fabricación se convierte gradualmente en ingeniería de métodos. Cuando un proceso está listo para su asignación a un operario, debe considerarse el mejor método entre los que para ejecutar el trabajo hay disponibles. Si el ingeniero de procesos toma en cuenta el elemento humano, los métodos aplicados pueden ser realmente mejores, pero por ignorancia o por negligencia, el elemento humano es con demasiada frecuencia el último

¹⁰² Antropometría: Ciencia de medir el cuerpo Humano

¹⁰³ Ergonomía: Diseño del puesto de trabajo, herramientas y entorno ajustables al operario

¹⁰⁴ Biomecánica: Estudio del sistema Osteoarticular y Muscular sometidos a esfuerzos y movimientos

elemento a considerar y, como es adaptable, se pedirá al trabajador que actúe lo mejor que pueda. (VAUGHN R.C 1988 1988)¹⁰⁵

4.2 Planos y Distribución en Planta

Cuando se usa el término distribución en planta, se alude a veces la disposición física ya existente, otras veces a una distribución proyectada frecuentemente al área de estudio ó al trabajo de realizar una nueva. La distribución en planta establece entre otras cosas, el emplazamiento de:

- ✓ Departamentos
- ✓ Estaciones de trabajo
- ✓ Máquinas
- ✓ Puntos de almacenamiento
- ✓ Pasillos
- ✓ Espacios comunes

La finalidad fundamental de la distribución en planta consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la fluidez del flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo.

Características de una adecuada Distribución de Planta:

- ✓ Minimizar los costes de manipulación de materiales.
- ✓ Utilizar el espacio eficientemente.
- ✓ Utilizar la mano de obra eficientemente.
- ✓ Eliminar los cuellos de botella.
- ✓ Facilitar la comunicación y la interacción entre los propios trabajadores, con los supervisores y con los clientes.

¹⁰⁵ VAUGHN R.C. op. Cit. p 386 - 387

- ✓ Reducir la duración del ciclo de fabricación o del tiempo de servicio al cliente.
- ✓ Eliminar los movimientos inútiles o redundantes.
- ✓ Facilitar la entrada, salida y ubicación de los materiales, productos o personas.
- ✓ Incorporar medidas de seguridad.
- ✓ Promover las actividades de mantenimiento necesarias.
- ✓ Proporcionar un control visual de las operaciones o actividades.
- ✓ Proporcionar la flexibilidad necesaria para adaptarse a las condiciones cambiantes.

El siguiente gráfico muestra varias de las actividades necesarias para crear una distribución en planta eficiente, que trabaje en armonía con todos sus procesos y operarios.

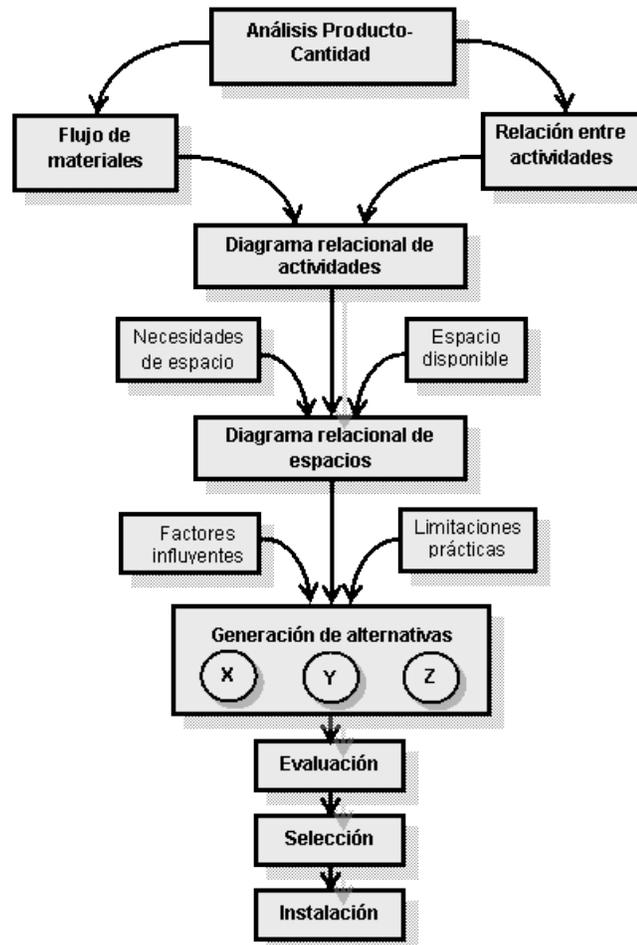


Figura 2. Esquema del Systematic Layout Planning. Fuente: En aproximación a Muther (1968).

Causas básicas de cambios en la distribución en planta:

- ✓ Ineficiencia en la distribución actual.
- ✓ Cambios en el volumen de producción, mejor aprovechamiento del espacio para aumentar el número de equipos y las necesidades de almacenamiento.
- ✓ Cambios en la tecnología y los procesos, variaciones en los flujos de materiales y cambios en los equipos e instalaciones, y en las necesidades de mano de obra, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo.
- ✓ Cambios en los productos.
- ✓ Cambios en las normativas referentes a seguridad laboral o condiciones de trabajo.

Existen varios tipos de Lay Out, los cuales pueden dividirse en:

- ✓ Lay-out de proceso (job-shop lay-out)¹⁰⁶
- ✓ Lay-out de producto (flow-shop lay-out)¹⁰⁷
- ✓ Lay-out de tecnología de grupos (GT lay-out)¹⁰⁸
- ✓ Lay-out de posición fija¹⁰⁹

Los planos y la distribución en planta original, es decir antes de las propuestas de mejora que se establecerán en este trabajo de tesis, de la empresa “PRESS FORJA S.A”, se encuentran en el Anexo 3, donde podremos darnos cuenta conjuntamente con los diagramas de hilos que esta distribución no cumple muchos de los factores en el cuadro descritos, por lo que no es una distribución realmente eficiente.

4.3 Estructura de los Componentes

El tema hoy en día es relevante dado que las listas de materiales, junto a los planes de producción y el estado de los inventarios, constituyen la base para el gran tema de la “planeación de requerimientos de materiales, MRP. Concretamente, cuando dado un producto por fabricar, ensamblar o comprar, Vazsonyi cuantifica las partes involucradas durante la explosión de un producto.¹¹⁰

¹⁰⁶ Agrupación por equipos o funciones similares. Ejemplos.: Hospitales, talleres

¹⁰⁷ Disposición de los equipos en línea de flujo. Ejemplos.: Cadenas de producción para automóviles, plantas de procesos químicos

¹⁰⁸ Agrupación de maquinas diferentes pero que procesan productos similares para trabajar en centros o células de trabajo. Ejs.: Productores de juguetes

¹⁰⁹ El producto permanece fijo y las máquinas se acercan a él Ejs.: Astilleros, fabrica de aviones

¹¹⁰ Escuela de Ingeniería Industrial y de Sistemas, ITESM Campus Toluca, Eduardo Monroy Cárdenas 2000, CP 50110, San Antonio Buenavista, Toluca, Estado de México, México

La obtención de la estructura de los componentes fabricados en una empresa, ayuda a quienes administran la misma en todos sus departamentos, ya que pueden saber con precisión qué cantidad de material se necesita para fabricar un número determinado de productos y cuál es el costo de cada uno de ellos en materia prima e insumos, facilitando la labor de programar la producción y realizar los pedidos de materia prima en las cantidades y en el tiempo adecuado.

Con frecuencia, los precios sufren variaciones en cada compra de mercancías que se hace durante el ciclo contable. Esto dificulta al contador el fácil cálculo del costo de las mercancías vendidas y el costo de las mercancías disponibles. Existen varios métodos que ayudan al contador a determinar el costo del inventario final. Se recomienda seleccionar el que brinde a la empresa la mejor forma de medir la utilidad neta del período económico.

Funciones básicas de la explosión de materiales:

La lógica de la elaboración de la explosión de materiales es simple, aunque su complejidad está en la cantidad de artículos a administrar y los niveles de con que se cuente. Se trabaja en base a dos parámetros básicos del control de producción: tiempos y cantidades. El sistema debe de ser capaz de calcular las cantidades a fabricar de productos terminados, de los componentes necesarios y de las materias primas a comprar para poder satisfacer la demanda independiente, que se logra utilizando la herramienta conocida como MRP.¹¹¹

Además, al hacer esto debe considerar cuándo deben iniciar los procesos para cada artículo con el fin de entregar la cantidad completa en la fecha comprometida. Para obtener programas de producción y compras en términos de tiempos y cantidades, el MRP realiza cinco funciones básicas:

¹¹¹ MRP: que quiere decir, Planeación del Requerimiento de Materiales

- ✓ Cálculo de requerimientos netos
- ✓ Definición de tamaño de lote
- ✓ Desfase en el tiempo
- ✓ Explosión de materiales
- ✓ Iteración

La explosión de materiales es, por tanto, el nudo gordiano del MRP. Hacer planes de producción tanto de productos finales como de partes las cuales pudieran requerir a su vez partes terminadas, subpartes o subensambles, sin ayuda de software especializado, es una tarea compleja por el control de partes que ocasiona la explosión de materiales. La explosión de materiales es, en resumen, la relación entre los componentes del producto.¹¹²

Las tablas de estructuras de materiales de la empresa PRESS FORJA S.A se encuentran en el Anexo 4.

4.4 Formatos de Registro y Control de Producción Diarios

El control de la producción es verificar si la empresa está cumpliendo con las metas propuestas en la planeación y programación de esta, para lo cual es necesario elaborar registros de producción acorde con las necesidades de la empresa, estos son generalmente diarios.

El control de la producción trae algunas ventajas como son:

- ✓ Organización en la producción
- ✓ Se controla el consumo de materias primas.

¹¹² Eduardo Monroy Cárdenas. Op. Cit. p 2

- ✓ Se controla en tiempo trabajado por operario.
- ✓ Se verifican las cantidades producidas.

Todas las materias primas necesarias para producir deben cumplir con los requisitos mínimos para garantizar la calidad deseada de los productos. El primero del principio de la calidad total está relacionado con los proveedores de la materia prima, ya que si esta es de mala calidad es seguro que el producto sea de mala calidad. Se debe cuidar este principio para poder ser competitivo.

De las áreas que poco posee la micro y pequeña empresa es de la producción, es muy importante el poder establecer controles que permitan todas las operaciones de esta área.

Los formatos de registro de producción en la empresa PRESS FORJA S.A, originalmente eran elaborados y utilizados por cada sección de la planta, es decir uno para el área de fundición, otro para la de tornos, para ensamble, prensas, troquelado entre otras secciones, dificultando el control total de la producción, por lo que los autores de este trabajo han propuesto solamente dos formatos para el control de la producción, los mismos que han sido aceptados por la empresa. Estos facilitan el trabajo a la hora de analizarlos, emitiendo controles más precisos.

Los formatos se encuentran en el Anexo 5

4.5 Estudio de Tiempos

Podemos decir que el estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido, esta tarea podrá ser realizada automáticamente o por un humano.

Se deben compaginar las mejores técnicas y habilidades disponibles a fin de lograr una eficiente relación hombre-máquina. Una vez que se establece un método, la responsabilidad de determinar el tiempo requerido para fabricar el producto queda dentro del alcance de este trabajo. También está incluida la responsabilidad de vigilar que se cumplan las normas o estándares predeterminados. Estas medidas incluyen también la definición del problema en relación con el costo esperado, la reparación del trabajo en diversas operaciones, el análisis de cada una de éstas para determinar los procedimientos de manufactura más económicos según la producción considerada, la utilización de los tiempos apropiados y, finalmente, las acciones necesarias para asegurar que el método prescrito sea puesto en operación cabalmente.

El estudio de tiempos consta de varias partes, que se pueden resumir en:

Preparación

- ✓ Se selecciona la operación
- ✓ Se selecciona al trabajador
- ✓ Se realiza un análisis de comprobación del método de trabajo.
- ✓ Se establece una actitud frente al trabajador.

Ejecución

- ✓ Se obtiene y registra la información.
- ✓ Se descompone la tarea en elementos.
- ✓ Se cronometra.
- ✓ Se calcula el tiempo observado.

Valoración

- ✓ Se valora el ritmo normal del trabajador promedio.
- ✓ Se aplican las técnicas de valoración.
- ✓ Se calcula el tiempo base o el tiempo valorado.

Suplementos

- ✓ Análisis de demoras
- ✓ Estudio de fatiga
- ✓ Cálculo de suplementos y sus tolerancias

Tiempo estándar¹¹³

- ✓ Error de tiempo estándar
- ✓ Cálculo de frecuencia de los elementos
- ✓ Determinación de tiempos de interferencia
- ✓ Cálculo de tiempo estándar

El estudio de tiempos realizado en la empresa PRESS FORJA S.A consta de todos los elementos anteriormente mencionados a excepción de suplementos y tolerancias y está ubicado en el Anexo 6

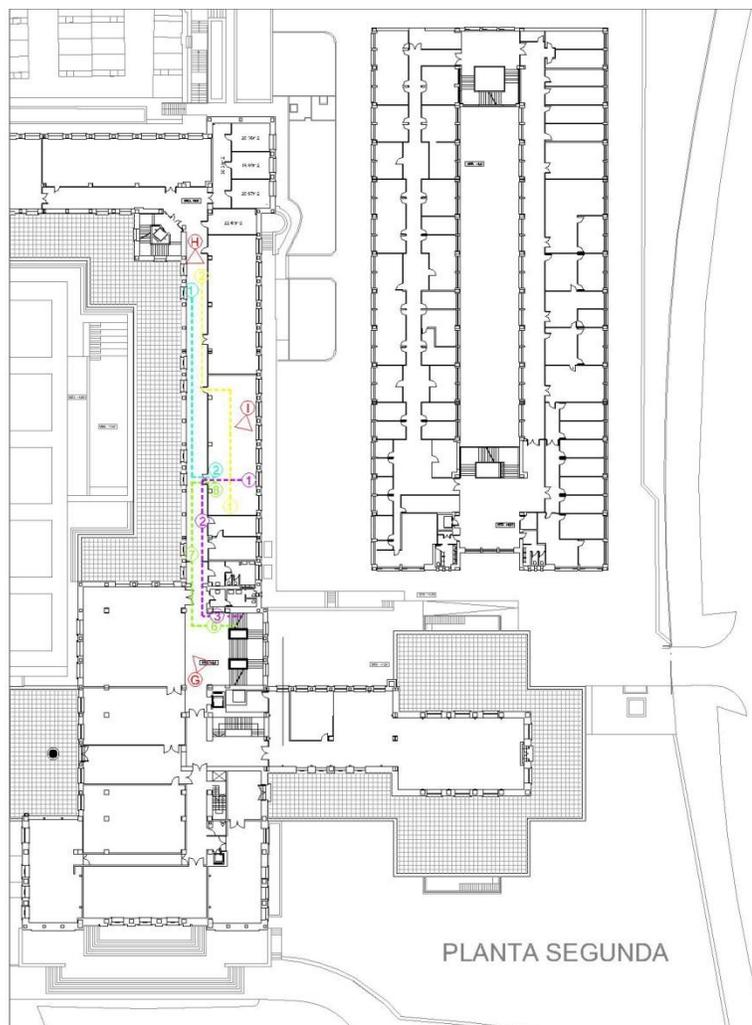
¹¹³ Tiempo Estándar: Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, utilizando método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.

4.6 Diagramas de Hilos

Los diagramas de hilos son representaciones gráficas de un proceso, en el cual se puede observar por donde corre la materia prima desde su llegada a la fábrica hasta convertirse en producto terminado y ser despachado, esto en el caso de una empresa que transforma materiales. Estos diagramas de hilos pueden ser utilizados en cualquier tipo de industria, incluso en las de servicio, donde la línea que mostrará el gráfico podría ser la de un cliente moviéndose dentro de un banco por ejemplo.

Este tipo de diagrama nos ayuda a estudiar la trayectoria detallada del movimiento de materiales, el movimiento de las manos del operario en el área de trabajo inmediata o en el camino recorrido al moverse desde un puesto de trabajo a otro, debe prolongarse el análisis a un largo periodo de trabajo, para tener un cuadro equilibrado de esas trayectorias. Se puede hacer una película para obtener una amplia información o, más simplemente, pueden registrarse las secuencias de los movimientos durante un periodo de varias horas. En ambos casos, si se debe analizar y mejorar la información, se necesita una representación visual. A este objeto se ha concebido la técnica del diagrama de hilos.

Un ejemplo de diagrama de hilos se vería así:



Ejemplo de diagrama de hilos

El diagrama de hilos de la empresa PRESS FORJA S.A para su mayor entendimiento y precisión, está expresado sobre el Lay – Out con cada uno de los productos de su cartera, en el Anexo 7.

4.7 Capacidades Teóricas, Reales y Prácticas

La capacidad de producción o capacidad productiva es el máximo nivel de actividad que puede alcanzarse con una estructura productiva dada. El estudio de la capacidad es fundamental para la gestión empresarial en cuanto permite analizar el grado de uso que se hace de cada uno de los recursos en la organización y así tener oportunidad de optimizarlos.

Los incrementos y disminuciones de la capacidad productiva provienen de decisiones de inversión o desinversión (por ejemplo, la adquisición de una máquina adicional).

También puede definirse como cantidad máxima de producción en la nomenclatura surtido y calidad previstos, que se pueden obtener por la entidad en un período con la plena utilización de los medios básicos productivos bajo condiciones óptimas de explotación

La demanda real, la demanda futura, y la localización de la organización están íntimamente ligadas a la capacidad de producción ya sea en las empresas manufactureras como en las empresas de servicios.

También podemos decir que dependiendo de cómo utilizamos la capacidad de producción con la que contamos incidiremos en la calidad de los productos y en la calidad de los servicios prestados.

Se tiene como premisa que "La capacidad debe ser modificada en base a la demanda".

Es importante enfatizar que la administración de la capacidad requiere de una buena comprensión del medio ambiente dentro del cual opera la organización. Esto requiere una comprensión de las demandas normales de las operaciones

existentes y una visión que tome en cuenta las condiciones de los negocios en el futuro.

Existen varios tipos de capacidades que deben obtenerse en una industria, pero cuando se trabaja con secciones, lo más óptimo es utilizar las siguientes:

- ✓ Capacidad Teórica.- es la capacidad de una operación, sección o planta de producir un determinado número de artículos terminados o en proceso, que en teoría es la más alta en cuanto a número de artículos producidos, esto se debe a que en su cálculo se consideran condiciones ideales, es decir que todo funciona perfectamente.
- ✓ Capacidad Práctica.- es la capacidad de una operación, sección o planta de producir un determinado número de artículos terminados o en proceso, que se obtiene tomando en cuenta todos los contratiempos que sufre un proceso de producción, como los tiempos permisibles¹¹⁴, el tiempo de recambio de matrices, la preparación de la materia prima, entre otros.
- ✓ Capacidad Real.- es la capacidad de una operación, sección o planta de producir un determinado número de artículos terminados o en proceso, que es obtenida a partir de los datos históricos de dicha operación, sección o planta. Como es lógico pensar, si el proceso aun no existe será imposible calcular esta capacidad.

La capacidad con la que una empresa debe ajustar sus procesos o programar la producción, es la Capacidad práctica, debido a que la teórica se da en condiciones ideales y no se cumple en la realidad, mientras que la real en

¹¹⁴ Tiempo Permisible: Todo aquel tiempo que el trabajador no ocupe en el proceso que debe realizar, tales como: Descansos o tiempo para acudir al baño.

muchas ocasiones es deficiente debido a diversos motivos que fallan dentro de la planta.

Las capacidades de los procesos productivos de PRESS FORJA S.A se encuentran en el Anexo 8

4.8 Reportes reales de la empresa

Los reportes reales de producción de una empresa, son obtenidos a base de los históricos de la misma. Son de vital importancia para el funcionamiento de una empresa, pues si bien es cierto no se programa la producción en base a estos, se posee datos que permiten juzgar si la empresa está mejorando o empeorando en cuanto a períodos anteriores. Es importante que estos reportes que se obtienen a lo largo de los años sean reales, es decir que de ninguna manera deben ser adulterados, pues cuando se realicen las respectivas comparaciones las medidas que deban tomarse serán equivocadas.

Estos reportes de producción deben ser lo más específicos posibles, es decir que se tiene que mantener documentado los reportes por proceso y no por artículos terminados, ya que la finalidad es analizar proceso por proceso para establecer prioridades y mejorar en los más críticos en primera instancia, para luego avanzar con los otros procesos.

En cuanto a la carga de las máquinas¹¹⁵, es importante mantener la información que nos da el fabricante de la misma, ya que en esas condiciones trabaja con mayor eficiencia. Mantener documentado la carga de máquina nos ayudará a saber todos los problemas que atraviesa esta, ya que si su producción es menor quiere decir quizá que un componente de esta máquina no está

¹¹⁵ Carga de Máquinas: es la cantidad x de un material que puede procesar al mismo tiempo una máquina, y cuanto material procesado y arroja al final de un tiempo determinado.

funcionando correctamente, o tal vez no está siendo usada a su máxima capacidad. De igual manera podremos saber cuando estamos sobrecargando la maquinaria, obligándola a realizar mayor trabajo de para el que fue diseñada. De esta manera se puede mantener trabajando la maquinaria en su nivel más alto.

Los reportes reales de producción de la empresa PRESS FORJA S.A no han sido llevados a cabo con el cuidado adecuado, por lo que no resulta práctico utilizarlos como una fuente importante para realizar comparaciones.

Debido a lo mencionado se realizaron nuevos formatos para el reporte de producción, los cuales serán puestos en marcha dentro de la organización lo más pronto posible, con la finalidad de mejorar desde hoy en adelante los registros dentro de la empresa, y que sean fuentes confiables para establecer propuestas de mejora continua.

MODELIZACIÓN EN EL SIMULADOR

5.1. Elaborar un Plan de Estudio

El plan de estudio será la ruta a seguir para el desarrollo de un buen proyecto y obtención de resultados confiables, apegados a la realidad que refleja la empresa y que se analizan en el presente trabajo de grado. En este paso se desarrollan 4 fases indispensables, que se detallan a continuación:

5.1.1 Definir Objetivos. Es el inicio del análisis y si deseamos obtener buenos resultados a la culminación del trabajo debemos plantearnos con la más absoluta claridad nuestros objetivos, ya que sin ellos no tiene sentido ningún esfuerzo para lograr una simulación, no es raro encontrar proyectos en donde no se sabe a dónde se quiere llegar.

Por ello hemos determinado que con la utilización del software Flexsim Manufacturing deseamos modelar la situación actual del sistema productivo de Press Forja S.A., para luego con la utilización de esta misma herramienta y el análisis respectivo de cada uno de los experimentos, plantear propuestas que ayuden a mejorar los procesos productivos, demostrando así la aplicación y eficiencia de un software de simulación en relación al cálculo tradicional.

Dicha información será planteada a la Dirección de la empresa, quien haciendo uso de las mejores alternativas

tomará decisiones de cambio que beneficien y rindan los mejores resultados a la organización.

5.1.2 Identificar limitaciones o restricciones. Como en todo proyecto real existen limitaciones, entonces es importante tenerlas presentes para enmarcar el proyecto en la libertad de la cual se dispone. Hemos identificado limitantes de tres tipos:

- Económicos
- De tiempo
- De información

En el aspecto económico se enmarcan los costos elevados de una licencia empresarial del software de simulación de procesos, los costos en la adquisición de computadores de acuerdo a los requerimientos del simulador y los costos incurridos para la capacitación de o las personas que trabajaran con el software.

Además del tiempo que lleva desde la búsqueda, análisis, selección, y adquisición del software hasta la capacitación del personal que manejara esta herramienta tecnológica, pasará algún tiempo para que dichos colaboradores lleguen a dominar el simulador, mientras tanto la organización puede requerir cambios y mejoras inmediatas.

Otra limitante es el acceso a la información requerida para desarrollar el estudio, ya que muchas veces está dispersa o no está registrada entonces tenemos que

hacer un levantamiento completo de la información que requerimos y muchas veces las personas dentro de la organización no están prestas a brindar la ayuda necesaria en otorgar cualquier dato que sea necesario, por ello es indispensable sociabilizar la idea del trabajo que se va a desarrollar, para que así se involucre a todos dentro de la organización en las propuestas de cambio y mejora.

