

Simulación de propuesta de mejora para línea de producción en la empresa RT Automotriz, mediante software FlexSim

RESUMEN: El rediseño de la distribución y manejo de materiales de una línea de producción basado en el análisis del proceso de manufactura mediante el software de Simulación de procesos FlexSim®, que fue validado mediante el uso del software para análisis estadístico Minitab®, permitió apreciar el desempeño de una propuesta de mejora que incrementa significativamente la productividad en la línea.

La estrategia de emplear la simulación de procesos para la mejora de los mismos, permite experimentar diversos escenarios sin irrumpir en el mundo real e implementar los cambios considerados mediante el análisis de modelos virtuales que sean representativos de la mejor situación o del efecto deseado en el sistema a simular. Considerando lo anterior, mediante el software de simulación se analizaron los resultados obtenidos en el incremento en la capacidad productiva general de la línea de un 8% ante las siguientes acciones: disminuir considerablemente recorridos y actividades de manejo de material, disminuir la cantidad de materia prima en proceso y dar énfasis en la operación eficiente de la restricción del sistema, determinada mediante el análisis del modelo. Parte de los resultados obtenidos es que el modelo ha servido de base a la empresa para redefinir sus estrategias para el incremento de la producción.

Palabras clave: mejora de procesos, simulación, transporte de materiales, FlexSim, estudio de tiempos y movimientos, Modelo.



Colaboración

Daniel Napoleón Gómez Balbuena, Rebeca Guadalupe Ortiz Mena, Armando Olvera Jiménez, Yaraset Reyes Sanchez, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan

ABSTRACT: The distribution and materials handling for the redesign of a production line, based on the manufacturing process analysis by process simulation software FlexSim®, which was validated by statistical analysis Minitab software, allowed to appreciate a proposal performance which significantly increases the productivity line.

The strategy of using process simulation to improve them can experience various scenarios without breaking into the real world and implement the changes considered by analyzing virtual models that are representative of the best position or desired effect on the system to simulate.

Therefore, through the simulation software has been analyzed the outcome results in the increase of the general productive capacity of the 8% line by the following actions: considerably reduce paths and material handling activities, redefine the raw material process and to give emphasis on the efficient operation of the system's constraint determined by analyzing model. Some of the results are that the model has served as a company basis, to redefine their increasing production strategies.

Keywords: simulation, FlexSim, process improvement, material handling.

INTRODUCCIÓN

La simulación es una técnica para el análisis y modelado de sistemas, generalmente por medio de una computadora con software apropiado, es un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas dinámicos de todo tipo para poder analizarlos, evaluarlos y mejorarlos. Usada desde hace más de 50 años para aplicaciones comerciales, su importancia e influencia en la toma de decisiones ha ido en

constante aumento, a la par que su grado de complejidad disminuye. Son muchas las empresas de todos niveles y de varios países las que la utilizan. Y esto está en relación directa al mejor entendimiento que se tiene de dicha herramienta, la baja de los costos tanto en equipos de cómputo como software y los avances en la tecnología de la computación.

Nos permite tomar una situación ya sea real o hipotética que sea de interés, replicarla mediante algún software de simulación, y experimentar en un ambiente que no implica riesgos físicos o económicos, tantas veces como se desee y con tantos cambios como el programador sea capaz de implementar en la simulación.

Una vez realizados los experimentos deseados, podemos analizar los resultados obtenidos durante la simulación, y en base a éstos, tomar decisiones cuyo impacto sea entonces ya previsto.

Con el objetivo de atraer nuevos clientes e incrementar su margen de utilidad, la empresa RT Automotriz, S.A. de C.V., ubicada en el municipio de Nopala de Villagrán, localidad de San Sebastián Tenochtitlán., Hgo., México, dedicada a la manufactura de productos troquelados para el sector Automotriz, emplea como estrategias para la mejora de la calidad y de la productividad, la renovación de su equipo de proceso, el aumento de la mano de obra y el incremento de horas de producción. Estrategias que implican la reducción del margen de utilidad y que no necesariamente representan la mejor alternativa. Ante un incremento sustancial en los requerimientos de su cliente principal, la empresa buscó apoyo en el Instituto Tecnológico Superior de Huichapan (ITESHU) para realizar un análisis de uno de sus procesos productivos y determinar la forma más adecuada para elevar el nivel de producción en la línea del Bead Plate, donde se realizan operaciones de troquelado, torneado, maquinado y planchado de dicha pieza, requerida como base en las bolsas de aire de tractocamiones.

Ante el reto, se decidió utilizar la herramienta de Simulación, como base de experimentación para la prueba de distintos escenarios entre los que se contemplaban las propias estrategias ya mencionadas de la empresa para el incremento de la productividad. Los datos obtenidos al analizar la línea de producción sirvieron de base para la elaboración de un primer modelo de simulación por software, que simula la situación actual, desde un primer proceso en la Prensa Troqueladora número 23, donde la materia prima base, recibida en rollos de metal, es cortada en forma circular; hasta la Troqueladora número 10, procesos durante los cuales se conforma el plato con dos barrenos, un bisel y un tratamiento para alinear la base. Mediante estudio de tiempos y movimientos, procedimiento que usa cronometro para establecer están-

dares [1], se determinaron los tiempos ciclo de cada operación, los cuáles se representan en el gráfico 1, donde se aprecia que el proceso de torneado representa la restricción del sistema, razón por la cual la directiva de la empresa contemplaba para el incremento de la capacidad productiva la compra de otro torno. Con base a lo anterior, el enfoque principal de este proyecto para cumplir los objetivos tendientes a incrementar la capacidad productiva, se centraron en la mejora substancial del proceso de torneado.

MATERIAL Y MÉTODOS

¿Por qué utilizar la simulación de procesos?. "La complejidad en la operación de los sistemas de producción y servicios de la actualidad requieren de una modelación cada vez más apegada a la realidad, que permita un análisis profundo y detallado. Por ello, herramientas que permitan modelar esta complejidad se hacen relevantes y necesarias" [2]. "La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema" [3].

Para el desarrollo del proyecto se utilizó simulación mediante software FlexSim®, "Flex-Sim® es una potente herramienta de análisis que ayuda a los ingenieros y programadores a tomar decisiones inteligentes en el diseño y operación de un sistema, a través de la elaboración de un modelo de computadora de tres dimensiones de un sistema de la vida real, y a continuación, estudiar ese sistema en un marco de tiempo más corto y con menor coste que con el sistema actual" [3].

El planteamiento del problema se centra en las siguientes dos preguntas de investigación: ¿La redistribución de la línea de producción basada en el modelo inicial, permitirá incrementar el nivel de producción de la empresa RT Automotriz?

¿Qué impacto tendrá en el nivel de producción de la empresa RT Automotriz mejorar el manejo de la materia prima en proceso?. Como Soporte Teórico para la construcción de un modelo de simulación, que permitiera analizar la situación actual de la línea de producción del Bead Plate, se aplicó la metodología estructurada para la realización del modelo propuesta por [2] (ver figura 1).