5.1.3 Conocer las Especificaciones. Las especificaciones se determinan cuando los objetivos y las restricciones ya se han definido e identificado. Estas son:

- **Alcance.** Debemos determinar el inicio y final del proyecto. Dependiendo de la necesidad de cambio y de mejora que hemos determinado debemos plantearnos un tiempo acorde con estas necesidades para el desarrollo del trabajo de simulación que nos permitan alcanzar los objetivos deseados para tomar acciones de solución oportunas ante las adversidades que se nos estén presentando.
- **Nivel de Detalle.** Así mismo la situación a la cual nos enfrentemos determinara el grado de análisis y la profundidad del detalle que emplearemos para obtener el resultado esperado, las situaciones requieren detalles irrelevantes para analizar la estructura del problema, por lo cual esta especificación ha de ser la necesaria para no extenderse en el modelado de características inútiles y por otro lado las situaciones que requieran

exactitud y las decisiones que de esta se deriven sean de gran alcance para la organización, deberá tener características de modelado más profundas.

- **Grado de exactitud.** _ Es lo que se puede expresar de los resultados del modelo de acuerdo al nivel de detalle que hemos dado al trabajo y que estará de acorde a los resultados que deseemos.

5.1.4 Desarrollar Planeación y Definir Resultados. _ En esta fase es indispensable que se organice un cronograma de actividades en donde determinemos el tipo de actividad, el tiempo para el desarrollo de la misma y los responsables para realizar el trabajo. Dicho cronograma marcará los pasos a seguir y nos permitirá llevar un control de avance del trabajo.

Así mismo deberemos determinar cuáles son resultados que deseamos obtener y que nos permitan realizar un buen análisis de la situación actual y a la vez nos ayuden a tener una buena visión para el mejoramiento del sistema productivo organizacional.

5.2. Definir el Sistema

Este paso comprende dos cuestiones. La primera relacionada con la determinación de la información requerida y la segunda con el uso apropiado de las fuentes de información.

Para ello hemos empezado haciendo el Lay-Out de la planta (Anexo 3), disponiendo cada una de las máquinas en su respectiva ubicación y

dimensiones, así como se delimitan zonas de tránsito y almacenamiento, determinando de esta manera que existen doce centros de trabajo en los que se concentran los procesos productivos de Pres Forja S.A.

Los centros de trabajo los citamos de la siguiente manera:

➤ Fundición



➤ Prensas



➤ Inyectoras



➤ Troqueles



➤ Tornos



➤ Granallado



➤ Decapado



➤ Esmaltado y Pintado



➤ Pulido



➤ Horno



➤ Inspección



➤ Empacado y Embalaje



También realizamos en esta etapa del trabajo el estudio de tiempos (Anexo 6) de cada uno de los componentes que se fabrican en la planta y que utilizaremos para el desarrollo de la simulación en este capítulo.

Para las simulaciones utilizaremos tres líneas de productos como son las bases, los esparta llamas y las tapillas esmaltadas. Midiendo la entrada de materias primas y salida de producto terminado, los tiempos muertos, las capacidades de procesamiento, para con esto poder determinar los

cuellos de botella que limitan la producción en la planta. Tomando como base el tiempo de un turno de trabajo de ocho horas diarias.

En cuanto al uso apropiado de fuentes de información hemos utilizado los siguientes documentos:

- Diagramas de Procesos
- Estudio de Tiempos
- Planos y Diagramas de flujo
- Pronósticos de Mercado
- Reportes reales de la empresa, etc.

Algunos de ellos de nuestra propia elaboración y otros han sido otorgados por la empresa.

5.3. Construir el Modelo

Por lo general al construir el modelo todo el proceso de definición a de estar completo, los modeladores pueden construir por etapas en las que se determinen entradas y salidas.

Hemos creído conveniente realizara más de la distribución general de la planta tres modelos independientes, una para esparta llamas, uno para tapillas esmaltadas y uno para bases cada uno con la situación actual de procesamiento y sus respectivas propuestas de mejora.

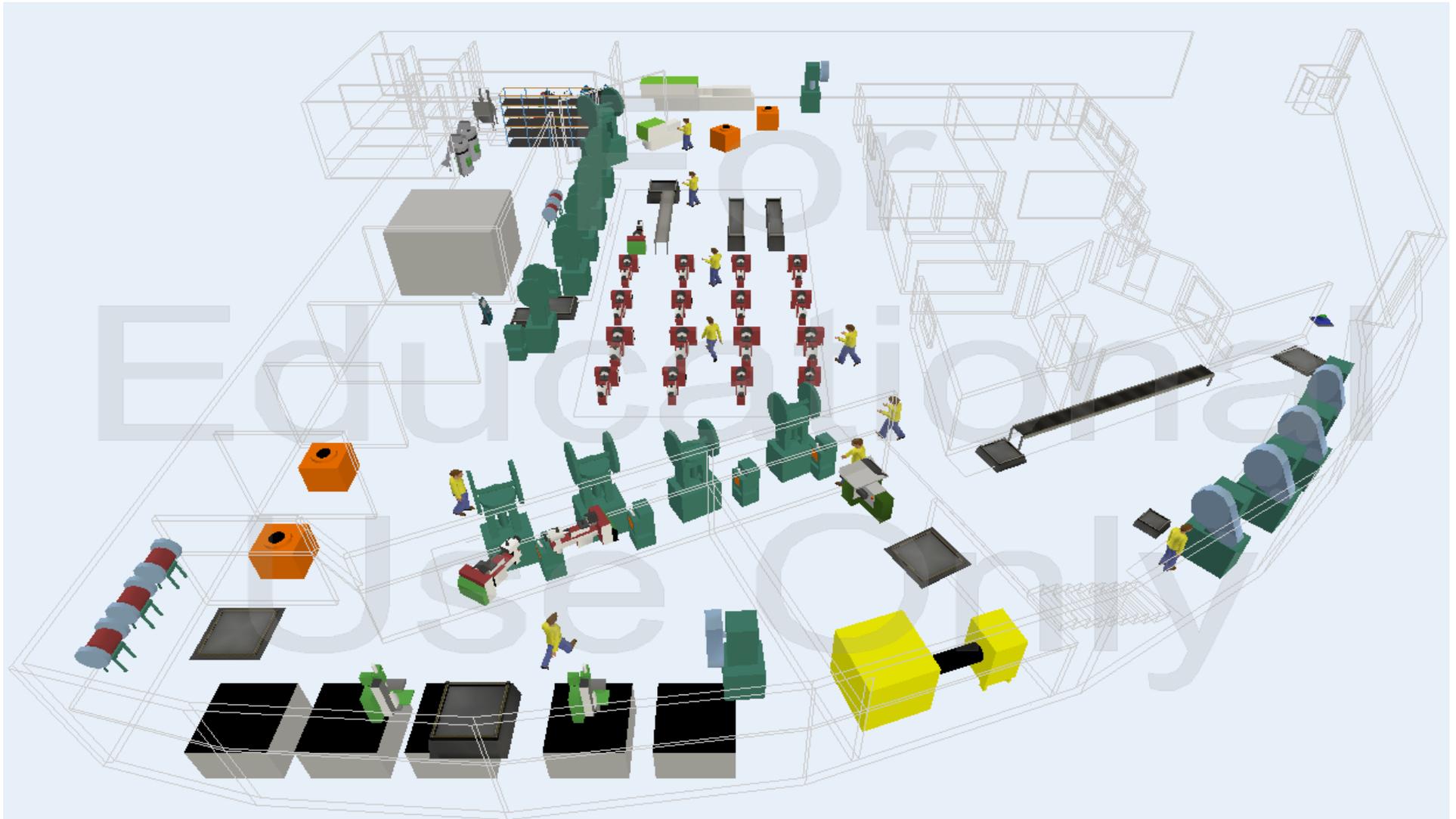
5.3.1. Modelado Distribución de la Planta

Empezaremos modelando la distribución de la planta con la respectiva obra física así como la disposición de las maquinas en cada uno de los centros de trabajo. Entonces el modelado se va realizando de la siguiente manera.

Primero empezamos importando el Lay-Out dibujado en 3D en el software Auto CAD, luego vamos adicionando las maquinas requeridas dando el tamaño y la locación respectiva en la planta, así como los operarios que se requieren para realizar la labor productiva, cabe indicar que algunos de los recursos que se disponen en el modelo son de nuestra autoría, para lo cual utilizamos la herramienta AC3D TM¹, este es un software que nos permite diseñar prototipos rápidos de los diseños de las maquinas en 3D, dicha herramienta es recomendada directamente por el software Flexsim con dichos propósitos.

Entonces en una vista en perspectiva de la planta en el software se observa de la siguiente manera.

¹ AC3D TM: Demo Software descargado de www.inivis.com



Fuente: Los Autores, Software Flexsim Distribución de Planta Press Forja S.A., 2010

5.3.2. Modelado Tapillas Esmaltadas

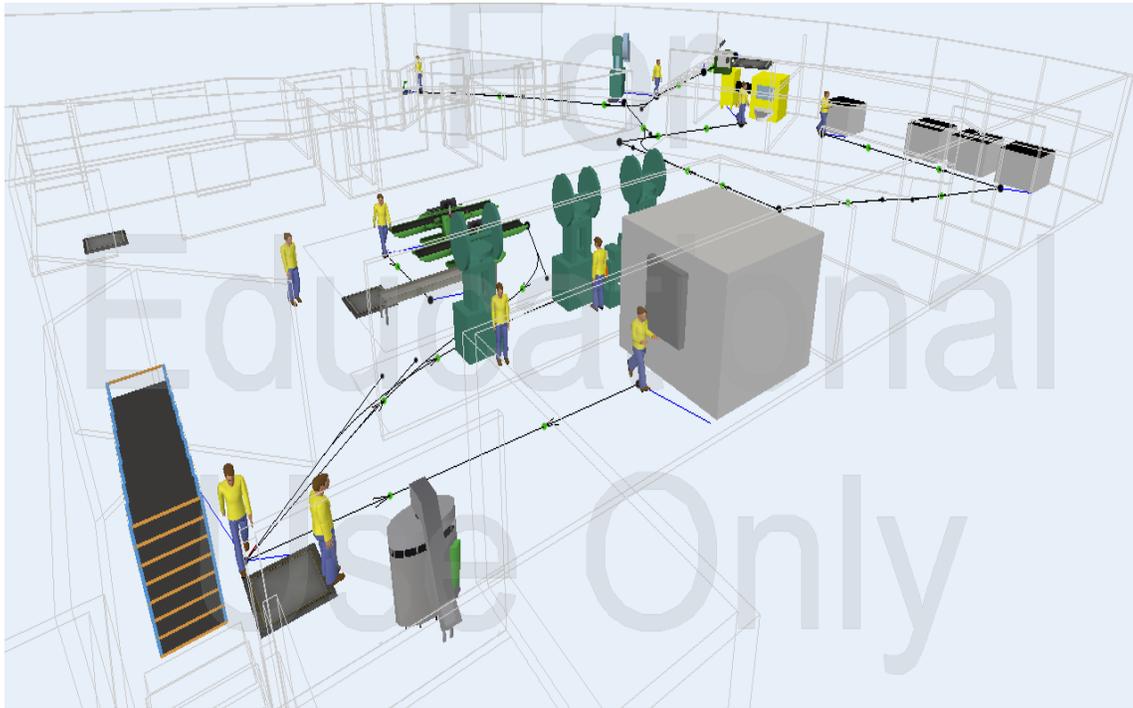
Para el modelado de la situación actual del procesamiento de las tapillas esmaltadas hemos utilizado el Lay-Out de la distribución física en donde hemos colocado los recursos necesarios para realizar la fabricación de estos componentes.

Este modelo incluye:

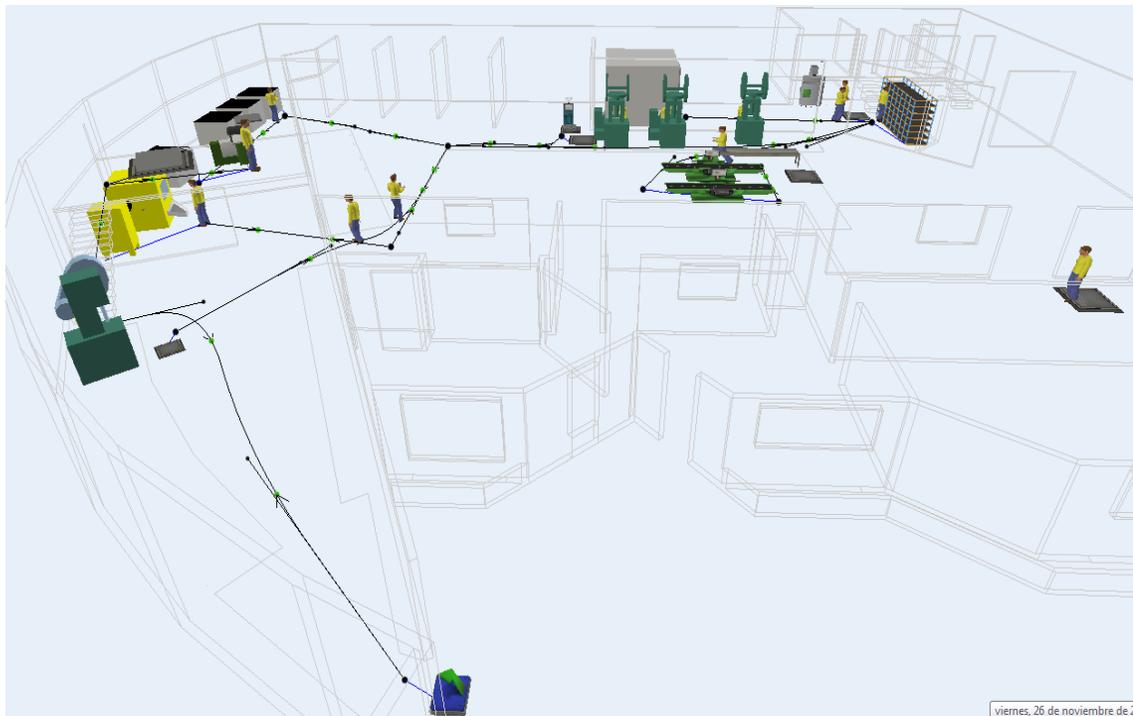
Cantidad	Descripción
1	Prensa Excéntrica
1	Granalladora
3	Prensa de Golpe
1	Horno
1	Cizalla
1	Secador
1	Cámara de Pintura
3	Tinas de Tratamiento de Superficies
1	Tina Secadora
1	Fuente de Recursos
15	Operadores
6	Contenedores
1	Despachador
2	Mesas de Enfriamiento
1	Banda Transportadora

Además de los nodos para las rutas que se le dio a cada operario para que transite en la planta.

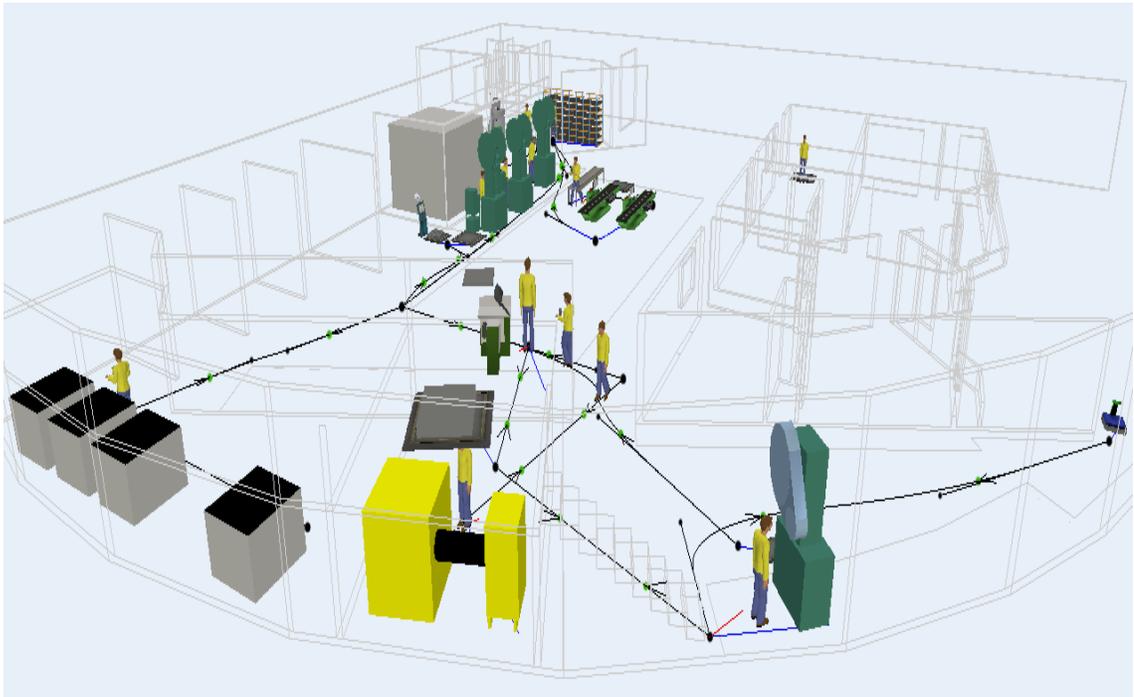
La vista en perspectiva de este modelo se observa de la siguiente manera:



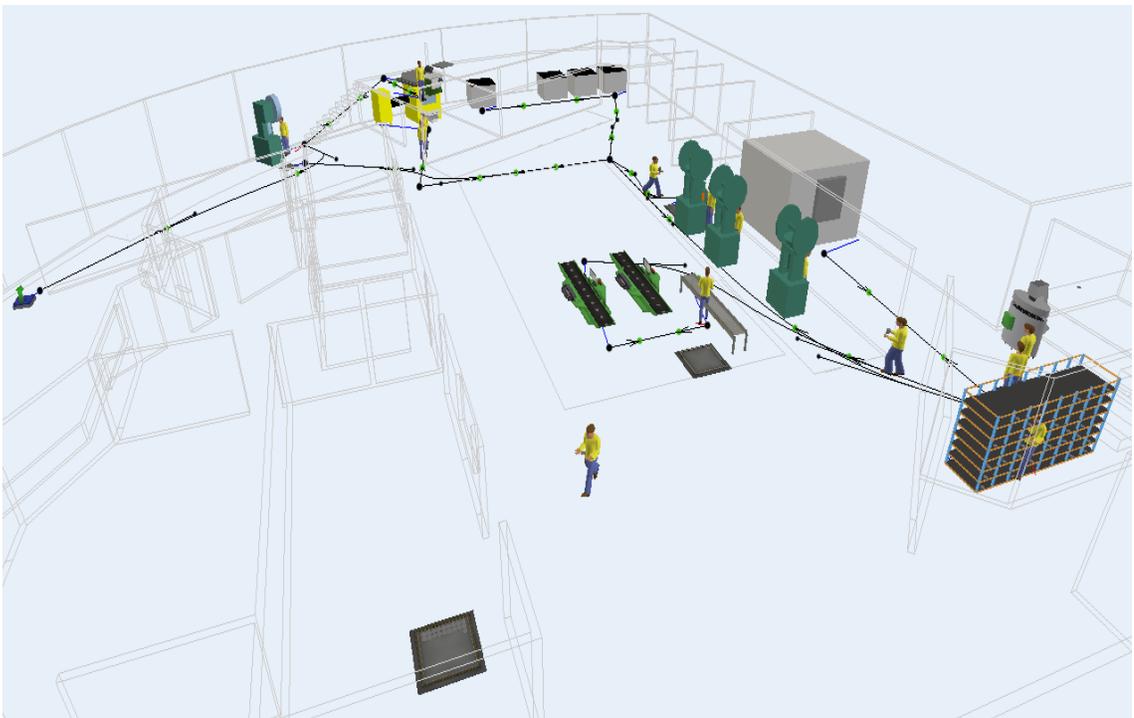
Fuente: Los Autores



Fuente: Los Autores



Fuente: Los Autores



Fuente: Los Autores

5.3.3. Modelado Esparta llamas

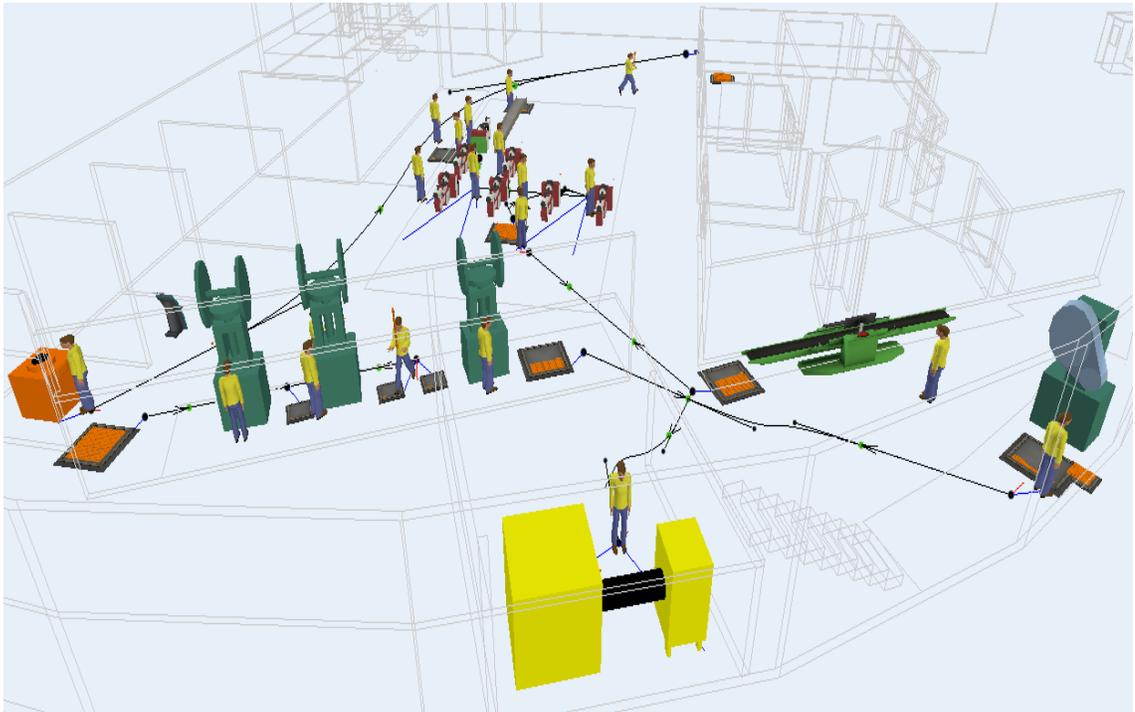
En la realización del modelado de la situación actual de la fabricación de los esparta llamas de la misma forma hemos utilizado el Lay-Out de la distribución física en donde disponemos las maquinas y operarios requeridos para realizar la producción de estos componentes.

Este modelo incluye:

Cantidad	Descripción
7	Tornos
2	Bandas Transportadoras
12	Contenedores
1	Prensa Excéntrica
1	Granalladora
1	Crisol
3	Prensas de Golpe
1	Fuente de Recursos
20	Operarios
1	Despachador
3	Hornos de Calentamiento

También utilizamos nodos para las rutas que se les debe dar a los operarios para que cumplan sus labores.

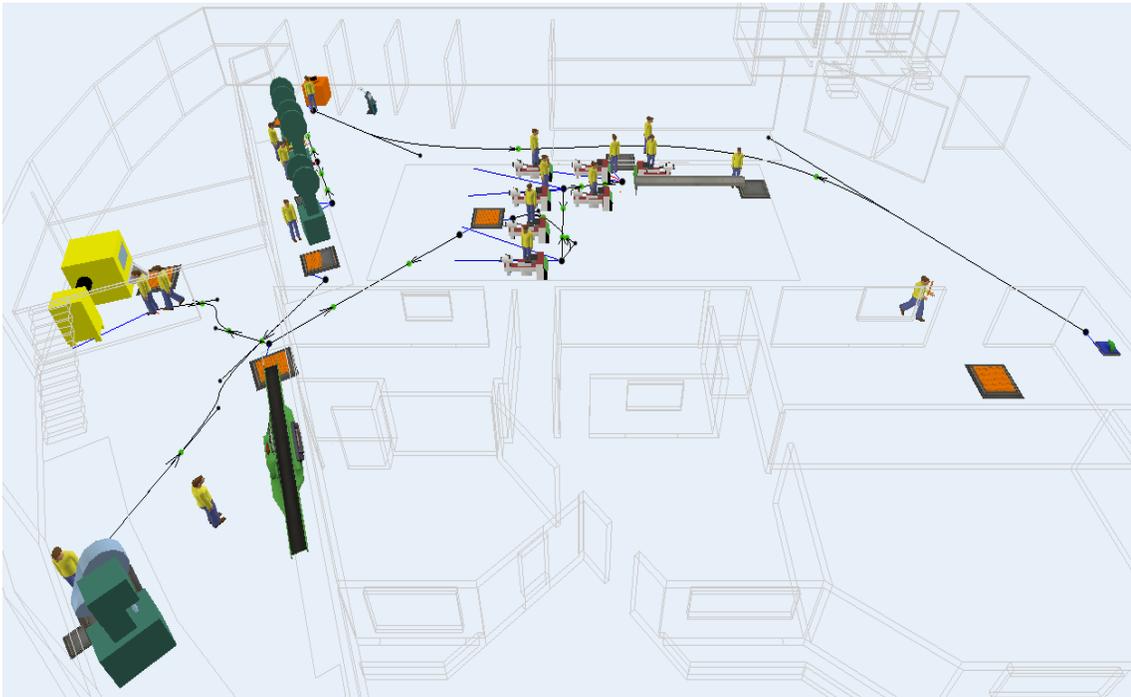
En una vista en perspectiva el modelo se observa de la siguiente manera:



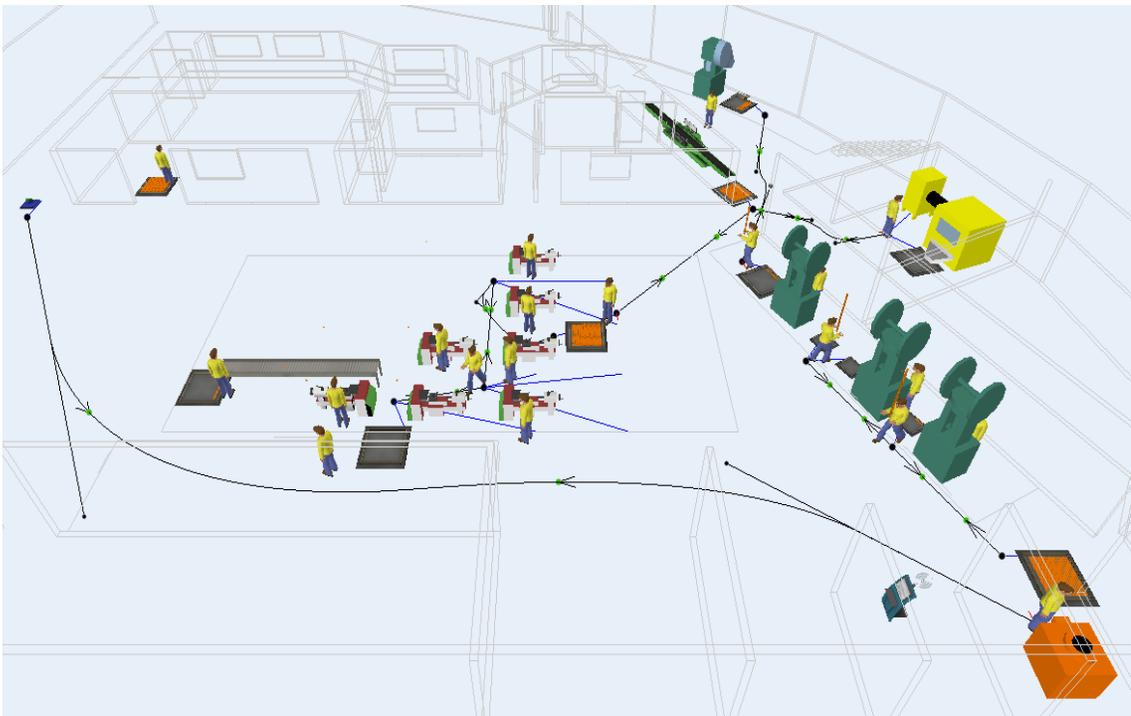
Fuente: Los Autores



Fuente: Los Autores



Fuente: Los Autores



Fuente: Los Autores

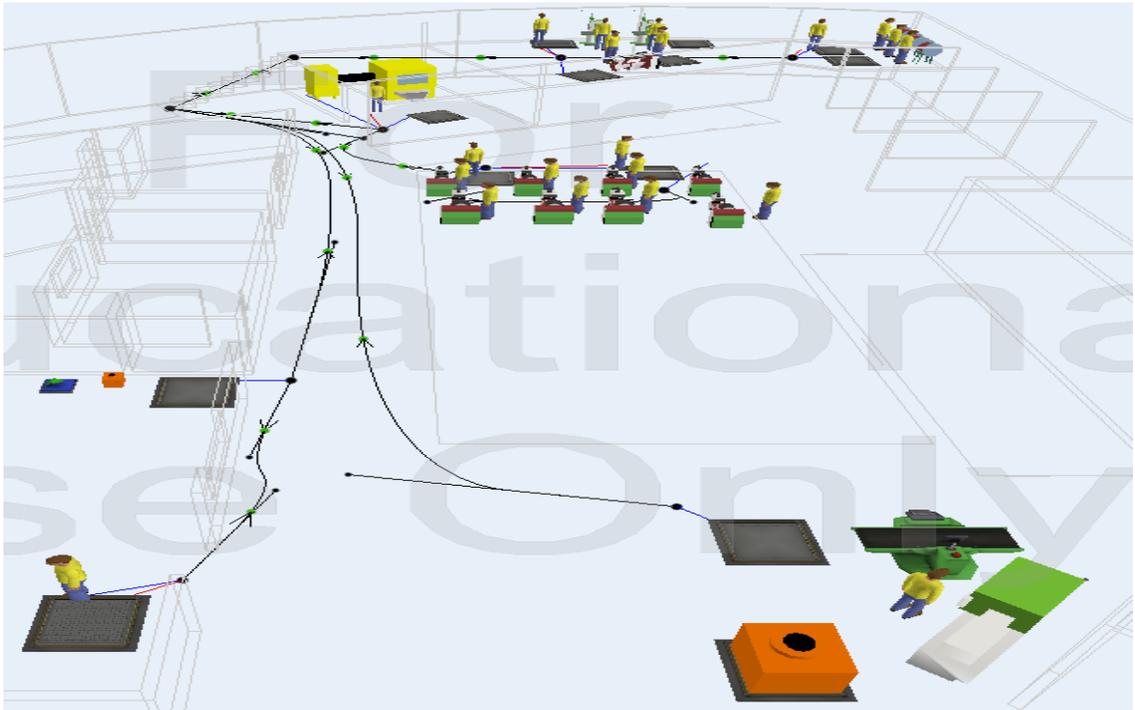
5.3.4. Modelado Bases

En la construcción del modelo de la situación actual en la fabricación de las bases de forma similar hemos utilizado el Lay-Out de la distribución física en donde adecuamos y colocamos las maquinas y operarios requeridos para realizar la producción de estos componentes, así como también se muestran las rutas conectadas por los nodos que sirven para el tránsito del personal operativo en la planta.

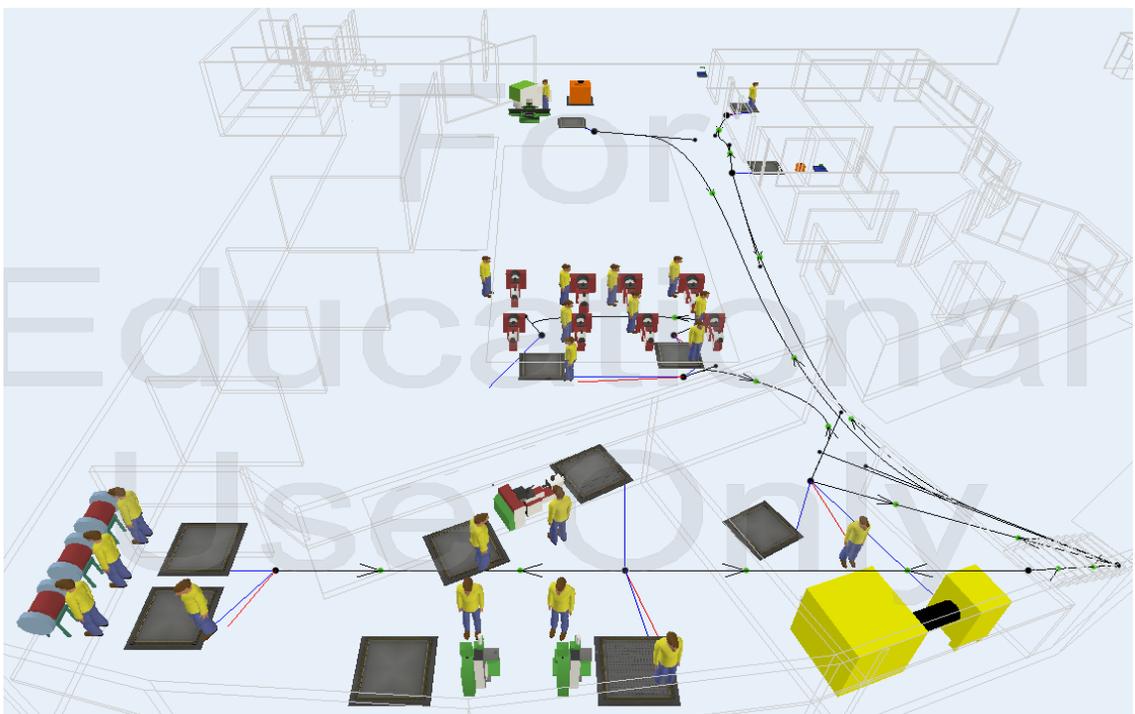
Este modelo incluye:

Cantidad	Descripción
9	Tornos
2	Taladros
1	Granalladora
3	Pulidoras
11	Contenedores
2	Mesas
1	Inyectora
22	Operadores
2	Fuentes de Recursos
1	Crisol

Las vistas en perspectiva de este modelo se observan de la siguiente manera.



Fuente: Los Autores



Fuente: Los Autores



Fuente: Los Autores



Fuente: Los Autores

5.4. Ejecutar el Experimento

Una vez construido el modelo es hora de concentrar nuestro trabajo en la simulación, aquí se harán replicaciones con el fin de observar los cambios que ocurren en el modelo y que al final se mostrarán en los resultados y estadísticas.

Existen dos tipos de simulaciones: Terminales y no Terminales.

✓ **Terminales.**

Son modelos que están perfectamente definidos en el tiempo, es decir su comienzo y final se pueden determinar por un número².

✓ **No terminales.**

Modelos en los cuales el proceso nunca termina, hay que fijar algún tipo de finalización, por ejemplo, cierto periodo de tiempo³.

Entonces podemos decir que para nuestra simulación emplearemos una simulación terminal en donde el estado inicial de cada modelo es arrancar desde cero, en tiempo y sin inventarios de material en proceso, pero añadiendo el tiempo a un turno de trabajo que es de ocho horas, el tiempo que se toma desde el arranque de las labores productivas de cada modelo hasta que sale el primer producto terminado, esto se verá y se analizará con profundidad en cada modelo.

Una parte importante es que el software nos permite personalizar y dar el tiempo que deseamos que se ejecute cada experimento, así como la velocidad a la que se debe realizar la simulación ya que para ejecutar las pruebas es de gran ayuda esta herramienta de lo contrario nos tomaría días hasta semanas realizar el trabajo.

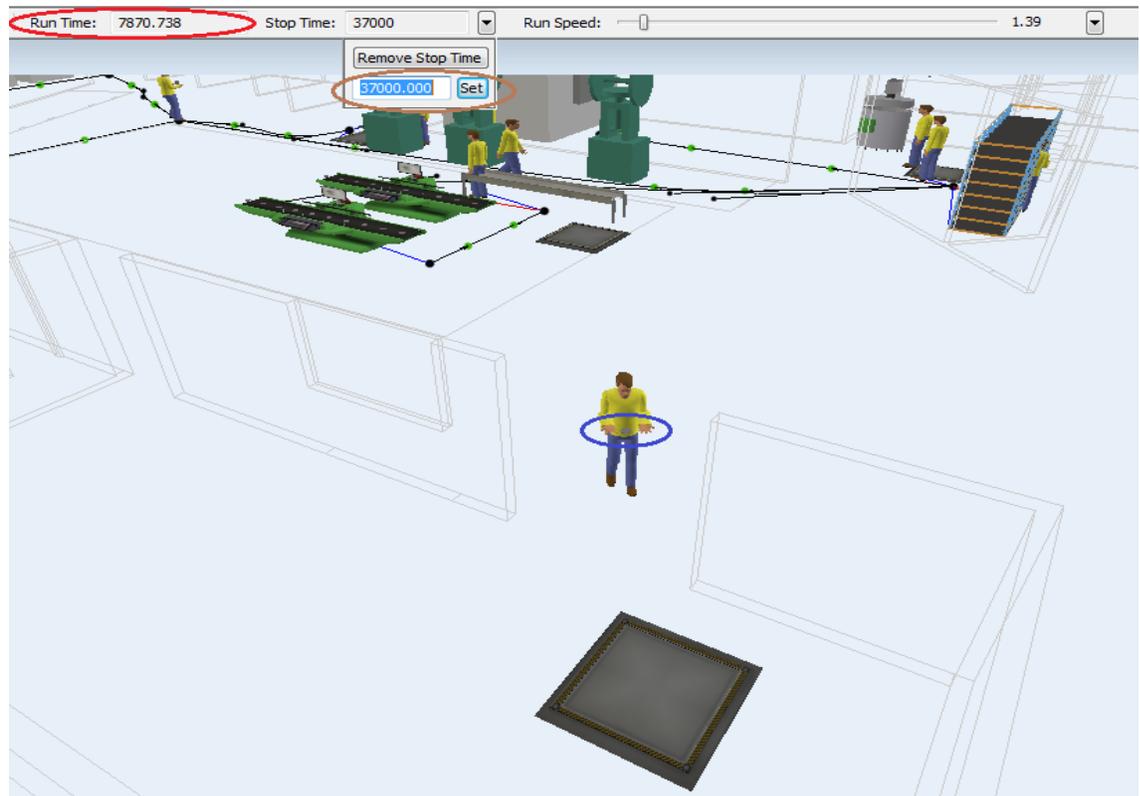
² <http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/INTRODUCCION/INTRODUCCION.htm>

³ Idem

Por ello las simulaciones para cada modelo se las repetirá cuantas veces sean necesarias hasta que nos permitan determinar con exactitud los parámetros a medir.

5.4.1. Simulación Tapillas Esmaltadas

Una vez construido el modelo es hora de dar arranque a la simulación, entonces empezamos dando un tiempo ilimitado para nuestro modelo hasta determinar el tiempo en el que sale el primer producto terminado para ese tiempo añadirlo al de un turno de trabajo que es de 28800 segundos, esto lo hacemos ya necesitamos determinar primero si el modelo concuerda con la capacidad real reportada de la planta, pero como en la planta se mantienen inventarios de productos en proceso entonces debemos considerar para la simulación que todas las maquinas estén con producto en proceso.

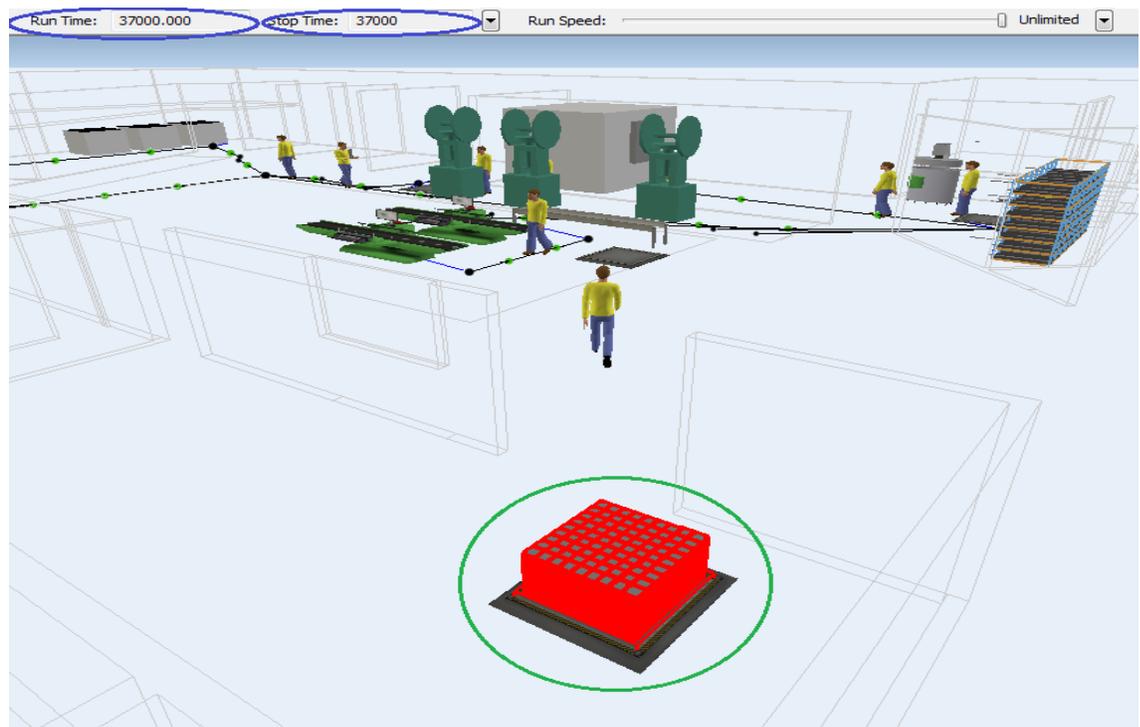


Fuente: Los Autores

En la gráfica (círculo azul) podemos observar al trabajador trasladando el primer producto terminado hacia la bodega de almacenamiento, entonces vemos el tiempo (círculo rojo) que ha transcurrido hasta ese momento que es de 7870 segundos, el cual lo sumamos al del turno de trabajo y redondeado lo dejamos en 37000 segundos (círculo café) que es el tiempo en el que se ejecutan los experimentos para este modelo.

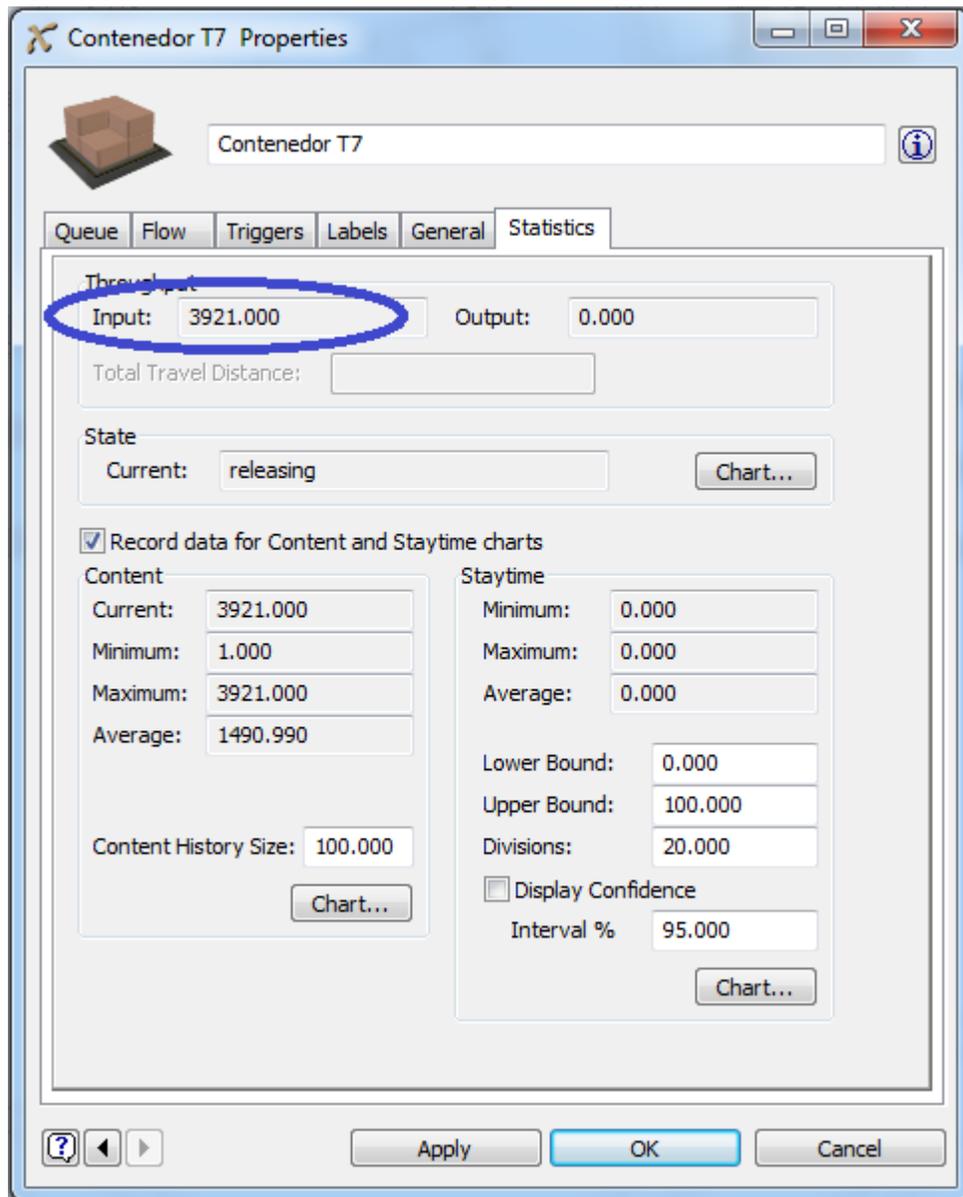
Con ello reiniciamos y damos arranque nuevamente hasta que culmine la simulación.

En la grafica podemos observar como el tiempo de ejecución ha llegado a su final, igualando al tiempo en el que nosotros le damos la orden al software para que realice la simulación (círculos azules) a la velocidad máxima de ejecución, y vemos (círculo verde) que al contenedor en la bodega se han depositado los productos terminados.



Fuente: Los Autores

Y en la siguiente gráfica podemos ver (círculo azul) que han entrado 3921 productos terminados a ese contenedor, el cual es muy aproximado a los reportes reales de producción que son en promedio de 4000.



Fuente: Los Autores

5.4.2. Simulación Esparta llamas

Al tener el modelo diseñado ahora procedemos a ejecutar los experimentos de la simulación, y al igual que en el caso anterior empezamos dando un tiempo ilimitado para nuestro modelo y ejecutamos la simulación y así determinamos el tiempo en el que sale el primer producto terminado a este tiempo lo añadimos al de un turno de trabajo que es de 28800 segundos, esto lo hacemos al igual que en el caso anterior ya necesitamos determinar primero si el modelo concuerda con la capacidad real reportada de la planta, pero como en la planta se mantienen inventarios de productos en proceso entonces debemos considerar para la simulación que todas las maquinas estén con producto en proceso.

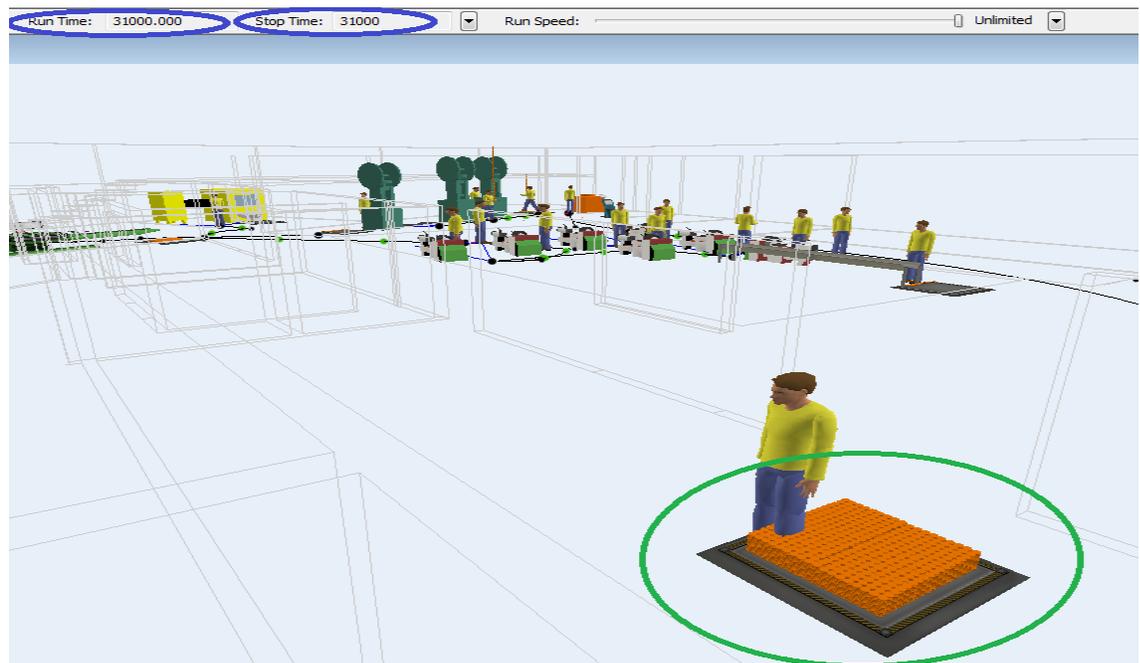


Fuente: Los Autores

Así observamos en el gráfico (círculo azul) al trabajador llegando a la bodega de almacenamiento con el primer producto terminado, entonces vemos el tiempo (círculo rojo) que ha transcurrido hasta ese momento que es de 2108 segundos, el cual de igual forma lo sumamos al del turno de trabajo y redondeado lo dejamos en 31000 segundos (círculo café) que es el tiempo en el que se ejecutarán los experimentos para este modelo.