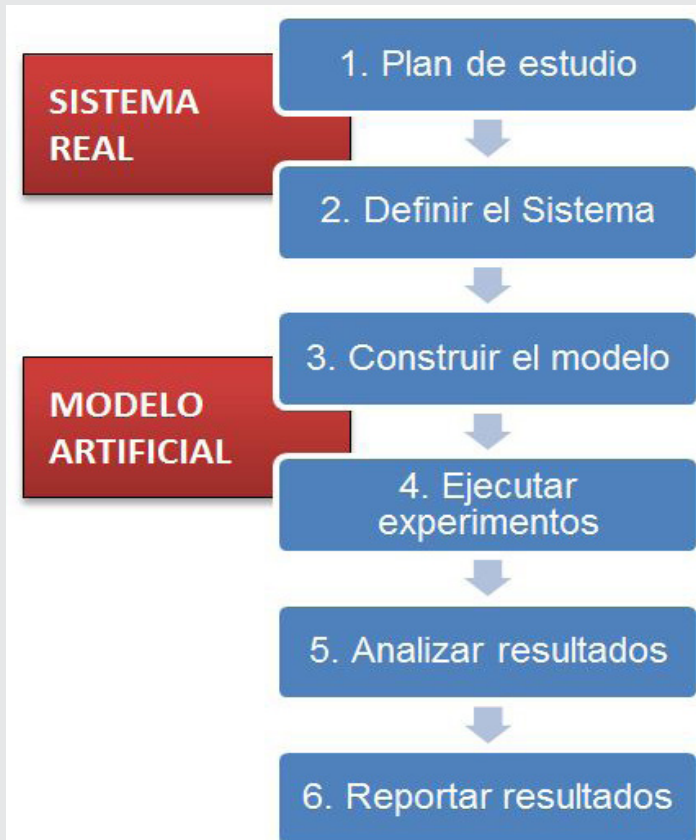


Figura 1. Metodología para construir un modelo de simulación. [2]

Desarrollo de la Investigación

A. Plan de estudio.

En esta etapa se definieron los objetivos generales y específicos del estudio, las configuraciones del sistema a ser modeladas, las medidas de desempeño que permitirán evaluar las diferentes configuraciones del sistema, el marco de tiempo, los recursos y el software a ser utilizado. Todos elementos indispensables para el desarrollo del modelo.

En cuanto al software, se eligió FlexSim® dada su característica de modelación en tres dimensiones para lograr una mejor visualización del área bajo estudio y poder presentar de manera más representativa los cambios propuestos al empresario.

1) Como primer paso de ésta etapa se definieron los objetivos del Modelo y del proyecto de investigación.

Objetivo General. Incrementar la capacidad productiva de la empresa RT Automotriz en un 15%, en la línea de producción del Bead Plate, basándose en análisis por software para simulación de procesos.

Objetivos Específicos. Desarrollar un modelo que simule las mejoras sugeridas mediante el análisis del modelo base.

Mejorar el flujo del manejo de material en la línea de producción del Bead Plate.

Disminuir el desperdicio en movimientos derivados por las actividades de carga y descarga de materia prima en proceso en los tornos.

2) Después de definir los objetivos, se identificaron las restricciones y el alcance para la elaboración del Modelo en torno a los recursos para la elaboración del mismo.

Tiempo disponible para la toma de tiempos (2 horas una vez a la semana durante 5 semanas de 9am a 11am)
 Tiempo disponible para la programación en Software FlexSim® del Modelo (2 hrs diarias de Lunes a Viernes)
 Tiempo asignado para la elaboración del modelo del sistema original y el modelo propuesto: 2 meses.

El modelo está delimitado a los procesos de la línea del Bead Plate, desde la Prensa Troqueladora número 23, donde la materia prima base es recibida en rollos de metal y es cortada en forma circular; hasta la Troqueladora número 10, procesos durante los cuales se conforma el plato con dos barrenos, un bisel y un tratamiento para alinear la base. No son consideradas actividades como la entrega de producto terminado al área de almacén ni los posteriores a éste, dado que no son significativas para el incremento de la producción.

3) Conocer especificaciones del modelo. Se mencionan algunas (las que permite publicar la empresa):

Horario de trabajo

lunes a viernes de 7:00 a 17:00 horas.

Abastecimiento de materia prima a la línea de producción

10,000 toneladas de Hoja de Acero ... (Se omite el tipo), 1 vez por mes.

Operadores

Descanso. 1 Hora. De 10 a 10:30 am

Velocidad desplazamiento de materia prima:

- 6.4 Km/h (Sin Carga)

- 5 Km/h (Con Carga)

Capacidad de carga de contenedores

Tornos y troqueladora número siete. Contenedores de 200 piezas (que deben ser llenados antes de pasar al siguiente proceso).

Troqueladoras Núm 10, 11 y 12. Contenedores de 30 piezas. Con una carga promedio de 10 piezas.

Cambio de herramental en Tornos. Cada 4 horas (4 veces por turno) con una duración de 20 a 30 min.

Tiempo Muerto en Tornos. 1 hora al día debido a causas asignables a los operadores.

4) Desarrollar Planeación.

La planeación y la definición de actividades se realizaron, apoyándose en el software MS Project. Se siguió la estructura de éste, al definir en base a la metodolo-

gía de 6 pasos, 6 fases principales y según cada paso, fueron las actividades a desarrollar, los recursos asignados a cada actividad fueron miembros del equipo conformado por personal de ingeniería de la empresa y personal docente y alumnos de la carrera de ingeniería industrial del ITESHU, también se definió para cada actividad las fechas programadas de inicio y fin y también las relaciones de comienzo y fin entre actividades.

B. Definir el sistema

Para la construcción del modelo de simulación se debe definir el sistema real bajo estudio mediante la obtención de datos, con el objeto de que el modelo de simulación represente lo más cercano posible la realidad del proceso.

1) Determinar Información Requerida. Se listan los datos necesarios para la elaboración del modelo:

Medidas

- Dimensiones del producto en cada paso del proceso
- Dimensiones del Área de la línea de Producción
- Dimensiones de cada uno de los equipos de la línea de producción
- Dimensiones de todos los contenedores
- Distancias y rutas recorridas por los operadores en cada operación

Tiempos

- De Proceso para cada estación
- De carga y descarga de materia prima en cada estación
- De cambio de modelo.
- De recorrido por los operadores en cada operación.
- De cambio de herramental en los tornos
- De carga de los contenedores.
- De acomodo de materia prima

Variables

Variable dependiente

- Número de piezas producidas en la línea durante un turno de trabajo

Variables independientes

- Tiempos de ciclo de cada una de las estaciones involucradas en el proceso
- Tiempo que utilizan los operarios en traslados de material en proceso

2) Recabar Datos de Fuentes apropiadas de información.

Como herramienta de apoyo para la recolección de datos y todo lo concerniente al proceso de fabricación del Bead Plate, se tomó un video de cada estación para identificar las principales operaciones realizadas en cada proceso y determinar las rutas de transporte. Siendo el proceso de manera general como sigue:

1. Recepción e inspección de lámina de acero
2. Transporte hacia Troqueladora Núm. 7.
3. Troquelado para conformar Plato

4. Transporte hacia Tornos 13 y 25 mediante una banda transportadora.
5. Torneado de plato para formar bisel en orillas
6. Transporte hacia Troqueladora Núm. 12 mediante la banda transportadora.
7. Engrasado
8. Troquelado para barreno 1
9. Troquelado para barreno 2
10. Aplanado
11. Inspección
12. Almacén

La recolección de los datos se realizó a lo largo de un período de 5 semanas. Realizada la recolección de los datos, se procedió a analizarlos estadísticamente utilizando el Software Minitab® y el de SatFit® para determinar los tipos de distribuciones estadísticas a emplear para simular el comportamiento de cada proceso y posteriormente incluirlos en el modelo de simulación.