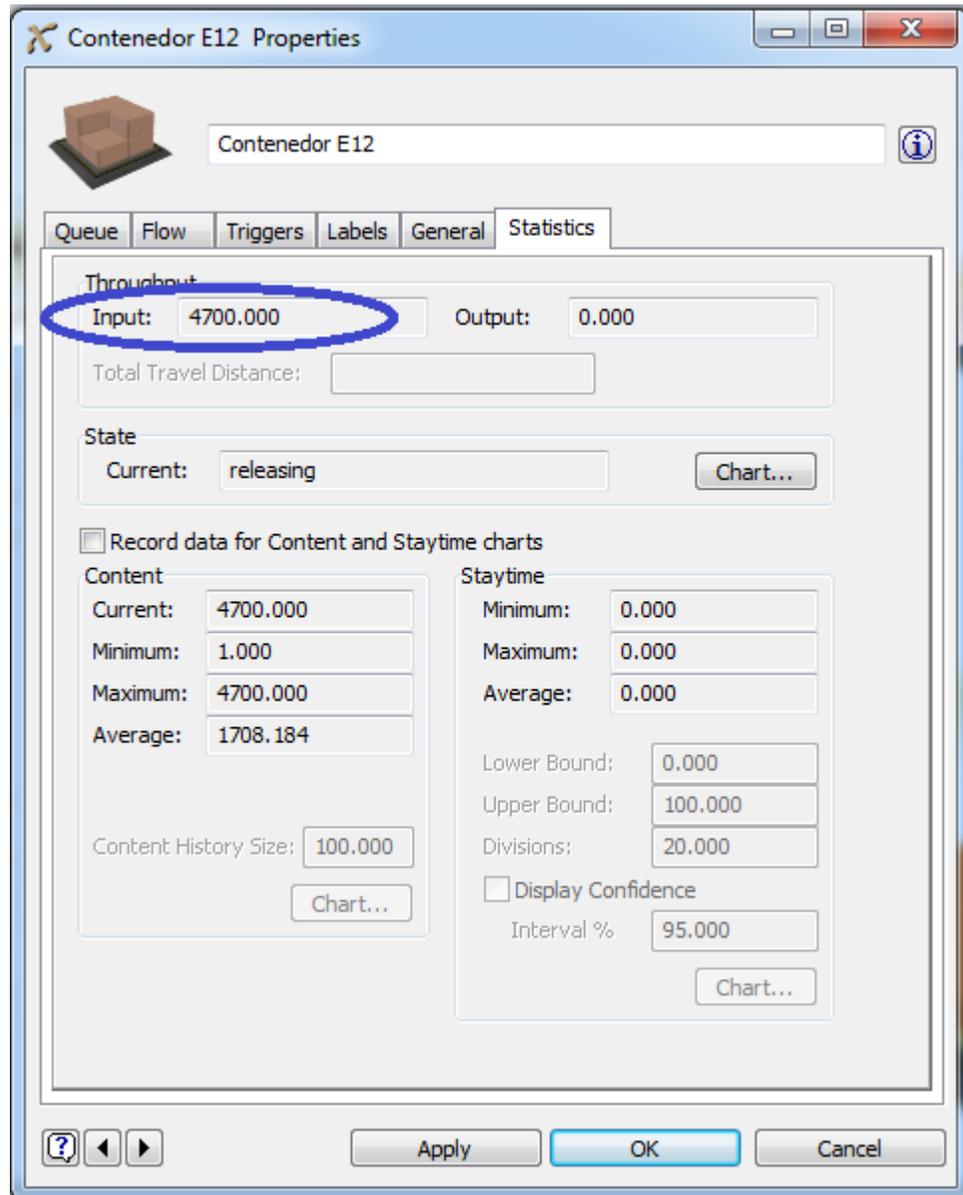
Luego reiniciamos para poner en cero todos los contadores y ejecutamos nuevamente hasta que culmine la simulación.

Entonces en la gráfica podemos observar como el tiempo de ejecución del modelo ha llegado a su final, igualando al tiempo en el que nosotros le damos la orden al software para que realice la simulación (círculos azules) a la velocidad máxima de ejecución, y de igual manera se muestra (círculo verde) que al contenedor en la bodega se han depositado los productos terminados que han resultado del experimento.



Fuente: Los Autores

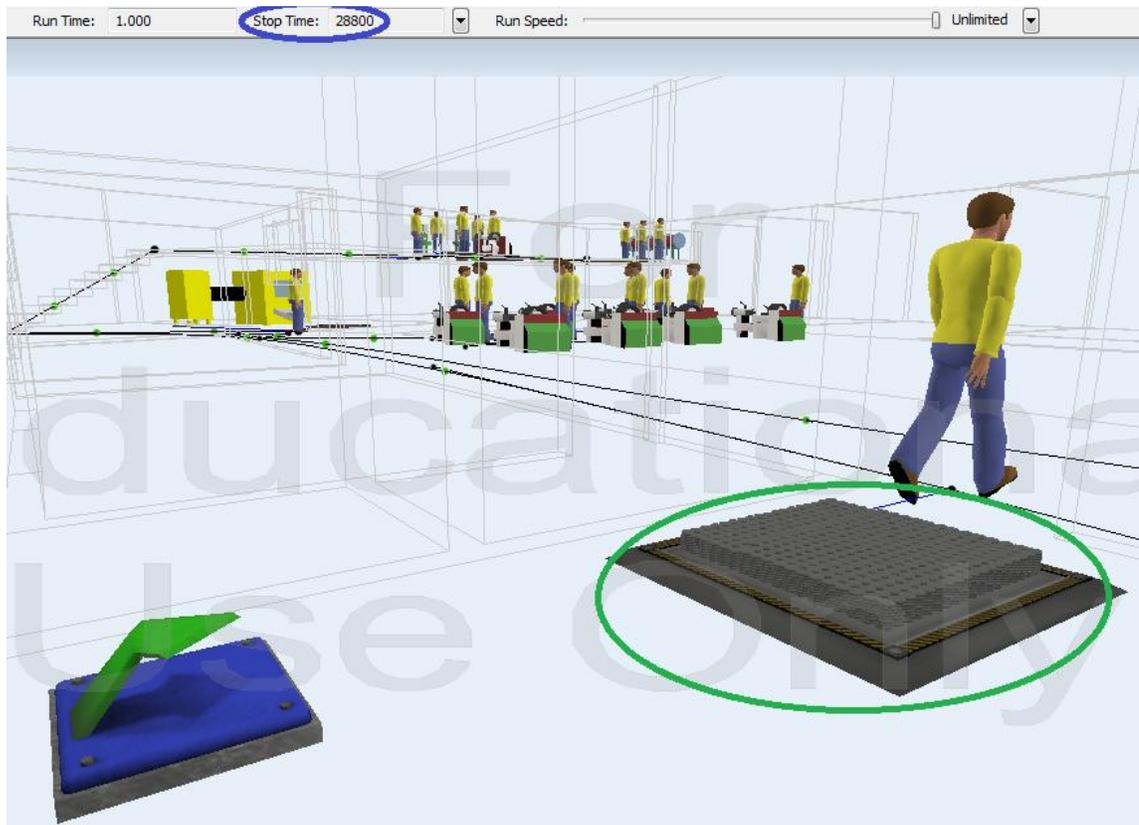
Entonces en la gráfica observamos (círculo azul) que al contenedor de la bodega han entrado 4700 productos terminados, el cual es muy aproximado a los reportes reales de producción que son en promedio de 5000 en cada turno de producción.



Fuente: Los Autores

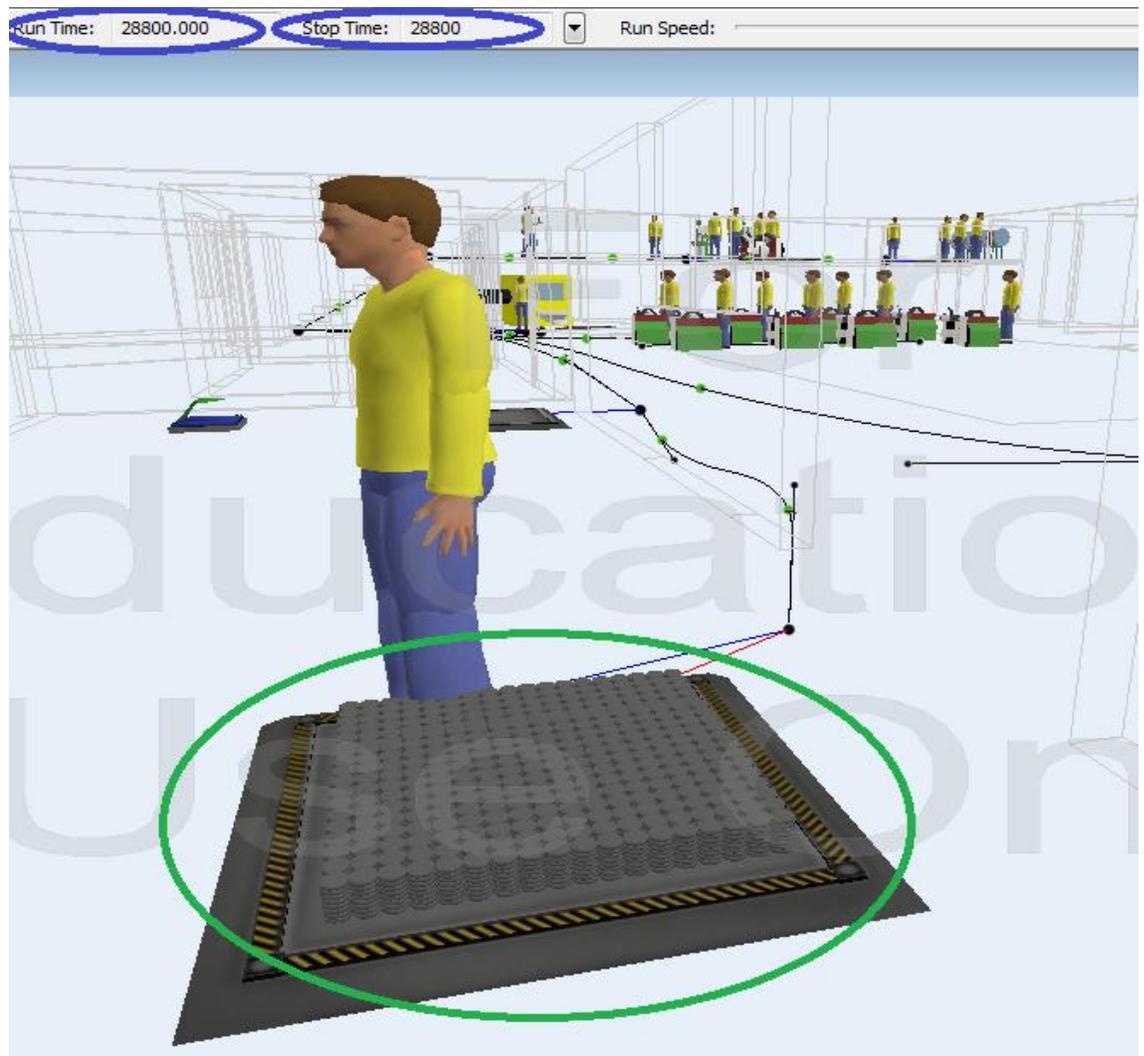
5.4.3. Simulación de Bases

Este es un caso particular pero lo iniciamos de igual manera que en los casos anteriores ya que una vez que el modelo está diseñado iniciamos con la ejecución de los experimentos de la simulación, pero cabe indicar que en este modelo arrancamos con un inventario de 2500 unidades de producto en proceso (círculo verde) que se ve en la gráfica, que es aproximadamente tres turnos de trabajo en la inyectora, es por ello que el tiempo de ejecución para este modelo es de un turno de trabajo que corresponde a 28800 segundos (círculo azul).



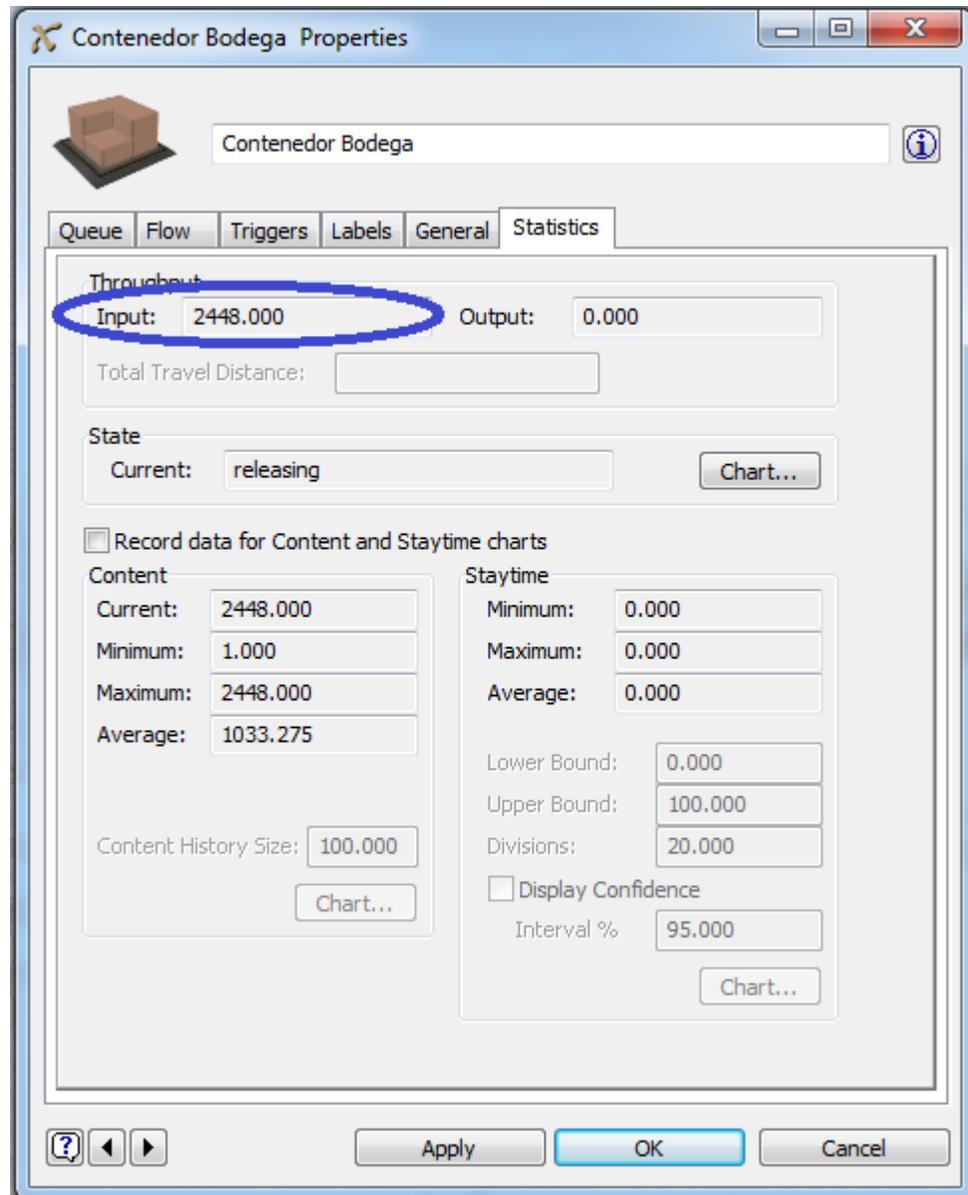
Fuente: Los Autores

Señalado esto ejecutamos la simulación hasta completar el tiempo que hemos dado para este modelo, así en la gráfica podemos observar como el tiempo de ejecución del modelo ha llegado a su final, igualando al tiempo en el que nosotros le damos la orden al software para que realice la simulación (círculos azules) a la velocidad máxima simulación, y además se muestra (círculo verde) el contenedor en la bodega en donde se han depositado los productos terminados que han resultado del experimento.



Fuente: Los Autores

Este resultado lo observamos en la gráfica (círculo azul) determinando que al contenedor de la bodega han llegado 2448 productos terminados, el cual es muy aproximado a los reportes reales de producción que son en promedio de 2500 en cada turno de producción.



Fuente: Los Autores

5.5. Analizar y Reportar los Resultados

Mediante este paso se busca encontrar los cuellos de botella del proceso o de la simulación; las herramientas de análisis más frecuentes se hallan en los gráficos y tablas. Esta tarea no es sencilla y sin ella el trabajo no conllevaría a nada, por lo cual se ha de interpretar los datos con la mayor inteligencia y dominio de la situación.

Además a continuación se presenta un reporte de los datos obtenidos de las simulaciones de cada modelo. Para ello hemos creído conveniente que la forma más clara concisa e interpretativa de presentar estos resultados son los gráficos de barras que hemos obtenido con la herramienta Tablas Flexsim del software Flexsim en donde se muestran según el caso las variables y atributos utilizados.

5.5.1. Resultados Tapillas Esmaltadas

Una vez realizados los experimentos de la simulación podemos determinar que los cuellos de botella se presentan en las secciones de:

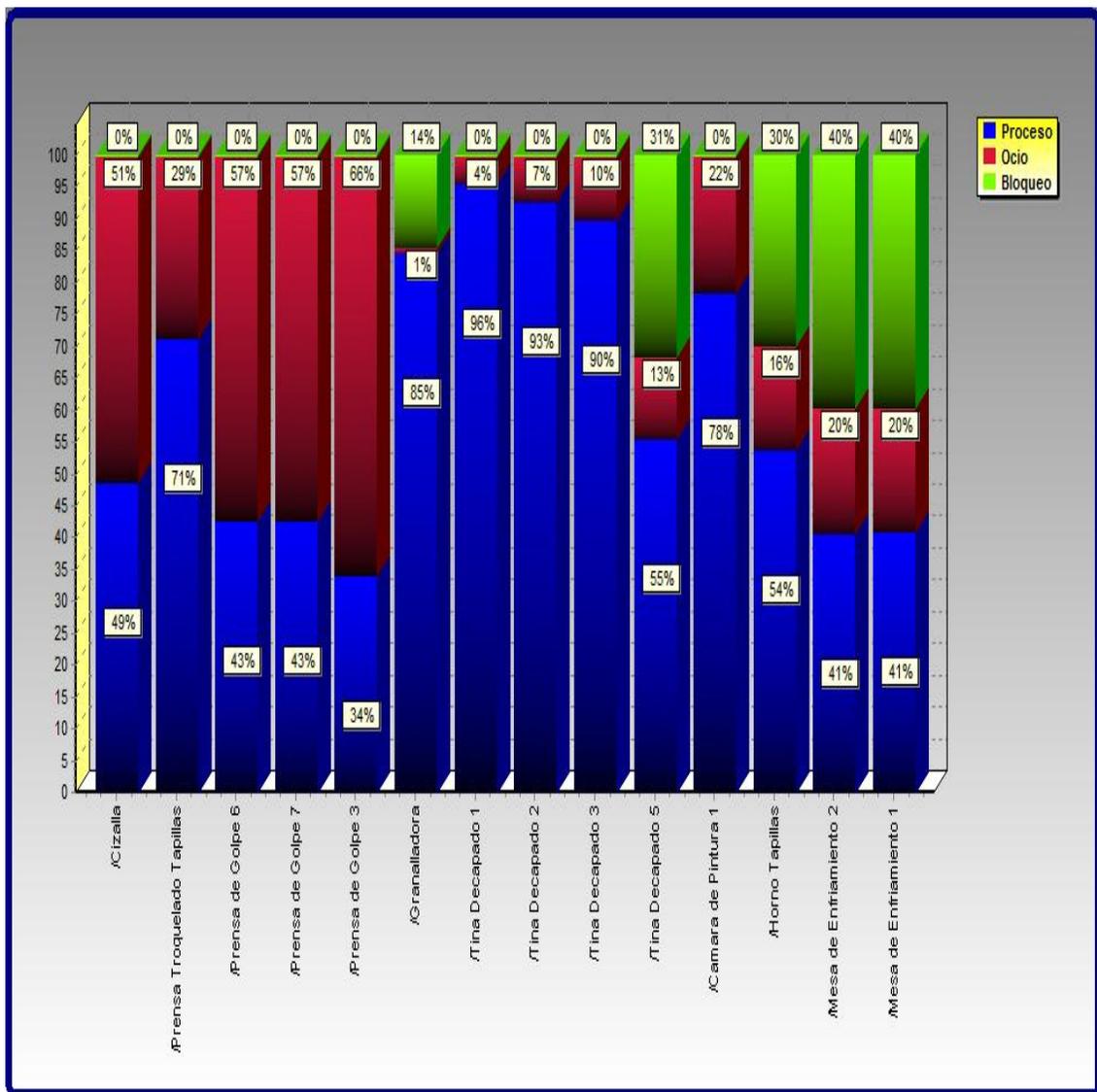
Decapado: Debido a que la capacidad de las canastas es muy reducida y el tiempo de proceso se triplica en relación al proceso siguiente que es el esmaltado.

Horno de Tapillas: Aquí el tiempo de proceso es muy elevado y la capacidad de la canasta que entra al horno es muy baja lo que bloquea la salida de los materiales en proceso que están en proceso de secado después del esmaltado.

Es importante también tener en cuenta los tiempos ociosos de las prensas que realizan el embutido por lo que se genera consumo de

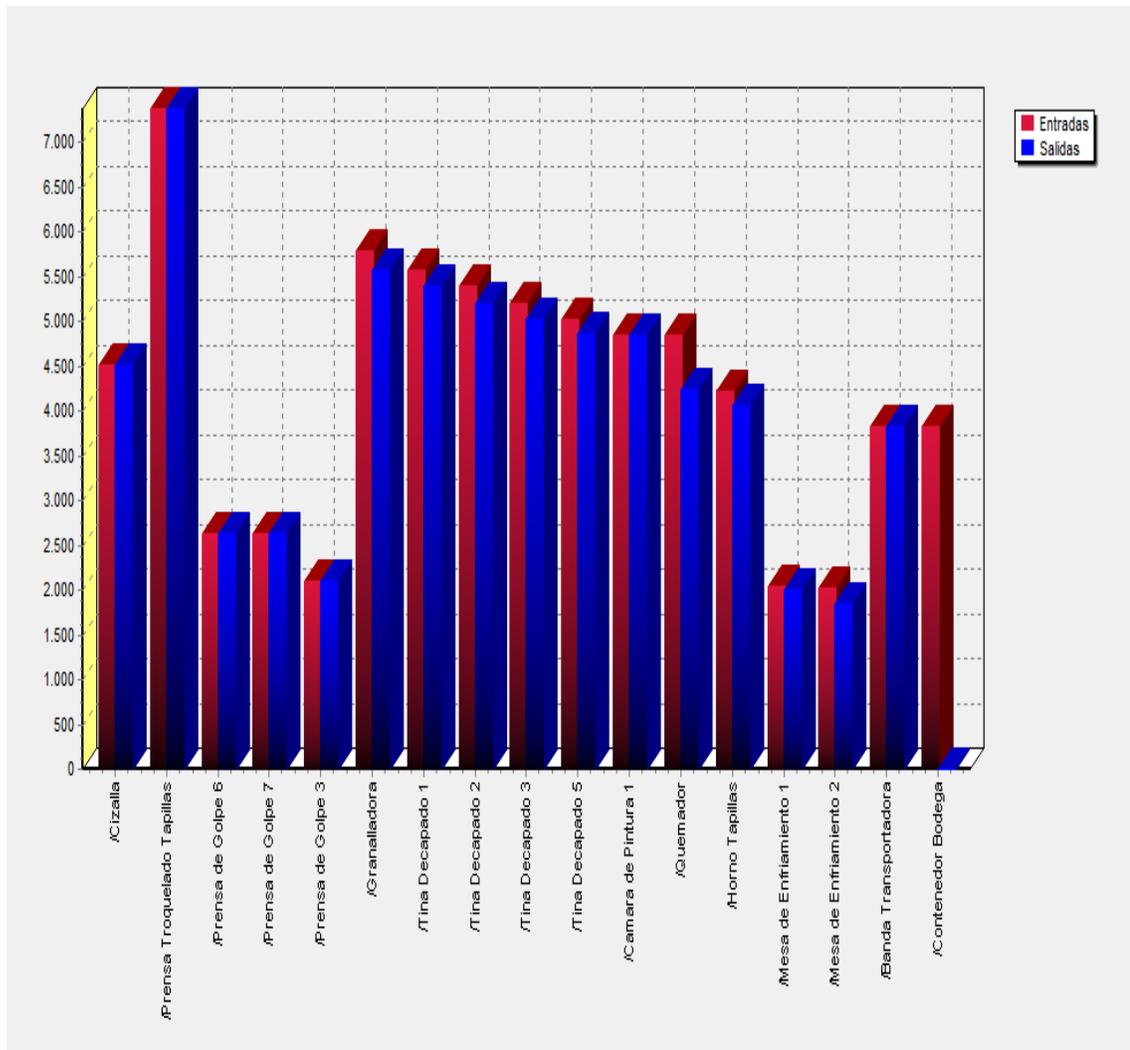
recursos innecesarios que podían ser aprovechados de una manera más eficiente.