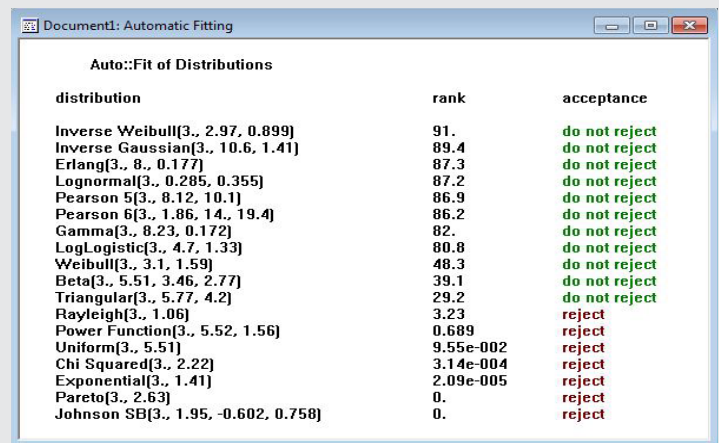


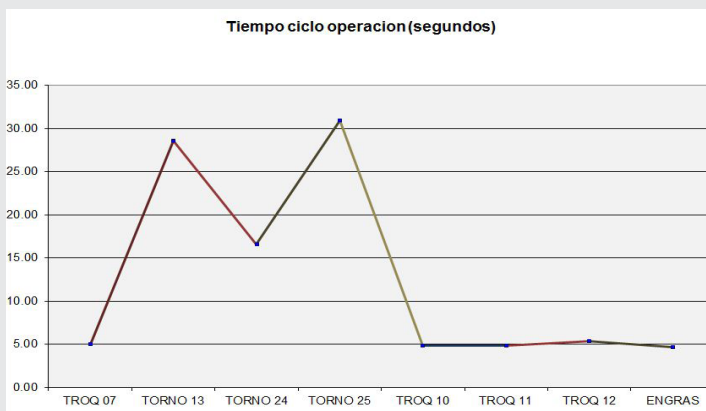
Figura 2 Determinación de las distribuciones estadísticas del modelo

C. Construcción del modelo

Partiendo del modelo base, representativo del sistema actual se procedió a realizar la construcción del modelo con la propuesta de mejora, incorporando cambios que cumplirán el objetivo de incrementar la capacidad productiva en un 15%.

El desarrollo del modelo de la situación propuesta está bajo las siguientes premisas:

1. Se identifica mediante estudio de tiempos y movimientos, procedimiento que usa cronometro para establecer estándares [1], la restricción principal del sistema que es el área de torneado. (Ver gráfica 1). Es notorio el desbalance productivo entre el área de torneado y el resto de la línea de producción. Mientras que los tres tornos de la empresa promedian una pieza cada 25 segundos aproximadamente, el resto de la línea demanda un tiempo de ciclo alrededor de 5 segundos, lo que genera un cuello de botella en el área de tornos.



Gráfica 1 Tiempos de ciclo

2. Al identificar la restricción del sistema, se determinó que la mejor estrategia para incrementar los niveles de productividad, debía enfocarse al rediseño de la distribución de la línea de producción y las actividades de manejo de material. Considerando que: “El diseño o distribución inadecuado de una planta puede aumentar de manera considerable el costo de la manufactura y alargar el tiempo de salida, los tiempos de montaje y los inventarios durante el proceso, así como contribuir a la ineficiencia en conjunto de las operaciones” [4].

“El diseño de las instalaciones de manufactura y manejo de materiales afecta casi siempre la productividad y a la rentabilidad de una compañía, más que otra decisión corporativa importante” [5].

3. En la construcción del modelo propuesto, se utilizaron como base los dibujos en 3D del layout de la planta de y de los equipos del proceso utilizados en el modelo base, que fueron desarrollados mediante el software de diseño SolidWorks® Ver. 15 y posteriormente exportados como FlexSim® objects para que el modelo fuera visualmente muy representativo de la propuesta de mejora.

Simulación del proceso de fabricación.

Locaciones: En la siguiente figura, se muestra el layout del modelo propuesto.

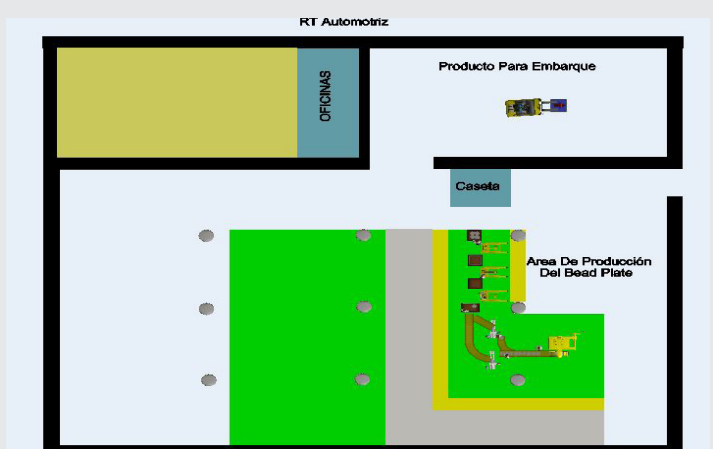


Figura 3 Modelo propuesto con mejoras

Entidades:

Plato o materia prima como única entidad

Rutas de Transporte.

1. Desde la Troqueladora 7 hacia la banda transportadora.
2. De la banda transportadora hacia los tornos.
3. De los tornos hacia la banda transportadora de salida
4. De la Banda transportadora de salida hacia el área de engrasado
5. Del área de engrasado a la Troqueladora 10.
6. De la Troqueladora 10 a la 11.
7. De la Troqueladora 11 a la 12.
8. De la Troqueladora 12 hacia el almacén.

Los recorridos que se eliminan con el modelo propuesto se muestran a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Recorridos eliminados

Recorrido	Distancia(m)
Troqueladora 07 – Torno 13	9.08
Troqueladora 07 – Torno 24	14.73
Troqueladora 07 – Torno 25	5.50
Torno 13 – Troqueladora 12	9.70
Torno 24 – Troqueladora 12	17.70
Torno 25 – Troqueladora 12	6.40
TOTAL	63.11

Recursos para interactuar con las entidades.

- Operadores de tornos
- Operadores de Troqueladoras
- Montacargas hacia almacén.

Llegadas de Material.

Se definió una sola llegada de material de la Troqueladora 07 a la banda transportadora correspondiente, no se simula la llegada de material como se hace en la línea, debido a que los dos primeros procesos de troquelado tienen una capacidad de producción mucho mayor que los demás procesos, abasteciendo de manera continua e ininterrumpida la línea, con lo que el enfoque sería nivelar la producción en base a la salida de estos procesos.

Programación de los movimientos de los recursos

Esta parte fue esencial para demostrar los cambios entre el modelo base y el modelo propuesto, los recorridos que se realizaban de la Troqueladora 07 hacia el WIP (materia prima en proceso) que alimentaba a los tornos y de estos hacia el área de engrasado, suman más de 60 m. Mediante la implementación de bandas transportadoras, se eliminan dichos recorridos por parte de los operadores, (ver figura 4). Los demás recorridos no son significativos y se realizan entre los equipos con Tiempo de ciclo más bajo (Troqueladoras 10, 11 y 12).

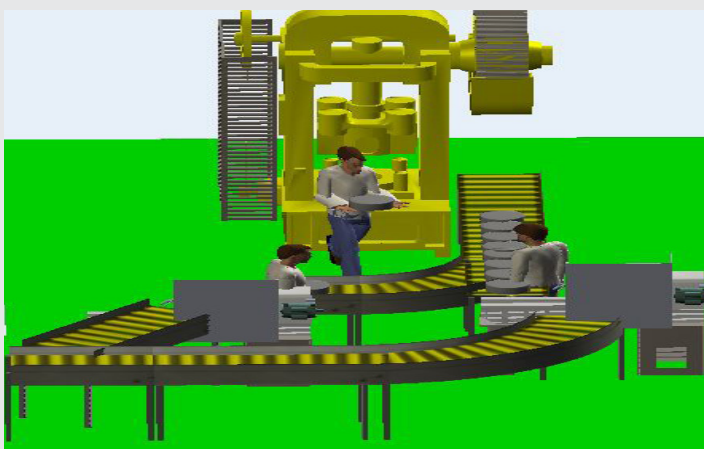


Figura 4 Mejoras en el manejo de material, área tornos

La operación de descarga de los Tornos hacia el área de engrase se efectúa en cuanto el operador termina el proceso de torneado en la pieza, toma la pieza y la deposita sobre el sistema de descarga por rodillos propuesto a la empresa, mismo que se localiza a la mitad de cada torno en la parte superior y con una caída de 15° (ver figura 4), a diferencia del sistema actual en el que se acumulan 200 piezas en el contenedor de salida y lo que conlleva en tiempo perdido de operación al sumarse una actividad más en la restricción del sistema: El llenado de contenedores.

Se emplea la regla de ruteo FIRST AVAILABLE, que significa que el movimiento se hace en cuanto el recurso (operador) esté en condiciones de hacerlo, (ver Figura 5).