Así como debemos considerar el bloqueo tanto del horno como de las mesas de enfriamiento debido a que un solo operario tiene que transportar los materiales que salen del horno a las mesas de enfriamiento y luego cuando los componentes se han enfriado trasportarlos hasta el empacado, no abasteciendo así a los procesos.



Fuente: Los Autores, Comparativo de Procesos Tapillas

En este gráfico de barras superpuestas al 100%, se muestra cada máquina que interviene en el proceso de fabricación de tapillas con sus respectivos porcentajes de procesamiento, porcentajes de tiempos muertos y porcentajes de bloqueo.



Fuente: Los Autores, Throughput Tapillas

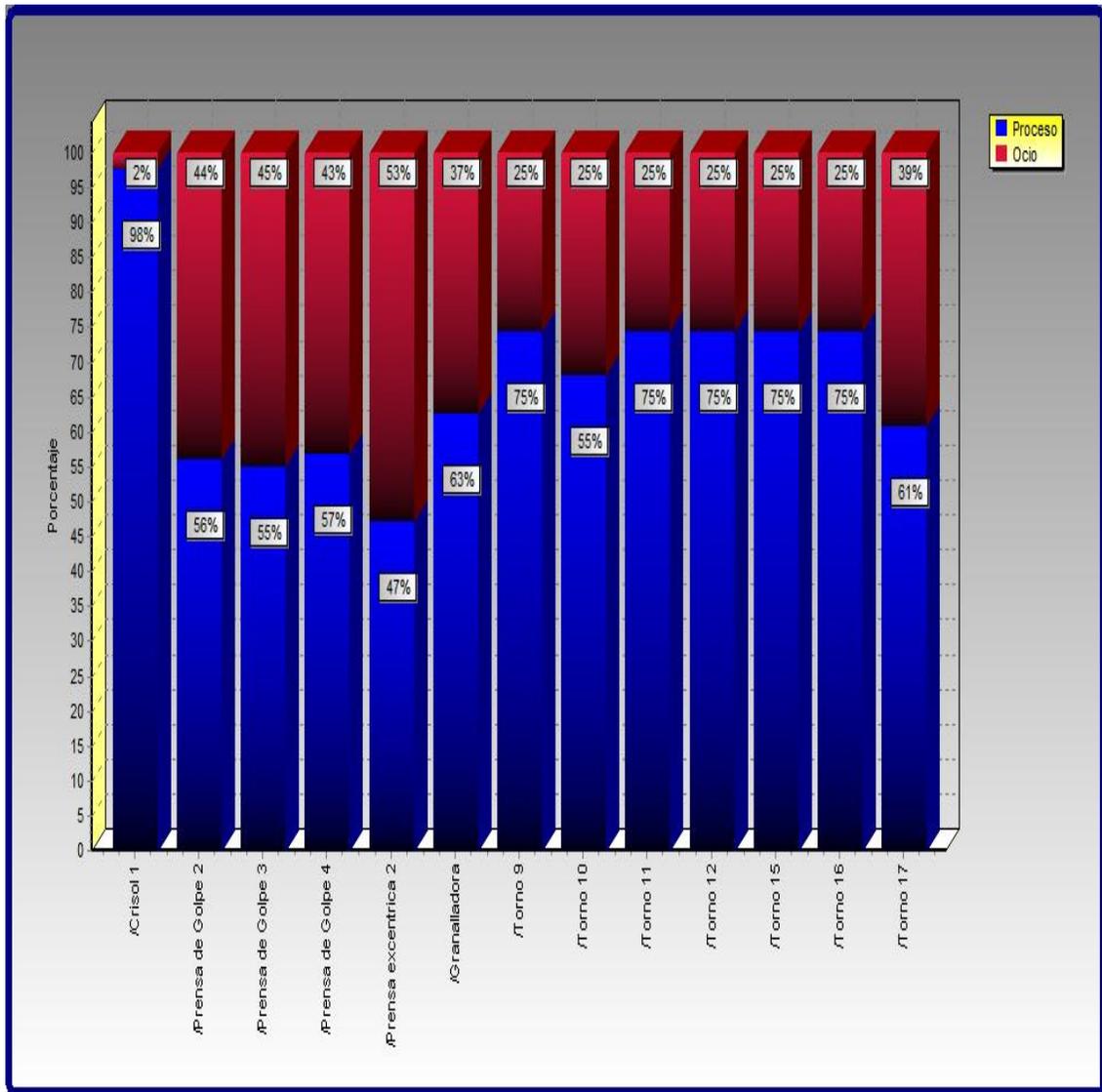
En esta gráfica se presenta una comparación entre las entradas y salidas de materiales para cada una de las máquinas que se utilizan en el proceso de elaboración de tapillas esmaltadas.

5.5.2. Resultados Esparta llamas

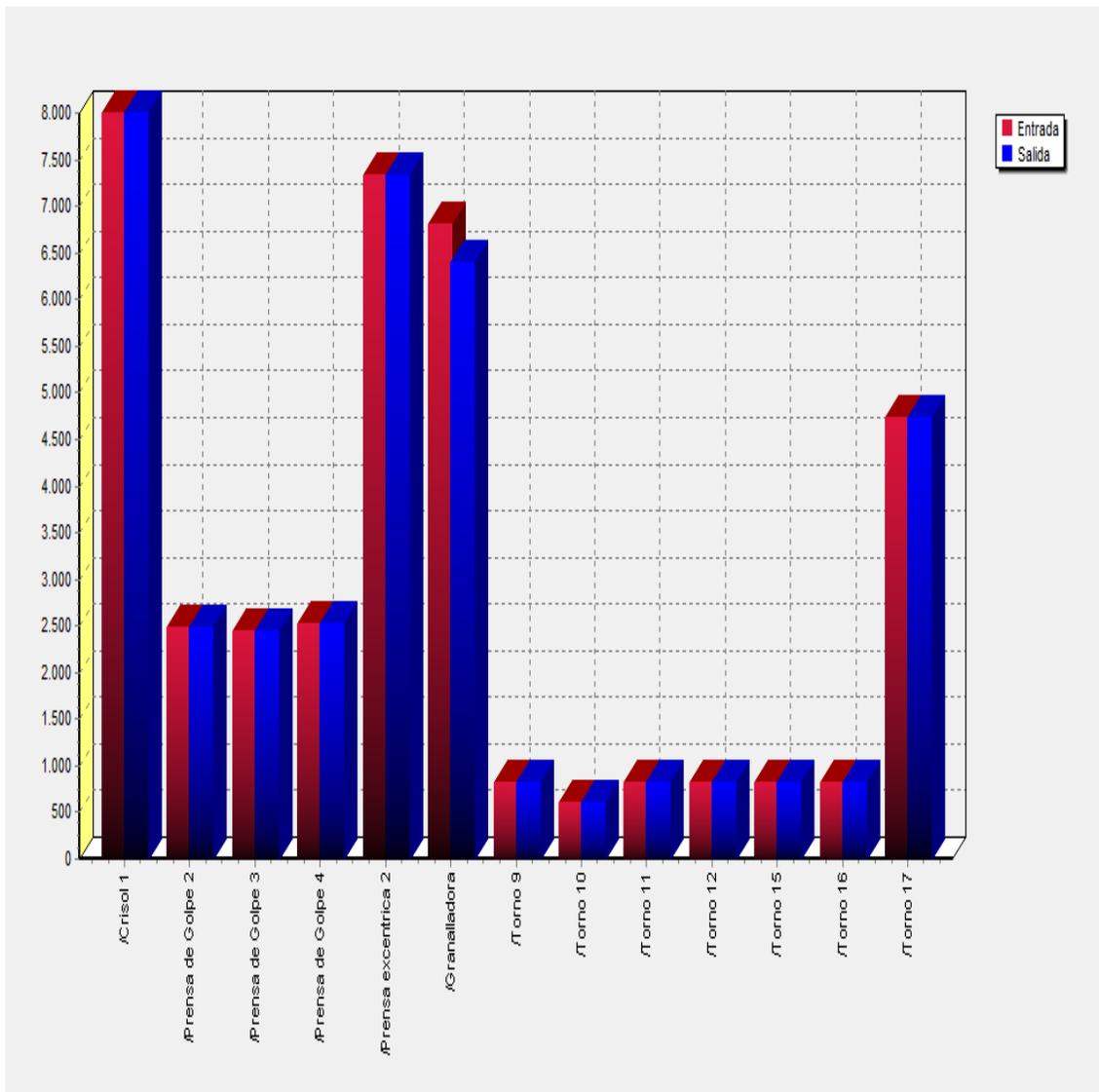
Al haber ejecutado los experimentos en la simulación de los esparta llamas podemos determinar que el cuello de botella se presentan en la sección de:

Tornos: Debido a que el tiempo desde que se coloca el componente comprendiendo el proceso que realiza del pulido de la superficie del esparta llamas hasta que se saca del torno es casi seis veces más lento a los procesos que le antecede y le precede, que son el granallado y el torneado de filo respectivamente, por lo que claramente se determina este proceso como una restricción del proceso de fabricación de espartallamas.

También debemos concentrarnos en los tiempos ociosos de las máquinas que son de vital importancia para hacer una reprogramación de la producción, haciendo así una mejor utilización los recursos con los que disponemos.



En la gráfica de barras superpuestas al 100% se observa los porcentajes de procesamiento y los porcentajes de tiempos muertos, para cada máquina que es utilizada en la fabricación de esparta llamas.



Aquí observamos una comparación entre las entradas y salidas de materiales en las máquinas que intervienen en el proceso de fabricación de espantallas, donde claramente podemos observar las diferencias entre los cuellos de botella (Tornos) y los otros niveles de procesamiento de las demás máquinas.

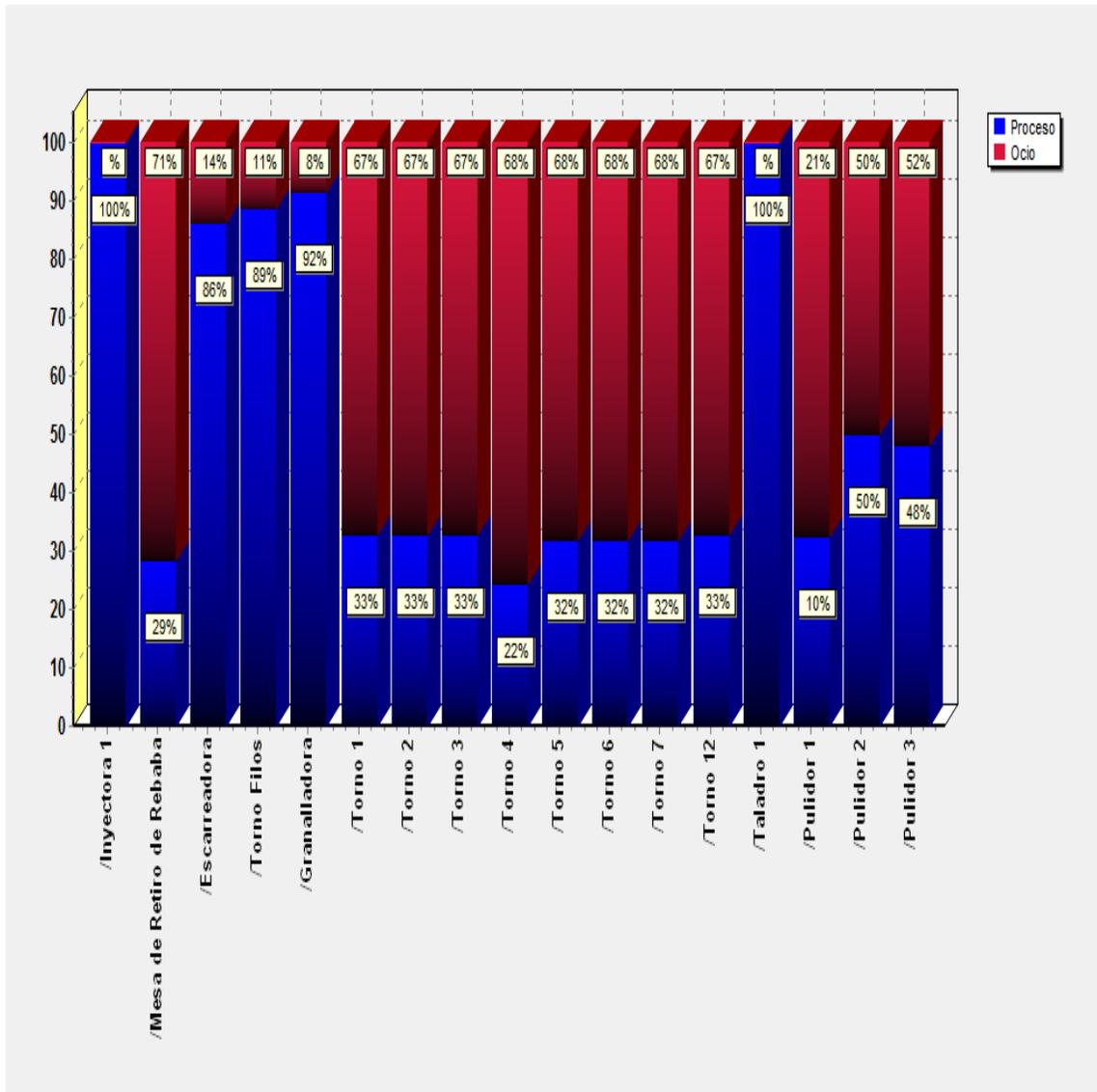
5.5.3. Resultados Bases

Realizados los experimentos en la simulación de del modelo para las bases podemos determinar que los cuellos de botella se presentan en las secciones de:

Inyección: Esta sección pasa a transformarse en una restricción en este proceso ya que el tiempo de proceso y la baja capacidad de la maquina limitan el proceso que le precede que es el de retirar la rebaba que es seis veces más rápido.

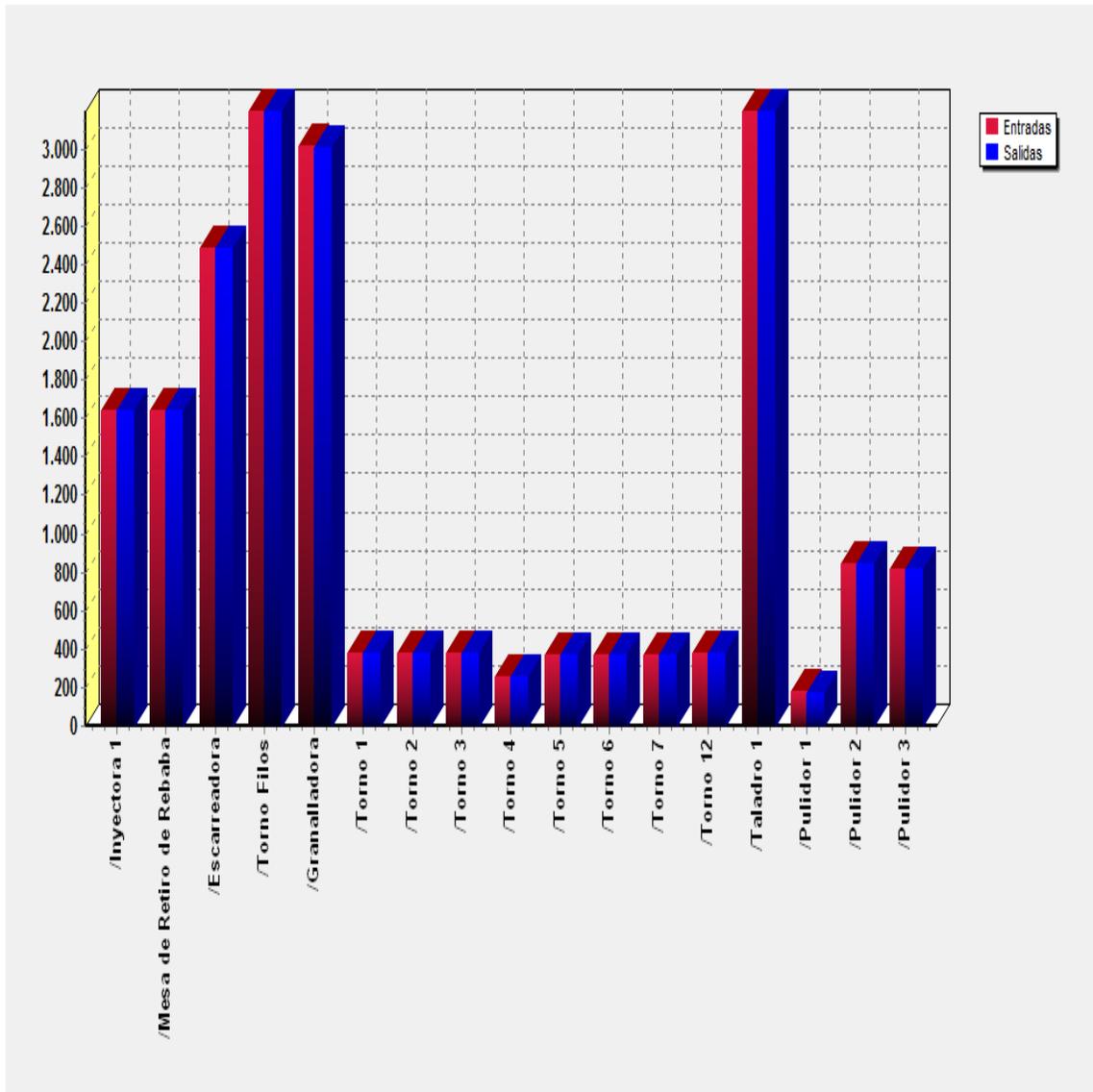
Tornos: Aquí el tiempo de proceso desde que se coloca el componente, se realiza automáticamente el proceso de torneado y hasta que se retira el componente del mandril del torno es casi tres veces más rápido que el granallado que es el proceso anterior al torneado del chaflán de la base y casi el doble del proceso siguiente que es el perforado.

Pero también es importante fijarnos en los tiempos ociosos de las máquinas que nos permitan programar de una mejor manera haciendo un uso adecuado de los recursos con los que contamos en la organización.



Fuente: Los Autores, Comparativos de Procesos Bases

Aquí la gráfica de barras superpuestas al 100% nos muestra los porcentajes de procesamiento y los porcentajes de tiempos muertos para cada máquina que es utilizada en el proceso de fabricación de bases.



Fuente: Los Autores, Throughput Bases

En esta gráfica hacemos una comparación entre las entradas y salidas de materiales en las máquinas que intervienen en la fabricación de bases, en donde podemos notar claramente las diferencias entre los cuellos de botella (Sección Tornos, Torneado de Chaflán) y los otros niveles de procesamiento de las demás máquinas.

5.6. Conclusiones

- ✓ La obtención de los mejores resultados de una simulación depende del planteamiento con la más absoluta claridad los objetivos que deseamos alcanzar.
- ✓ Debemos considerar en todo tipo de simulación de procesos las limitaciones que pongan restricciones a nuestros proyectos de simulación de procesos, ya que de ellas depende que podamos alcanzar los resultados esperados al final de nuestro trabajo.
- ✓ El determinar los tiempos de ejecución de inicio y final del proyecto de simulación de procesos van de la mano con el nivel de detalle que debemos dar a nuestro proyecto, pero sin menos preciar el grado de exactitud que este apegado siempre a la más absoluta realidad.
- ✓ Es de vital importancia para la construcción de los modelos de simulación de procesos, obtener datos de la fuente y lo más reales posibles, que permitan así alcanzar los mejores resultados al final del proyecto de simulación.
- ✓ Para una correcta ejecución de los modelos de simulación, aprovechamiento de las características del software de simulación y la mejor obtención e interpretación de resultados, se debe conocer a profundidad y tener la capacitación necesaria que nos permitan manejar con destreza el software de simulación de procesos que empleemos para la realización del proyecto de simulación de procesos.

PROPUESTAS DE MEJORA EN BASE A LOS RESULTADOS DE LA SIMULACION

6.1 Introducción

La simulación otorga la posibilidad casi infinita de generar situaciones de operación diversas de manera virtual, en los procesos de una empresa, para posteriormente analizarlos y obtener conclusiones satisfactorias; realizando así dentro de la empresa los cambios que resulten más beneficiosos y evitando aquellos que en algún momento se pensó que podrían mejorar en algo el funcionamiento de esta.

Muy a menudo se puede observar fallas metodológicas dentro de varias organizaciones que son corregidas sin un proceso de simulación y que generan buenos resultados. Esto quizá nos lleve a pensar que el proceso de simulación pudiese resultar tedioso y costoso, sin embargo la pregunta que debemos plantearnos es ¿La mejora empleada es la adecuada? ó ¿Podríamos mejorar más con otra propuesta? Al dar respuesta a estas preguntas comprenderemos que entre más alternativas para mejorar un proceso tengamos, la probabilidad de alcanzar el éxito es mayor; y está cantidad abundante de posibilidades nos la brinda la simulación.

A pesar de que la simulación es la herramienta que otorga la mayor cantidad de posibilidades para mejorar cualquier proceso, existen también algunos cambios que pueden realizarse simplemente basados en la experiencia y el ingenio de quien analiza la situación. Por esto es que todas las propuestas de mejora que en este capítulo se presentan son en base a ambos métodos, tanto a la simulación como a la simple observación, y en algunos casos se ha combinado ambos para obtener mejores resultados.

Cabe recalcar que algunas de las propuestas de mejora que se presentarán ya están siendo empleadas dentro de la empresa PRESS FORJA S.A, mientras que otras serán puestas en práctica en el futuro.

Las primeras propuestas de mejora que se plantearán en este capítulo, son aquellas que han sido realizadas en base al método de la observación.

6.2 Propuestas de Mejora en Base al Método de Observación

6.2.1 Formatos de Registro de Producción

Como ya se explicó en el capítulo cuatro, los formatos de registro de la producción permiten controlar lo elaborado durante un turno de trabajo y obtener datos importantes para la programación de la producción.

Debido a la importancia de estos, la empresa ya contaba con formatos para realizar este control, sin embargo estos no estaban adecuadamente contruidos, ya que existían varios dependiendo de la sección en la que se trabajaba, lo que hace imposible la unificación y comparación de datos.

Basándonos en este problema se proponen dos formatos para el control de la producción. De los cuales el primero es útil para todas las secciones y el segundo es utilizado únicamente para la sección de fundición, debido a que esta última resulta imposible de acoplar al primer formato por el trabajo distinto que ahí se realiza.

Estos nuevos formatos de producción, permiten acoplar debidamente los datos para poder ser utilizados en los cálculos de la capacidad real de la empresa.