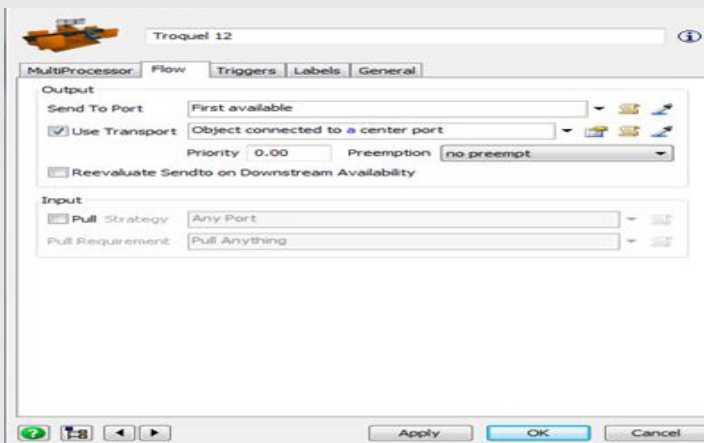


Figura 5 Reglas de ruteo empleadas en el modelo

Para los movimientos de entidades o recursos se utilizaron instrucciones como "Connect Center Ports" y los parámetros y la distribución que mejor simulan el comportamiento real de los elementos representados.

D. Ejecutar experimentos

Se realizaron 100 réplicas, cada una de 10 horas, representativas de 1 día de trabajo. El tamaño grande de réplica es una de las bondades de la simulación, el poder experimentar el tiempo que se desee a un costo mínimo.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La Tabla 1 mostró las distancias entre procesos, donde se aprecia que las operaciones de carga y descarga de los tornos ocupan más de 60 m. Al localizarlos junto al área de engrase e implementar el sistema de carga y descarga por rodillos, el modelo con las mejoras muestra un incremento en la capacidad productiva general de la línea del 8% utilizando dos tornos y considerando los tiempos de ciclo actuales (existe una diferencia de 5 minutos por diferencias entre las operaciones de los tornos), al estandarizar las operaciones en los tornos (considerando el tiempo de ciclo menor para ambos) se logra un incremento de la producción del 12%. Por último, la automatización de la operación de sujeción en los tornos, implica una reducción del 5% en su tiempo de ciclo, y un incremento del 17% en la capacidad productiva. La estimación del incremento de capacidad productiva, se realizó de manera conservadora y el reporte de resultados fue entregado al empresario junto con las cotizaciones de los cambios implicados. La figura 6, muestra la sesión de entrega de resultados frente a personal académico y administrativo del ITESHU por parte del equipo de trabajo conformado por docentes y alumnos, al personal de la empresa con quienes se sigue trabajando en la automatización de los tornos para incrementar aun más la capacidad productiva.

Esto último como consecuencia del uso de la simulación de procesos, analizando una situación real, identificando los puntos clave de mejora y diseñando un modelo que permitiera experimentar diversos escenarios hasta encontrar el mejor y proponerlo de manera objetiva.



Figura 6 Entrega de resultados a empresario

Las siguientes acciones forman parte de la estrategia para el incremento de la capacidad productiva.

1. Eliminar las maniobras innecesarias por los operadores del área de torno para la RECEPCIÓN de material, proveniente de la Troqueladora 07 mediante la implementación de un sistema de descarga.
2. Reducir las maniobras necesarias por los operadores del área de torno para la entrega de material hacia la Troqueladora 10 mediante un sistema de descarga.

3. Reubicar los tornos 13 y 25 a un lado del área de engrasado.
4. Automatizar la operación de sujeción del plato en los tornos.
5. En las operaciones finales (troqueles 10, 11 y 12) asignarles a los operadores actividades que descarguen a las operaciones en los tornos.
 - a. Afilado de herramientas
 - b. Preparación del herramental necesario para los cambios de modelo
 - c. Limpieza a los equipos de la línea

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Freivalds y B. W. Niebel, *Manufacturing Facilities Design and Material Handling*, 13a ed., McGraw-Hill Education, 2013.

[2] E. García, H. García y L. Cárdenas, *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*, 1a ed., México: Pearson, 2006.

[3] Flexsim, (2014). Consultado el 15 de abril de 2015. Página web del sitio de FlexSim: <http://www.flexsim.com>,

[4] D. Sule, *Instalaciones de Manufactura*, 2a ed., Thomson Learning, 2011.

[5] F. E. Meyers y M. P. Stephens, *Manufacturing Facilities Design and Material Handling*, 3a ed., Pearson, 2005.