Los formatos se encuentran en el Anexo 5.

6.2.2 Estructura de Materiales

La estructura de cada uno de los productos que se desarrollan en PRESS FORJA S.A ya ha sido mencionada en el capítulo cuatro, sin embargo

resulta importante otorgarle un espacio en este capítulo, ya que no existía antes de la realización de este trabajo.

Seguramente algunas personas considerarán a la estructura de los productos como un levantamiento de información y no como una mejora, pero quizá se deba a que no se han dado cuenta que al obtener estos datos, el proceso de compra pasa de ser desordenado e ineficiente, a ordenado y eficiente.

Esto se debe básicamente a la posibilidad de comprar a tiempo y en las cantidades adecuadas, ya que al conocer que cantidades de material necesitan mis procesos para cumplir con el número de productos que quiero obtener, y mezclándolo con los precios del mismo en el mercado, se puede obtener compras exactas con precios más económicos.

La estructura de los materiales se encuentra en el Anexo 4.

6.2.3 Elaboración de Cesta y Caja para Bases Inyectadas, Forjadas y Tapillas

Las bases inyectadas y forjadas que son elaboradas en PRESS FORJA S.A, son distribuidas en la localidad a productores de cocinas y cocinetas o para uso interno de la fábrica; por lo que su traslado y almacenamiento se vuelve sencillo.

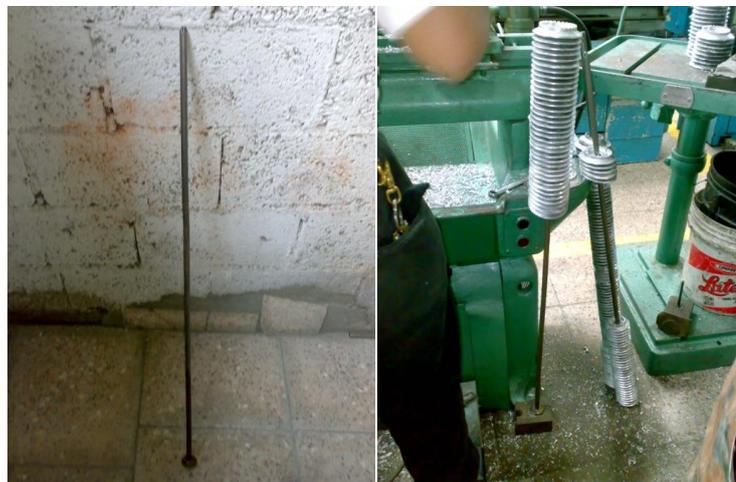
A pesar de esta condición la empresa no contaba con un sistema de almacenamiento para este fin, por esta razón se diseñó una canastilla que permita tanto el almacenamiento como el traslado de las bases a nivel local, la cual actualmente ya se encuentra en funcionamiento. Esta canastilla ha permitido evitar que se dañe el producto, ya que al no estar debidamente almacenada, se suele raya o abollar. Dicho de otro modo, ha permitido reducir el índice de productos defectuosos, evitando parte del reproceso que

en la planta se llevaba a cabo, lo que sin lugar a duda genera un ahorro tanto de forma económica como en consumo de energía.



Canastilla para almacenar y transportar bases inyectadas y forjadas en
PRESS FORJA S.A

Junto con las canastillas diseñadas, se diseñaron tubos móviles, que permiten trasladar el producto en proceso de un proceso hacia otro, facilitando así el movimiento al personal encargado. Este elemento de trabajo genera un gran ahorro de tiempo, ya que quien se dedica a trasladar el producto es el mismo que opera la máquina del siguiente proceso, de tal forma que el hecho de darle la posibilidad de trasladar mayor número de componentes en menor tiempo, recae en un mayor número de unidades producidas. Cabe recalcar que estos tubos, al igual que las canastillas actualmente ya son utilizados por el personal de la empresa.

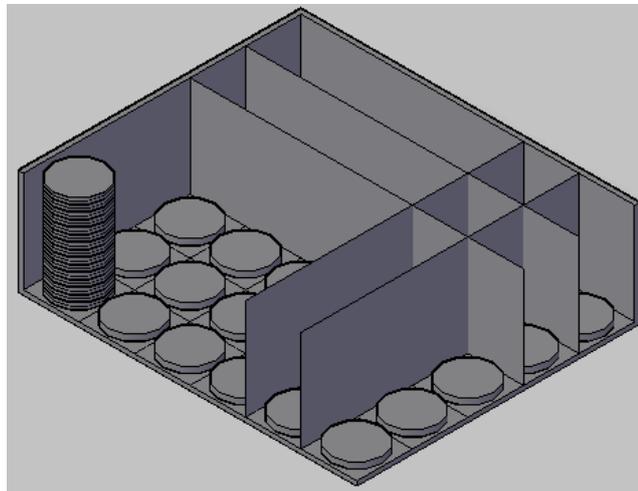


Tubo móvil para transporte interno de bases inyectadas

Dentro del almacenamiento y la distribución, también se realizaron mejoras para las tapillas enlozadas, ya que estas normalmente se almacenaban y distribuían en las mismas cajas de los espartallamas, lo que generaba algunos problemas como:

- ✓ No entran la cantidad necesaria de tapillas en cada caja por que el tamaño de esta última es estándar
- ✓ Debido a que la caja no se encuentra diseñada a medida las tapillas se golpean entre sí y algunas se estropean
- ✓ Se deben mezclar varios tipos de tamaños en una sola caja para enviar pedidos exactos, lo que dificulta el proceso de conteo para el cliente

Debido a estos problemas mencionados, se decidió diseñar cajas que sean adecuadas para el transporte y almacenamiento de cada uno de los modelos y tamaño de tapillas enlozadas.



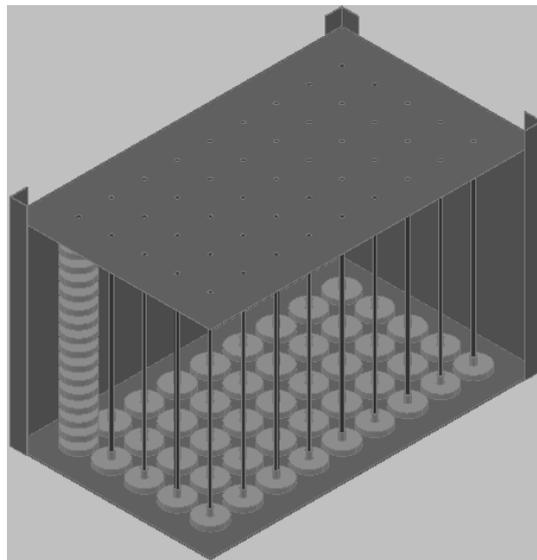
Propuesta de Caja para Tapillas Enlozadas

Para observar los tres tipos de cajas con sus respectivas dimensiones y detalles, revisar Anexo 10 y CD Adjunto

Conforme al crecimiento de clientes de la empresa PRESS FORJA S.A y los contactos que esta se encuentra realizando constantemente, se ha pensado

que un futuro no muy lejano, la empresa podría dar inicio a la exportación de sus productos, entre los cuales estarán las bases inyectadas.

Ya que el resto de productos cuentan con cajas adecuadas para su transporte, hemos decidido realizar una propuesta de una caja para estas bases, la cual permita trasladar adecuadamente el producto sin que sufra ningún tipo de daño.



Propuesta caja para bases inyectadas y forjadas

Para observar detalles de la caja con sus respectivas dimensiones, revisar Anexo 11 y CD Adjunto

6.2.4 Tipos de Máquinas que existen en la empresa

La empresa PRESS FORJA S.A cuenta con varios tipos de máquinas en funcionamiento para la producción. Pero debido al paso del tiempo y la resolución de problemas más urgentes, no se lleva un control adecuado de cada tipo de máquina, lo que genera problemas a la hora de realizar los respectivos mantenimientos.

Por estas razones y a pesar de que no es parte de este trabajo de tesis, los autores hemos decidido realizar una lista de maquinaria con características importantes, para que se inicie el proceso de documentación de fallo y mantenimiento de las máquinas, facilitando y mejorando esta labor.

Prensas							
N°	Código	Tipo de máquina	Motor	Voltaje (V)	Potencia (KW)	Procedencia	Capacidad máquina
1	PG1	Prensa de golpe	2 HP	220	15		40 Ton.
2	PG2	Prensa de golpe	3 HP	220 - 440	15		60 Ton.
3	PG3	Prensa de golpe	6 CV	220 -380		Brazil	80 Ton.
4	PG4	Prensa de golpe	10 CV	220 -380	8	Americana	200 Ton.
5	PG5	Prensa de golpe		220 - 440			160 Ton.
6	PG6	Prensa de golpe	7,5 HP	220	6	Americana	250 Ton.
7	PG7	Prensa de golpe	10 HP	220 - 440		Europea	160 Ton.
8	PG8	Prensa de golpe	40 HP	220		Alemana	200 Ton.
9	PH1	Prensa hidráulica	30 HP	220	2	Americana	250 Ton.

Hornos							
N°	Código	Tipo de máquina	Motor	Voltaje (V)	Potencia(KW)	Procedencia	Capacidad máquina
1	H1	Horno de fundición	2 HP	220	1,5	Nacional	500 kg.
2	H2	Horno de fundición	1 HP	110	0,75	Nacional	
3	H3	Horno de fundición	1 HP	110	0,75	Nacional	
4	H4	Horno de fundición	2 HP	220	1,5	Nacional	
5	HT1	Horno de fundición	½ HP	110	1	Nacional	

Troqueles							
N°	Código	Tipo de máquina	Motor	Voltaje (V)	Potencia(KW)	Procedencia	Capacidad máquina
1	TQ1	Troquel	2 HP	220	1,5		15 Ton.
2	TQ2	Troquel	2 HP	220	1,5		20 Ton.
3	TQ3	Troquel	2 HP	220	1,5		40 Ton.
4	TQ4	Troquel	3 HP	220	0,6		60 Ton.
5	TQ5	Troquel	0,5 HP	110	3,7		2 Ton.

Granalladora y Congretera							
Nº	Código	Tipo de máquina	Motor	Voltaje (V)	Potencia(KW)	Procedencia	Capacidad máquina
1	GRA1	Granalladora					
2	CTH1	Congretera	10 HP				

Tornos							
Nº	Código	Tipo de máquina	Motor	Voltaje (V)	Potencia (KW)	Procedencia	# Banda
1	TN 1	Torno	7 ½ HP	220	5,5		B50
2	TN 2	Torno	5 HP	220	3,7	Taiwan	
3	TN 3	Torno	5 HP	220	3,7	Taiwan	A75
4	TN 4	Torno	2 HP	220 - 440	1,5	Brasil	B75
5	TN 5	Torno Copiador	11	220-380-440		Francia	
6	TN 6	Torno	3 HP	220 - 440	2,2	Inglesa	
7	TN 7	Torno	3 HP	220 - 440	2,2	Inglesa	
8	TN 8	Torno ENCO	3 HP	220 - 440	2,2	China	
9	TN 9	Torno ENCO	3 HP	220 - 440	2,2	Inglesa	B30
10	TN 10	Torno	2 HP	220 - 380	1,5		B31
11	TN 11	Torno	5 HP	220 - 440	3,7	China	A40
12	TN 12	Torno		220		China	
13	TN 13	Torno		220		China	A40
14	TN 14	Torno	3 HP	220 - 440	2,2	Inglesa	A31
15	TN 15	Torno	3 HP	220 - 440	2,2	Inglesa	A31
16	TN 16	Torno	3 HP	220 - 440	2,2	Inglesa	A31
17	TN 17	Torno de lijar	2 HP	220 - 440	1,5		A64
18	TN 18	Torno de lijar					
19	TN 19	Torno	2 HP	220	1,7	Inglesa	A29
20	TN 20/S-90	Torno	3 HP	220	1,75	España	
21	TN 21	Torno	3 HP	220 - 440	0,8	Inglesa	A30
22	TN 22	Torno	3 HP	220 - 440	0,8	Inglesa	A22
23	TN 20	Torno	4,5 HP	220	2,5		
24	TF 1	Torno de filis	3 HP	220 - 440	2,25		
25	TF 2	Torno de filis	3 HP	220 - 440	2,2		
26	TF 3	Torno de filis	3 HP	220 - 380	2,2		
27	TF 4	Torno de filis	3 HP	220 - 440	2,2		B50
28	TFB 1	Torno filis bases	3 HP	220 - 440	2,3	Americana	
29	TNF 5	Torno de filis	3 HP	220		Nacional	
30	TNF 6	Torno de filis	3 HP	220	1,6	Nacional	

Pulidoras								
Nº	Código	Tipo de máquina	Motor	Voltaje (V)	Pot.(KW)	Procedencia	Amperaje	# Banda
1	PL1	Pulidora	10 HP	220- 380			7,5	B50
2	PL2	Pulidora	10 HP	220- 380			7,5	B41
3	PL3	Pulidora	10 HP	220- 380			7,5	B62
4	PL4	Pulidora	2 HP	220- 380	1,31	Nacional		
5	PL5	Pulidora	2 HP	220- 380	1,31			

PL4, PL5 y PL6 no se encuentran en funcionamiento

Esmeriles						
Nº	Código	Tipo de máquina	Motor	Voltaje (V)	Potencia(KW)	Procedencia
1	EM1	Esmeril	1 HP	220	0,75	Brasil
2	EM2	Esmeril	1 HP	220	0,75	Brasil
3	EM3	Esmeril	1 HP	220	0,75	Brasil

Inyectoras						
Nº	Código	Tipo de máquina	Motor	Voltaje (V)	Potencia(KW)	Procedencia
1	INY1	Inyectora	30 HP	220	30	
2	INY2	Inyectora	30 HP	220	22,5	

Termoformateadoras						
Nº	Código	Tipo de máquina	Motor	Voltaje (V)	Potencia(KW)	Procedencia
1	TF1	Termoformateadora	4 HP	220	1,3	Perú

Banda Transportadora						
Nº	Código	Tipo de máquina	Motor	Voltaje (V)	Amperaje (A)	# Banda
1	BT01	Banda Transport.	½ HP	220	0,5	A52
2	BT02	Banda Transport.	½ HP	220	0,5	

Sección Mantenimiento							
Nº	Código	Tipo de máquina	Motor	Voltaje (V)	Potencia (KW)	Procedencia	Amperaje (A)
1	TR1	Taladro Radial					
2	RT1	Rectificadora	3 HP	220	1,75	Americana	
3	FR1	Fresadora	2 HP	220	3,75	Americana	
4	ER1	Erosionadora					
5	ST1	Soldadora		220	30	Americana	
6	ST2	Soldadora		220	20	Americana	
7	SP1	Soldadora de puntos		220	2	Americana	
8	C1	Compresor	2 HP	220 - 380			5,5 / 9,5
9	C2	Compresor	25 HP	220 - 440			315 / 61
10	C3	Compresor	50 HP	220 - 460		Americana	37
11	TP1	Taladro de Pedestal	2 HP	220	3,4	Brasil	
TP1 no está en funcionamiento							

Varias						
Nº	Código	Denominación	Motor	Voltaje (V)	Potencia (KW)	Observaciones
1	TG1	Tanque de Gas				
2	TG2	Tanque de Gas				
3	AB1	Absorvedor bases				
4	SC1	Sierra cinta				
5	SB1	Soplador Blower				
6	SB2	Soplador Blower				
7	LG1	Linea de Gas				
8	SG1	Sistema de Gas				
9	TG9	Sistema de Eléctrico				
10		Canal agua lluvias				
11	BA1	Bomba de agua	0,5 HP	110	0,375	Condensador VL250C25MF
12	BA2	Bomba de agua	0,5 HP	110	0,375	Condensador VL250C25MF
13		Monta Carga				

Con estas tablas, realizar la documentación respectiva y llevar un control ordenado de cada mantenimiento realizado o por realizar, se vuelve más sencillo.

6.3 Propuestas de Mejora en Base al Método de la Simulación

6.3.1 Ajustes en el modelo con base en datos actualizados obtenidos del análisis de datos del capítulo anterior

El ajuste del modelo en base a los datos obtenidos es de vital importancia para establecer las propuestas de mejora, ya que no solo servirán para saber lo que se encuentra mal o lo que se puede mejorar dentro de un modelo, sino que también serán modelos importantes de referencia para establecer comparaciones entre las propuestas de mejora y lo que se realizaba con antelación a las propuestas, obteniendo así un criterio válido para dar un porcentaje de mejora a un proceso o actividad determinada.

Una vez realizado el análisis de datos, se obtuvo las diferentes acciones que se encuentran llevando a cabo una máquina o un operario en un determinado tiempo, es decir que se pudieron identificar en que porcentajes de un turno de trabajo se encuentran en procesamiento, bloqueadas, esperando por operarios, ociosas o libres las diferentes máquinas que realizan las operaciones para la transformación de los productos.

Estas estadísticas nos permitieron encontrar los cuellos de botella en los diferentes tipos de procesos realizados en la empresa PRESS FORJA S.A. Contando con esta información expresada en el capítulo anterior se pueden realizar los diferentes ajustes al modelo con base en los criterios de los analistas para elaborar las propuestas de mejora.

Cabe recalcar que algunas de las mejoras propuestas en el siguiente punto de este capítulo ya han sido puestas en marcha dentro de la empresa, lo que demuestra que a más de dar resultados positivos en la simulación, muchas de ellas son válidas ya que en la realidad han dado resultados adecuados.

Otras de las propuestas están demostradas a través de la simulación, lo cual nos hace pensar que son muy viables en la realidad, y quedará a criterio de los administradores de PRESS FORJA S.A ponerlas en práctica.

Los ajustes realizados en la simulación hacen referencia a acciones como, cambio en la distribución en planta, aumentar y disminuir los operarios que trabajan en distintos procesos, sacar de funcionamiento o poner en funcionamiento máquinas de la empresa para desarrollar o dejar de desarrollar procesos específicos dentro de la producción, cambios sencillos en el método de realizar algunas operaciones, etc.

Todos estos ajustes realizados serán mencionados en la elaboración de propuestas de mejora, recalcando cuales ya han sido implementados y cuales aun no.

6.3.2 Elaboración de las propuestas de mejora

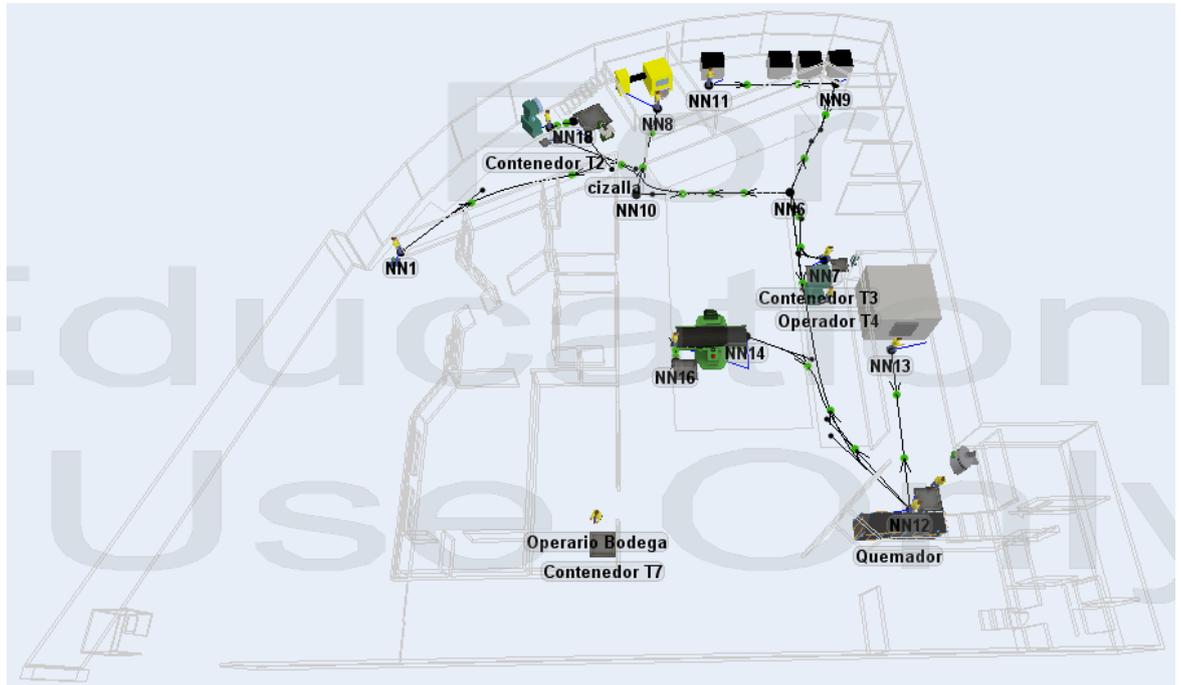
Las propuestas de mejora se han dividido en tres partes fundamentales y en una parte global, estas son:

- Mejoras en el Proceso de Elaboración de Tapillas Esmaltadas
- Mejoras en el Proceso de Elaboración de Espartallamas
- Mejoras en el Proceso de Elaboración de Bases Inyectadas
- Mejoras Globales en la Distribución en Planta

6.3.2.1 Propuesta de Mejora en el Proceso de Elaboración de Tapillas Esmaltadas

Para realizar la propuesta de mejora en el proceso productivo de la elaboración de las tapillas, se determinó en el capítulo anterior que los dos grandes cuellos de botella son:

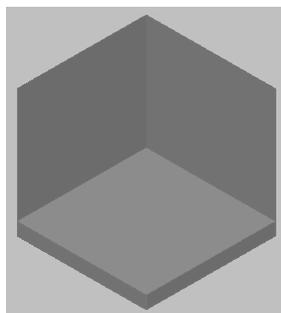
- El proceso de Decapado
- El proceso de Horneado



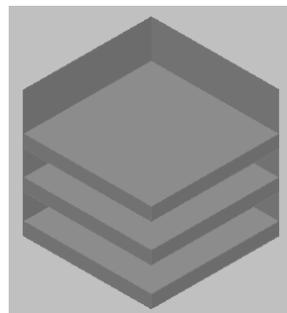
Vista de la Propuesta de Mejora del Proceso Productivo de Tapillas

Para obtener la propuesta de mejora que se ve en la fotografía anterior y en base a los cuellos de botellas se han propuesto las siguientes mejoras:

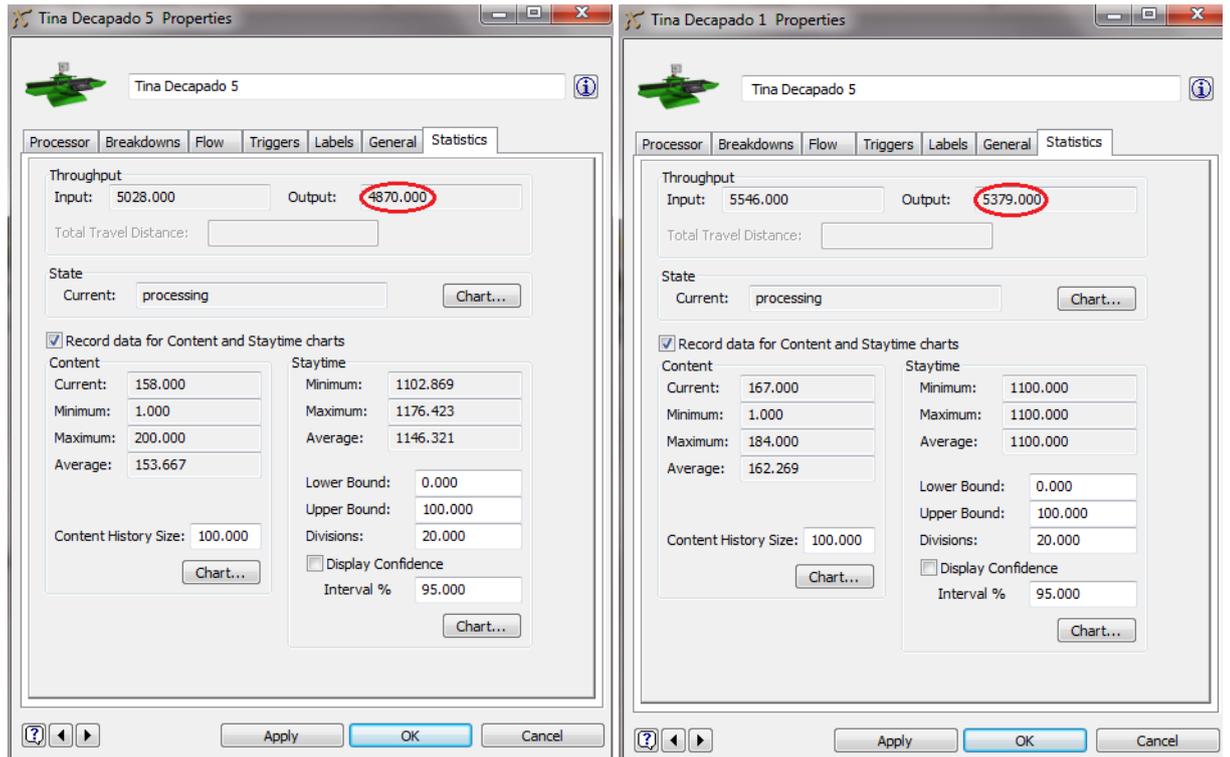
- a) Una canasta que permita añadir mayor cantidad de tapillas al proceso de decapado. La canasta actual únicamente posee un nivel donde se colocan los componentes, lo que le permite almacenar 350 tapillas en una sola carga, mientras que añadiendo dos niveles más a esta canasta se triplica la capacidad en el proceso de decapado, logrando introducir hasta 1050 componentes en una sola cargada.



Canasta Anterior



Canasta Propuesta

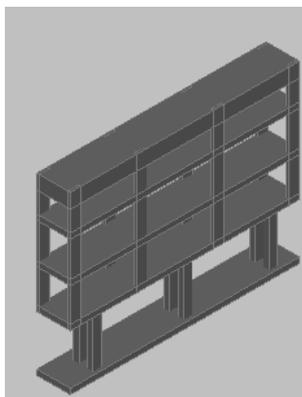


Proceso Decapado Anterior

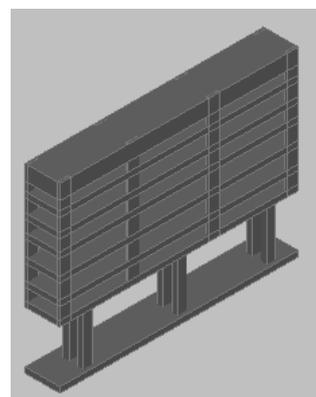
Proceso Decapado Nuevo

Podemos observar claramente en las estadísticas obtenidas en el programa Flexsim como se incrementa el número de componentes que salen del Decapado al aplicar la mejora propuesta.

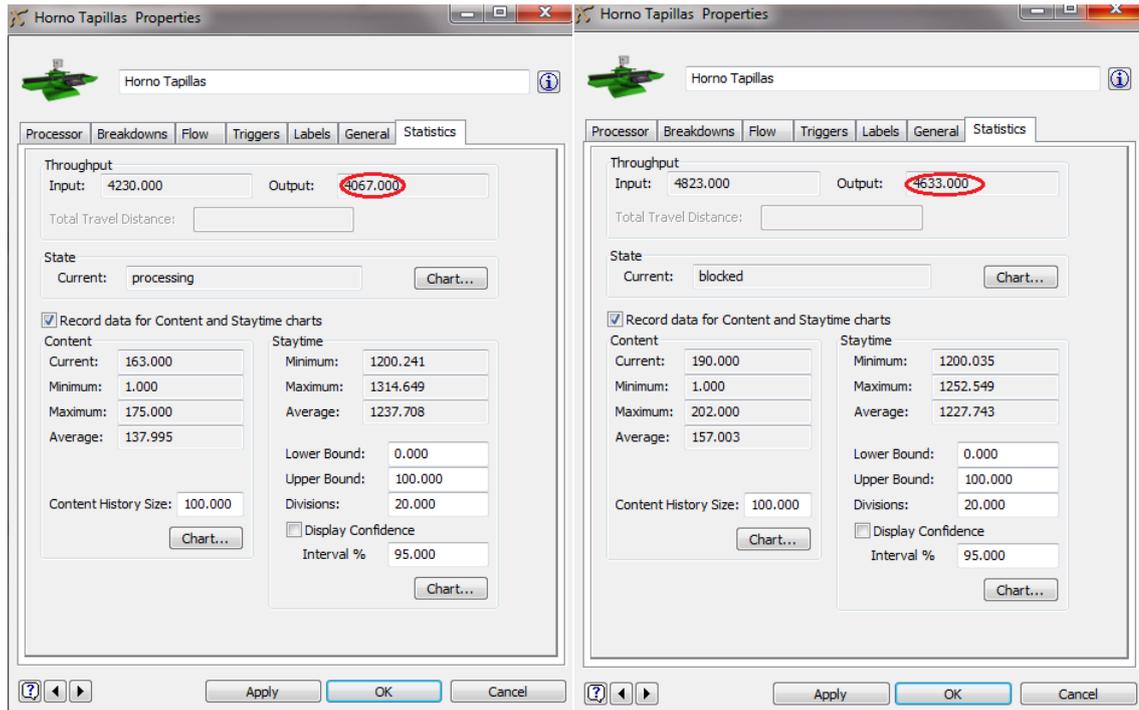
- b) La Canasta que entra al horno para el proceso de quemado de las tapillas esmaltadas posee una capacidad de 175 tapillas en una sola carga, al cambiar el diseño de esta canasta logramos incrementar al doble la capacidad del horno, logrando introducir hasta 350 tapillas en una sola carga.



Canasta Anterior



Canasta Propuesta

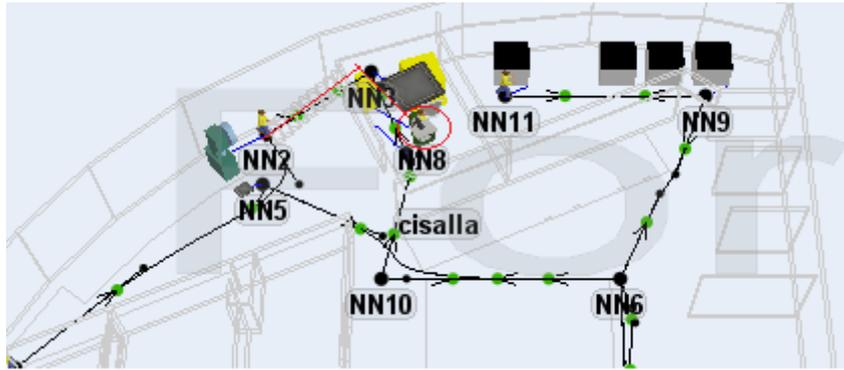


Proceso de Horneado Anterior

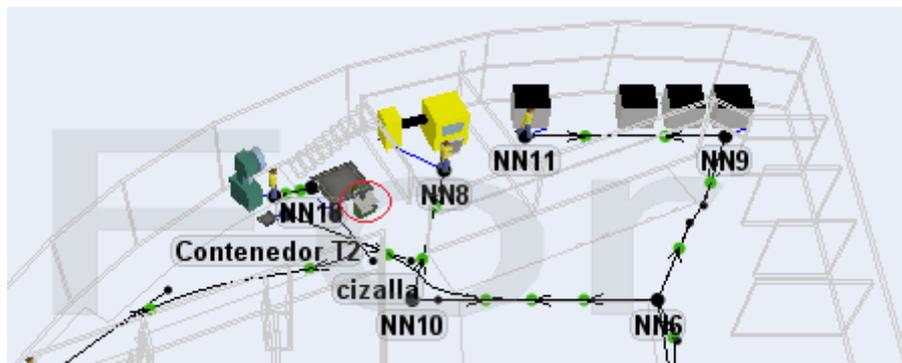
Proceso de Horneado Nuevo

Con la mejora implementada podemos observar en las estadísticas, como mejora la cantidad de componentes que procesa el horno en un turno de trabajo.

- c) La tercera mejora aplicada en el proceso de tapillas es cambiar de posición la cizalla para el corte de láminas, la cual se encontraba originalmente en el segundo piso, y fue movida al primer piso. Si bien es cierto al no ser un cuello de botella la cisalla, el mejorar la cantidad de láminas que se pueden producir en un turno, no incrementa el número final de tapillas producidas, pero sin embargo si facilita el trabajo a los operarios y a más de esto pueden cumplir con el número de láminas necesarias en un menor tiempo, lo que ayuda a liberar al menos a uno de ellos por un tiempo para realizar cualquier otra actividad necesaria en la fábrica.

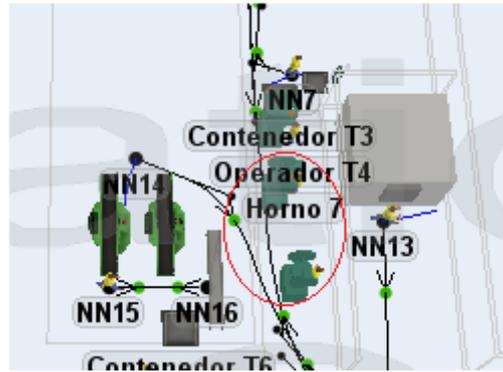


La Ubicación Anterior de la Cisalla

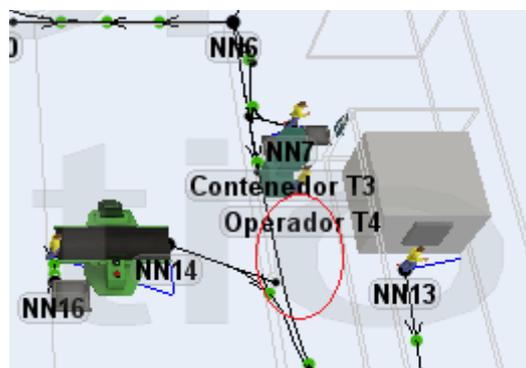


La Nueva Ubicación de la Cisalla

- d) La cuarta mejora en el proceso de elaboración de tapillas es sacar de funcionamiento a dos prensas del conformado. El hecho de sacar de funcionamiento 2 prensas no influye en el número de componentes que se obtiene al final, esto se debe a que las prensas tienen una gran capacidad de producción en relación a las otras operaciones realizadas en este proceso. Con esta mejora se logra un ahorro de energía por no tener funcionando dos prensas y se consigue liberar a dos operarios para labores más urgentes.

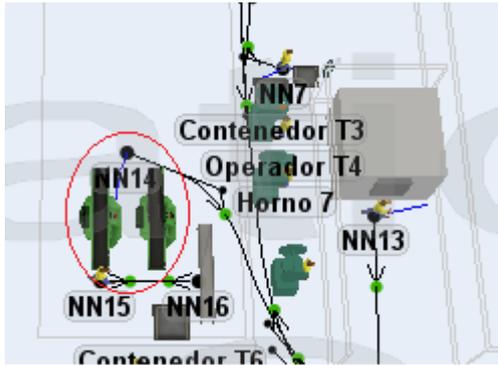


El Proceso Funcionando con tres Prensas para el Conformado

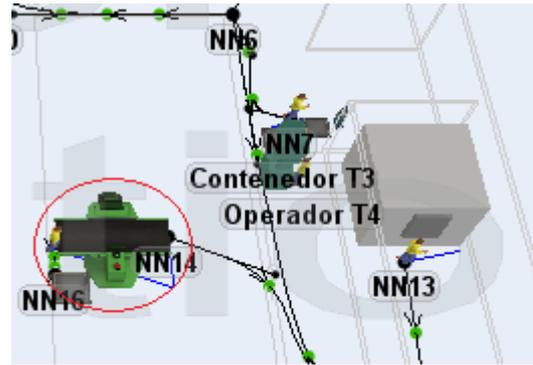


El Proceso Funcionando con una Prensa para el Conformado

- e) En la última mejora realizada en el proceso de tapillas se cambian las dos mesas de enfriamiento por una sola con mayor capacidad y se la reubica, esto les da a los operarios mayor facilidad para dejar las tapillas que salen del horno en la mesa de enfriamiento, ahorrándoles también tiempo en el transporte de estas. La principal razón de esta mejora es que cuando existían dos mesas el tránsito se volvía complicado y demorado, mientras que con la mejora se hace más sencillo.

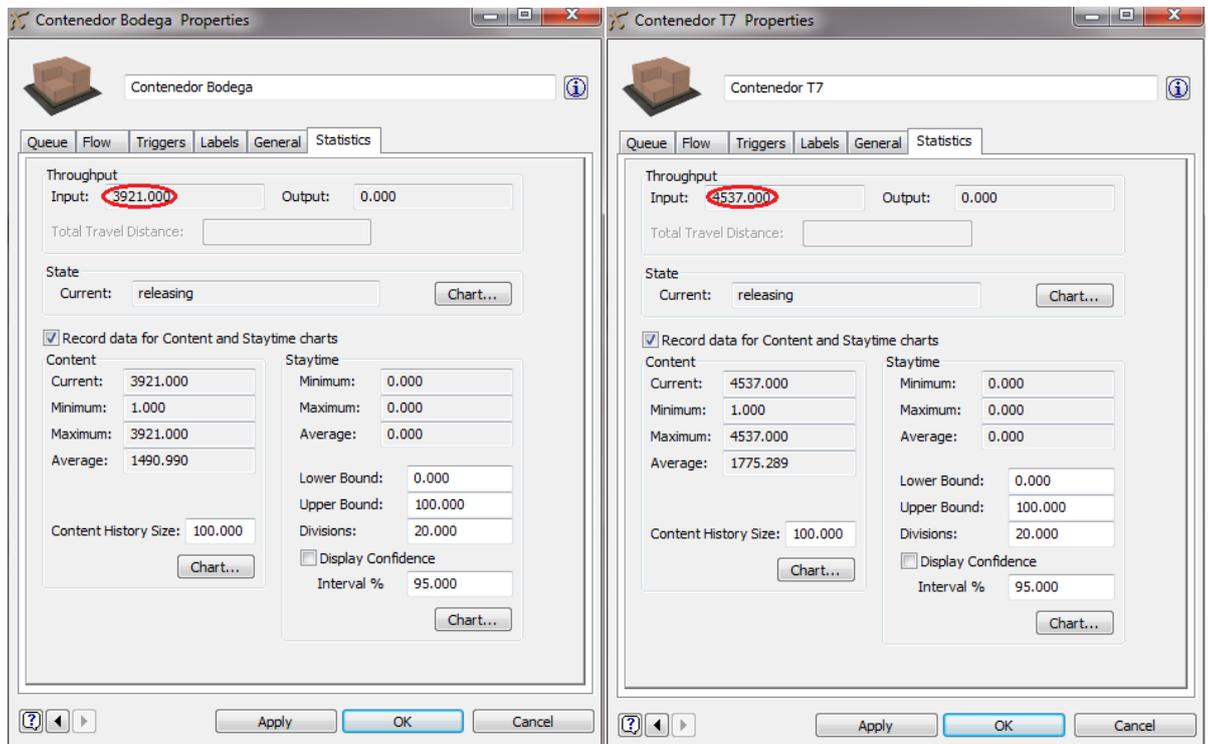


Con dos mesas de Enfriado



Con una sola mesa de Enfriado

Finalmente después de realizar todas las propuestas de mejora en el proceso de elaboración de tapillas, podemos observar los resultados finales.



de Productos terminados Anteriormente

de Productos terminados Ahora

Podemos observar que con las mejoras aplicadas se incrementan 600 productos terminados en este proceso.

6.3.2.2 Propuesta de Mejora en el Proceso de Elaboración de Espartallamas

Para realizar la propuesta de mejora en el proceso productivo de la elaboración de las espartallamas, se determinó en el capítulo anterior que el principal cuello de botella es:

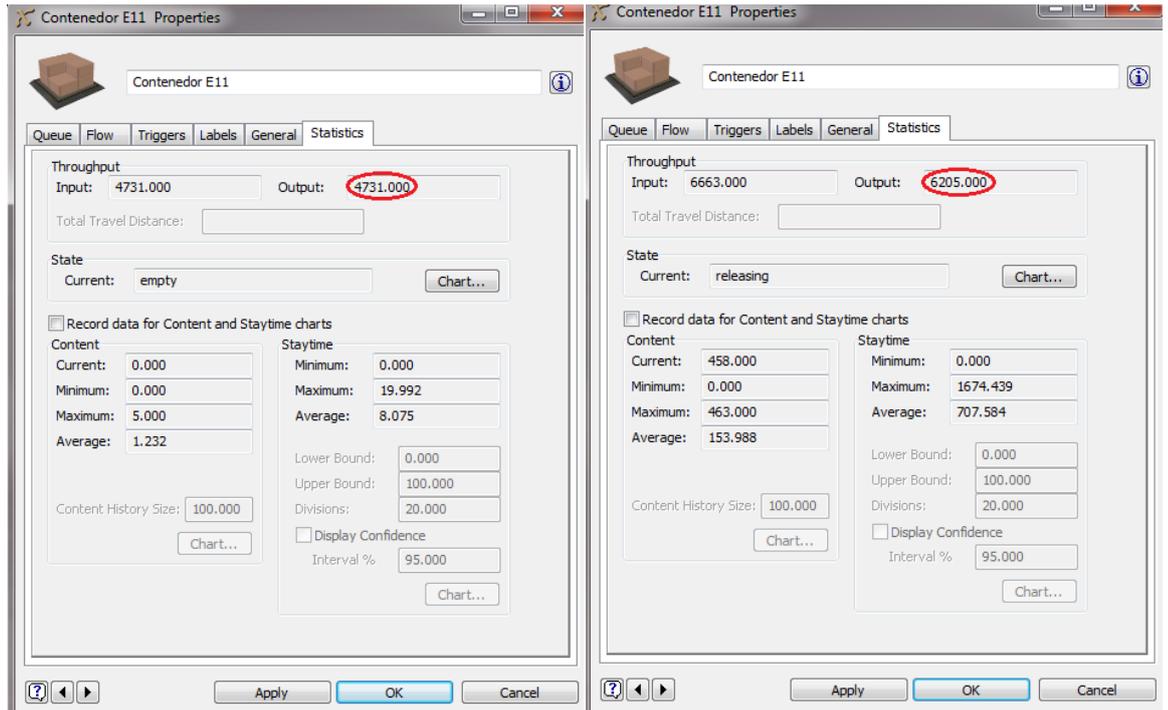
- El proceso de Torneado de Superficie



Vista de la Propuesta de Mejora del Proceso Productivo de Espartallamas

Para obtener la propuesta de mejora que se ve en la figura anterior y en base al cuello de botella se han propuesto las siguientes mejoras:

- a) Se contrataron dos operarios más para que se pongan en funcionamiento dos tornos que se encontraban sin utilizarse. Si bien es cierto esto representa a la empresa un costo por los salarios que se le debe pagar a los operarios y otro por la energía consumida por las máquinas; el número de productos en proceso que salen de los tornos con la mejora es completamente representativo con referencia a estos gastos, ya que la producción se incrementa en gran proporción debido a que los tornos son los cuellos de botella del modelo.

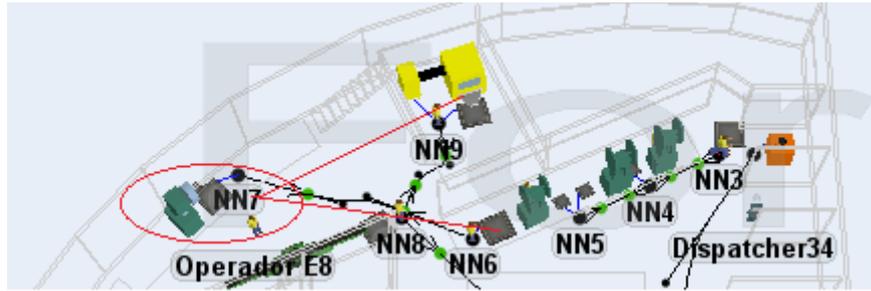


La cola antes de la mejora

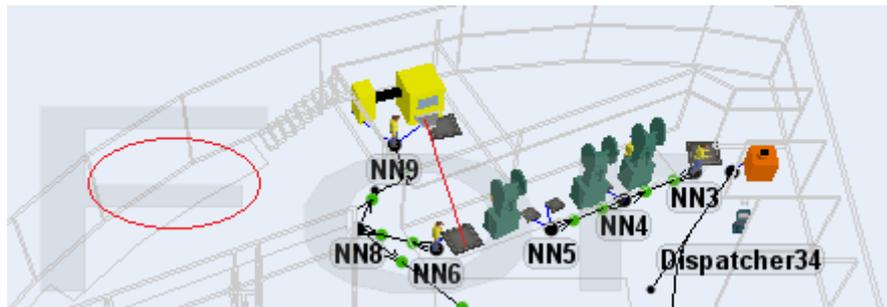
La cola después de la mejora

Podemos observar claramente que después de implementar la mejora, la cola que se encuentra después de el proceso de torneado de superficie se incrementa notablemente, esto se debe a que los dos tornos agregados colaboran ampliamente en la producción.

- b) En el proceso de troquelado de los espartallamas se retira el sobrante del formado del torcho, esto se debe a que se coloca demasiada cantidad de mezcla en el formado de los torchos, es decir que con solo modificar los moldes donde se forman estos para que alberguen la cantidad de mezcla adecuada, el proceso de troquelado se puede eliminar, dándole un acabado adecuado en el pulido de superficie. Esta mejora fue probada dentro de la empresa ya que es una mejora de método y si es factible realizarla. Aplicando esto se logra liberar un operario y evitar el costo por consumo de energía de la prensa que realiza el troquelado; a más de que hace que el flujo de productos en proceso hacia el granallado sea más rápido.



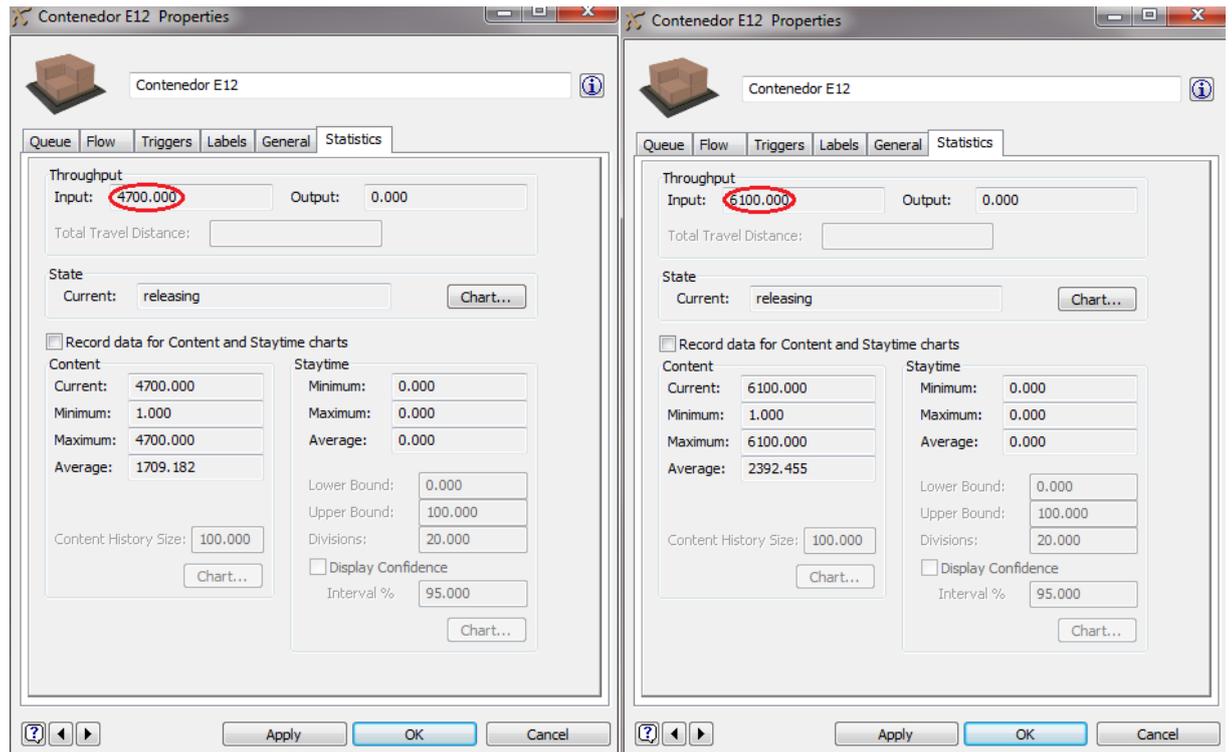
Antes de la Mejora



Con la Mejora

El eliminar el proceso de troquelado, nos permite mejorar ampliamente el flujo de productos en proceso, ya que se evita el proceso, el tiempo en trasladar los productos y el tiempo en que estos atraviesan la banda transportadora; yendo directamente al proceso de granallado después de darles la forma en las prensas de golpe.

Una vez que se han aplicado las mejoras a este modelo, se pueden observar los resultados en la cola de producto terminado.



Anteriormente

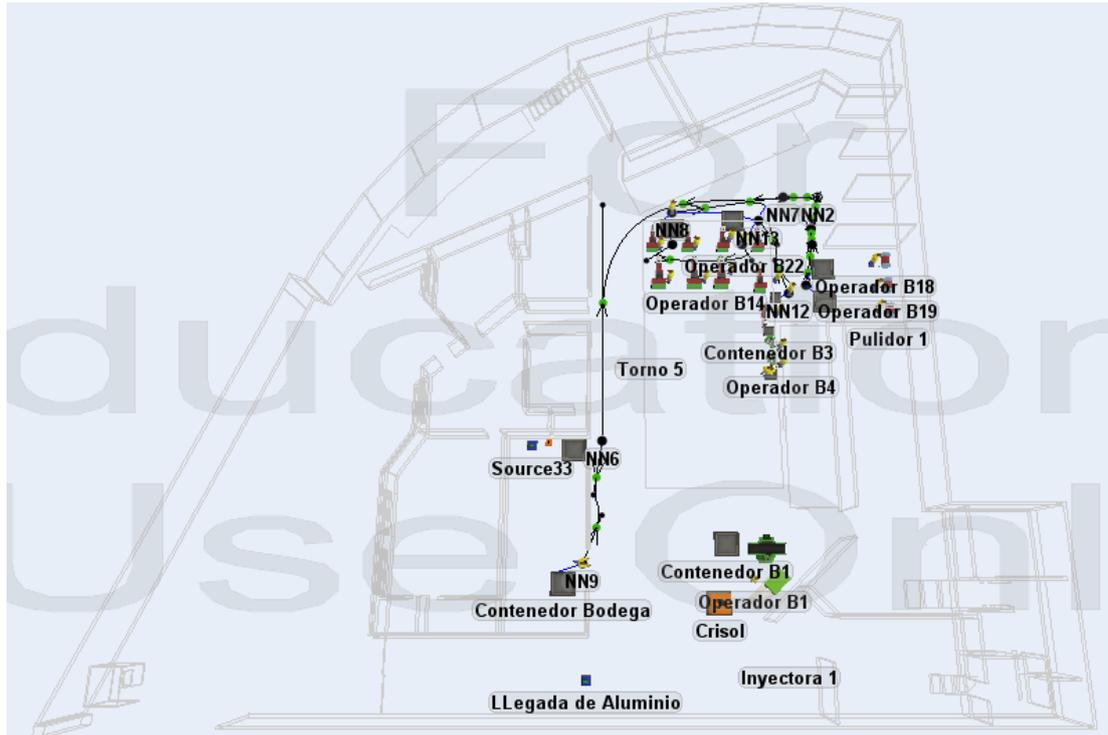
Con la Mejora

Una vez que se ha implementado la mejora, se puede ver como en el contenedor final de productos terminados el número se ha incrementado en 1400 espartallamas más, lo que es significativo para las mejoras establecidas.

6.3.2.3 Propuesta de Mejora en el Proceso de Elaboración de Bases Inyectadas

Para realizar la propuesta de mejora en el proceso productivo de la elaboración de las bases inyectadas, se determinó en el capítulo anterior que el principal cuello de botella es:

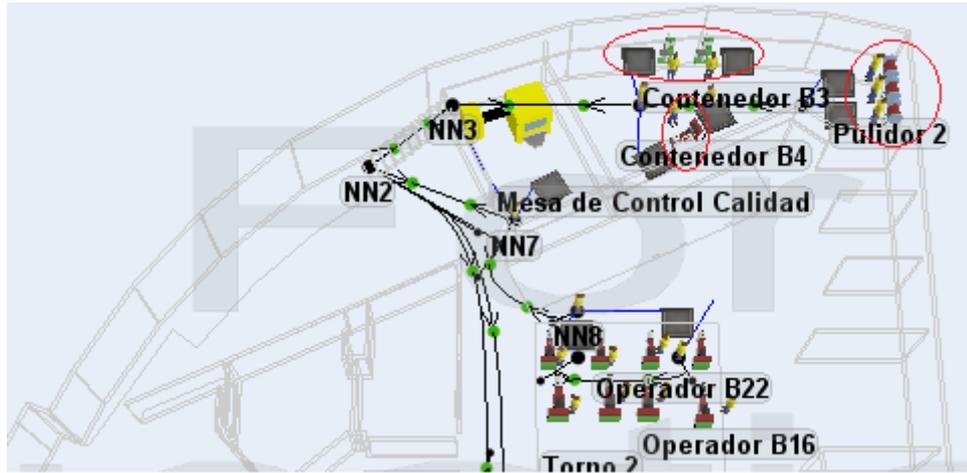
- El proceso de Inyectado



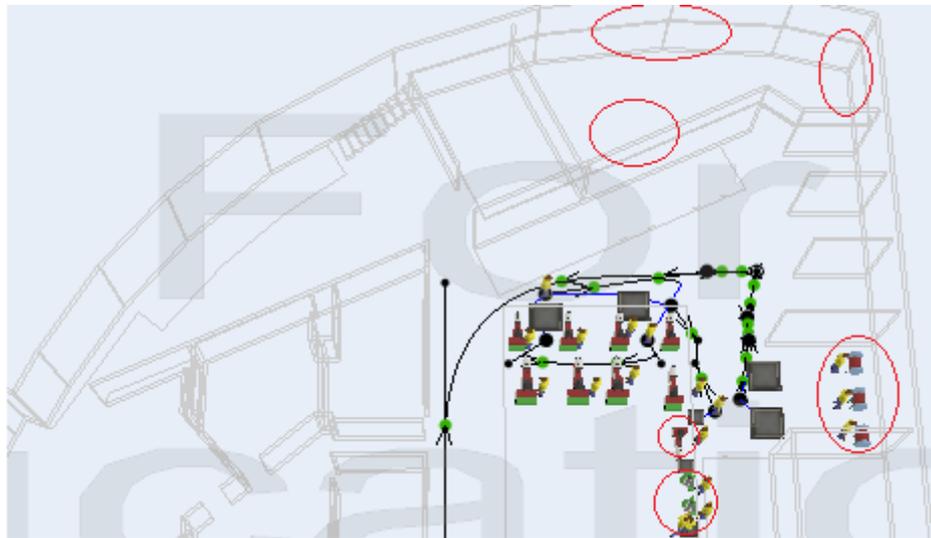
Vista de la Propuesta de Mejora del Proceso Productivo de Espantallamas

Para obtener la propuesta de mejora que se ve en la fotografía anterior y en base al cuello de botella se han propuesto las siguientes mejoras:

- a) Se cambió la ubicación de algunas de las máquinas para mejorar el flujo de los productos en proceso. En este caso se cambiaron de ubicación las máquinas para realizar los procesos de escariado, perforado, torneado de filos, y pulido final, que son dos taladros, un torno y tres pulidores respectivamente. Con esta implementación se logra mejorar ampliamente el flujo de los productos en proceso, ya que todas estas máquinas se encontraban en el segundo piso de la planta, lo que dificultaba el traslado por parte de los operarios.



Antes de la Mejora

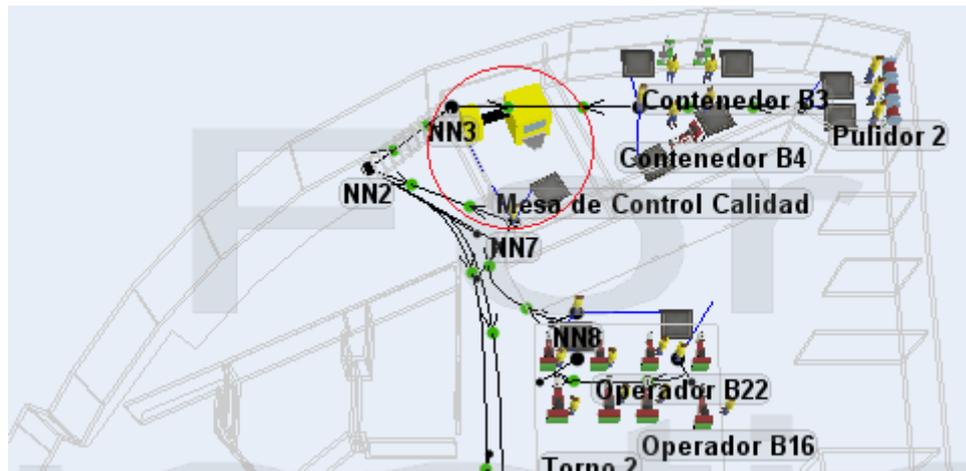


Con la Mejora Implementada

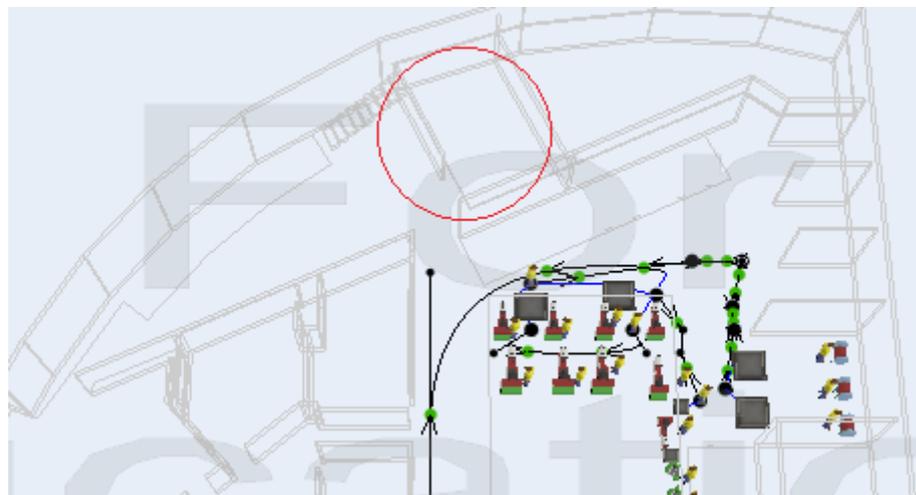
Sin necesidad de ver una simulación, se puede observar como el flujo de material se vuelve más fácil y ordenado, colaborando a incrementar el número de productos terminados.

- b) Anteriormente en la empresa PRESS FORJA S.A se realizaba el granallado de las bases, como se puede observar en las simulaciones en el CD anexo. Sin embargo se han realizado pruebas del método en la planta, y se ha descubierto que es posible eliminar ese proceso y llevar a las bases inyectadas directamente al proceso de torneado de superficie luego de pasar por el torneado de fillos, obteniendo el

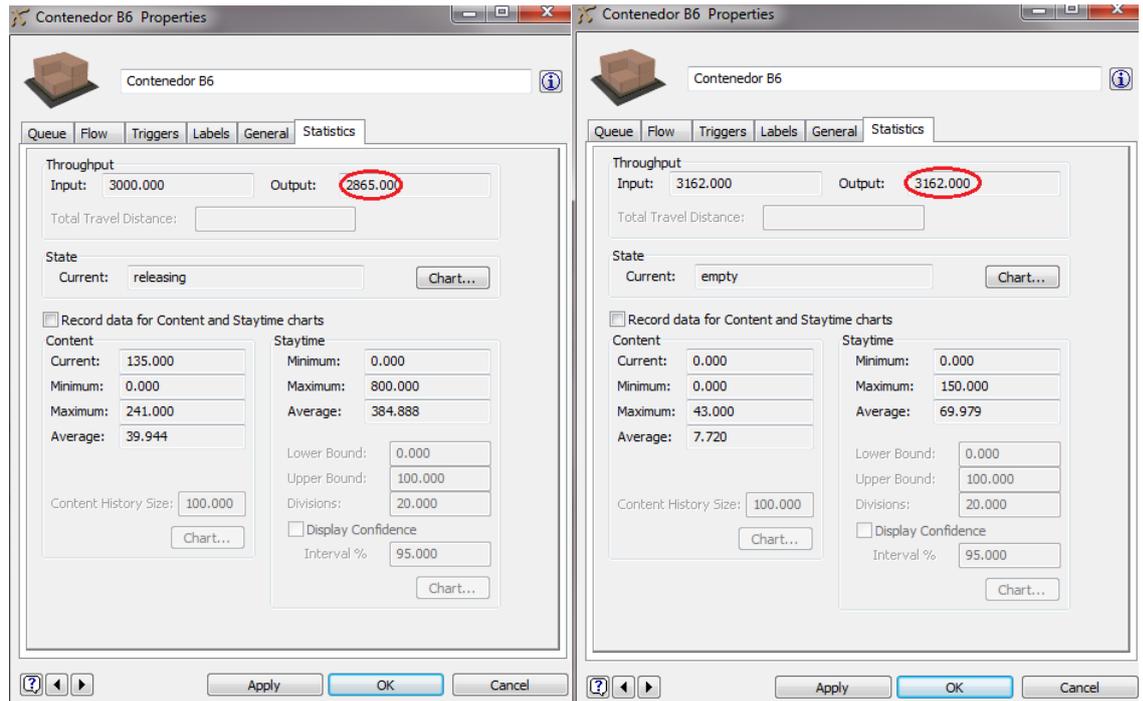
mismo acabado final en el componente luego del pulido final. Aplicando esta mejora y obteniendo el mismo aspecto visual del producto terminado sin el proceso de granallado, el flujo del producto en proceso es incrementado, permitiendo mejorar el número de productos terminados en un turno.



Con el Proceso de Granallado



Sin el Proceso de Granallado



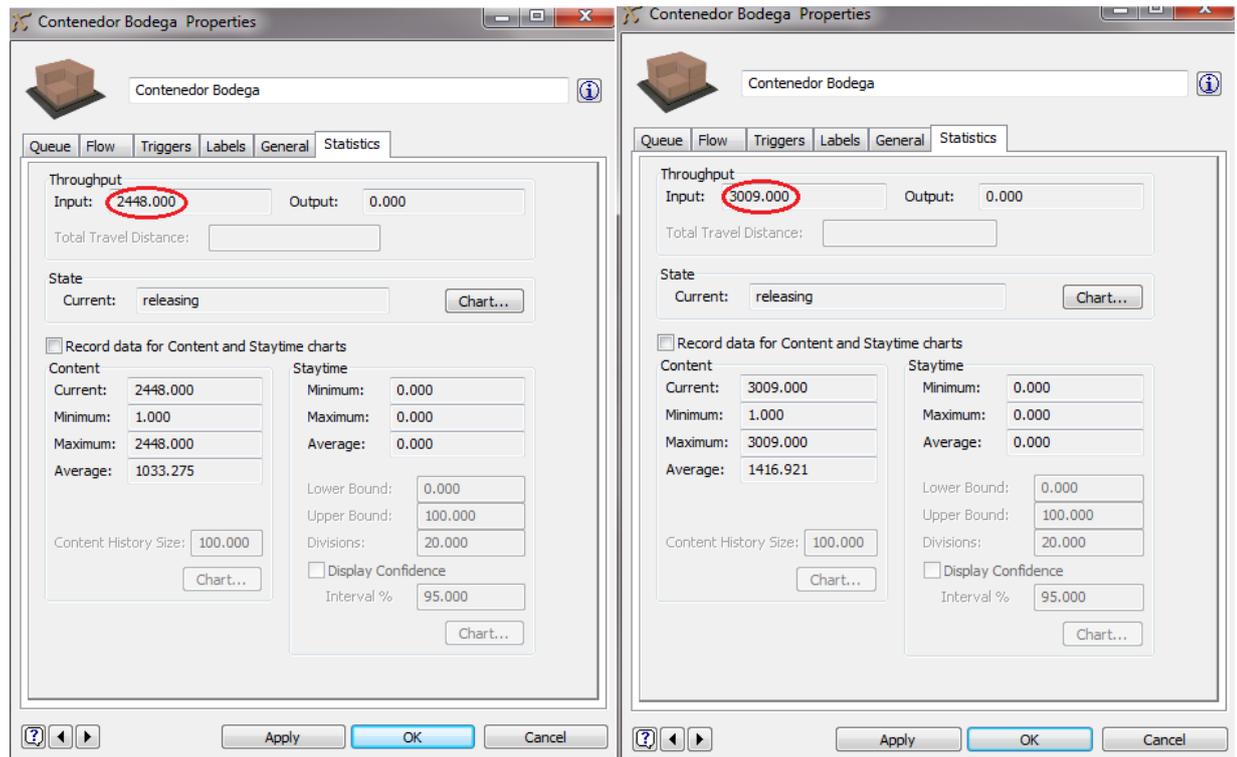
Antes de la Mejora

Después de la Mejora

Antes del proceso de pulido de superficie existe una cola para los productos en proceso, donde podemos notar que con eliminar el proceso de granallado y readecuar el flujo según la mejora (a), se incrementan en 747 el número de productos en proceso.

- c) Debido a que el cuello de botella de este modelo es el proceso de inyección, hemos pensado en presentar una alternativa para mejorar este problema, la cual consiste en habilitar dos inyectoras más que son propiedad de la empresa PRES FORJA S.A. Sin embargo no hemos realizado este cambio en la simulación ya que este proceso es costoso, y lo dejamos a consideración del dueño de la entidad. La propuesta de ubicar dos inyectoras más se puede observar en la propuesta de la nueva distribución en planta, ubicada en el Anexo 9.

Con todas las propuestas de mejora establecidas para el proceso de producción de bases inyectadas podemos observar el incremento final de producto terminado.



Antes de la Mejora

Con la Mejora

Se puede observar como el número de productos terminados en un turno de trabajo aumentan en 561 con las mejoras propuestas.

6.3.2.4 Propuesta Global de Mejora en la Distribución en Planta

Una vez estudiadas todas las propuestas de mejora, se puede establecer una propuesta de distribución en planta adecuada para el flujo tanto de los productos en proceso como del personal, el cual permita maximizar el número de productos terminados en todas las líneas.

Esta propuesta de distribución en planta se encuentra en el Anexo 9, mientras que los nuevos flujos de los productos con esta distribución propuesta se encuentran en el Anexo 10.

6.3.3 Conclusiones

- ✓ La simulación facilita notablemente el trabajo de establecer propuestas de mejora, pues si bien es cierto es el analista quien debe saber que se debe cambiar, incrementar, quitar o corregir, es el simulador el que le permite realizar todas las pruebas que desee y correrlas simultáneamente para observar los resultados de cada una de ellas, y con base en esos datos tomar decisiones acertadas para realizar cambios en la realidad, que colaboren con los objetivos de la empresa.
- ✓ En relación a la hipótesis de mejorar en un 10% la producción de la empresa PRESS FORJA S.A podemos decir que:

Un turno de Trabajo	Prod. Ter. sin Mejoras	Prod.Ter. con Mejoras	# de Prod. Incrementado	% de Incremento
Tapillas Esmaltadas	3921	4537	616	15,71%
Espartallamas	4700	6100	1400	29,79%
Bases Inyectadas	2448	3009	561	22,45%
Total de Productos	11120	13697	2577	23%

Tabla de Productos Terminados Fuente: Los Autores

Una vez que hemos observado cómo se comportan los productos en cada una de las líneas de producción y cuál es su incremento con respecto a los modelos sin mejoras, podemos decir que como se aprecia en la tabla de productos terminados, la planta tiene un incremento del 23% en sus niveles de producción, es decir que es capaz de producir el 23% más de sus productos en combinación; sobrepasando en un 8% a las expectativas de la hipótesis planteada.

Bibliografía

- Real Academia Española, *Diccionario de la Lengua Española* – Vigésima Segunda Edición, España, 2001
- CREUS SOLÉ, Antonio, *Simulación de Procesos con PC* – primera Edición, Editorial Marcombo, España, 1989
- COSS BU, Raúl, *Simulación, Un Enfoque Práctico* – vigésima Edición, Editorial Limusa S.A, México, 2003
- BARCELO, Jaime, *Simulación de Sistemas Discretos* – primera Edición, Editorial Isdefe, Madrid – España, 1996
- CHARLES, Harrell; BIMAN, Ghosh; ROYCE, Bowden, *Simulation Using Promodel*, primera Edición, Editorial McGraw-Hill, Estados Unidos, 2004
- REUVEN Y, Rubinstein, *Simulation and the Monte Carlo Method* - Editorial John Wiley, New York - Estados Unidos, 1981.
- BARCELO, J; J. Casanovas, *Simulación y Modelización de Sistemas*, en: *Panorama Informático*, editorial FESI, 1996.
- BERTRAND, Hansen; PRABHAKAR, Ghare, *Control de Calidad Teoría y Aplicaciones*, Editorial Díaz de Santos S.A, Madrid – España, 1990.
- Tutoriales incluidos del Software “Flexsim Manufacturing 4.0”
- <http://www.flexsim.com/>
- VAUGHN R.C, *Introducción a la Ingeniería Industrias* – Segunda Edición, editorial Reverte S.A, Barcelona – España, 1988
- HEIZER, Jay; RENDER, Barry, *Principios de Administración de Operaciones* - Quinta Edición, Editorial Pearson, México, 2004
- FOLLONOSA I GUARDIET, Joan, *Nuevas Técnicas de Gestión de Stocks: MRP y JIT* – Primera Edición, Editorial Macombo, Barcelona – España, 1999
- KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry, *Administración de Operaciones. Estrategia y Análisis* - Quinta Edición, Editorial Pearson, México 2000
- ELWOOD, S. Buffa, *Administración y dirección técnica de la Producción* - Cuarta Edición, Editorial Limusa, México, D.F., 1982
- GONZÁLEZ, Ruiz Lucinda, ESPRIU, Torres José, *Instructivo Teórico-Práctico de Análisis Sistemático de la Producción I*, México D.F., 2001,

- KRICK, Edward V., *Ingeniería de Métodos* - Primera Edición, Editorial Limusa, México D.F., 1961.
- NIEBEL, Benjamin, FREIVALDS Andris, *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*, Décima edición, Editorial Alfaomega, México, D.F., 2001.
- GARCÍA CRIOLLO, R. *Estudio del trabajo, Vol II* - Primera Edición, Editorial. Mc Graw – Hill, México, 1998.
- ALFORD. L.P.; BANGS, John R, *Manual de la producción* - Segunda Edición, Editorial Hispano Americana, México, 1969.
- BARNES, M. R, *Estudio de tiempos y movimientos* - tercera edición, Editorial Aguilar, Madrid, 1961
- KANAWATY G., *Introducción al Estudio del Trabajo*, Cuarta Edición, Oficina Internacional del Trabajo, Ginebra, 1996
- CUEVA Pilar, *Manual de Administración de Recursos Humanos*, Módulo I, 2009
- VILLEGAS Ana, *Diseño de un Manual de Procedimientos*, Escuela Politécnica Nacional, 2008
- HARRINTONG, H, G, *Mejoramiento de los procesos de la Empresa*, Ed. Mc Graw Hill, Bogotá 1993
- CORDERO Yolanda, *Área de Gerencia Gubernamental*, 2010, www.ogp.gobierno.pr/html/GG_E008.html
- GUERRERO Diana, *Manual de Calidad Press Forja S.A.*, 2006
- SEMERIA Walter, *Plan Operativo para los objetivos de Calidad*, 2006
- PEREIRO Jorge, *Como hacer un mapa de procesos*, 2008, www.portalcalidad.com
- SOTO Lauro, *Diagrama Proceso Operaciones* , 2010, www.mitecnologico.com

Anexo 1

(Cartera de Productos)

1.1 Esparta Llamas

Modelo: Indurama Plano



Modelo: Indurama Ranurado



Modelo: Ecogas



Modelo: Durex



Modelo: Ecasa



Modelo: OH



Modelo: Mabe



Modelo: Económica



1.2 Bases Inyectadas Dentadas

Modelo: 5/8" Perforada



Modelo: 3/4" Perforada



1.3 Tapillas Enlozadas

Modelo: Indurama Esmaltada



Modelo: Ecogas Esmaltada



Anexo 2

(Diagramas de proceso)

Anexo 3

(Distribución en Planta)

Anexo 4

(Estructura de los componentes)

Anexo 5

Anexo 6

(Estudio de Tiempos)

Anexo 7

(Diagrama de Hilos)

Anexo 8

(Cálculo de Capacidades)

Anexo 9

(Propuesta de Mejora de Distribución en planta)

Anexo 10

(Propuesta de Diagramas de Hilos)