

---

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

#### 5.1 Análisis de factibilidad de propuestas de mejora

##### 5.1.1 *Resumen de Propuestas obtenidas del Optquest*

La función del Optquest como he mostrado en este proyecto es la de optimizar una función objetivo modificando los valores de algunas variables que puedan ser modificadas de acuerdo a restricciones de capacidad de producción y restricciones impuestas por la empresa; los nuevos valores que tomarán estas variables van de un rango mínimo a uno máximo delimitado por la empresa de acuerdo a qué y cuánto es factible de variarlas.

Las propuestas generadas a través de la optimización del Optquest como comenté en el Capítulo anterior deben de ser implantadas conjuntamente para lograr el beneficio de la optimización de la función objetivo que en este caso fue la de disminuir el tiempo total de proceso. Aplicando las propuestas de mejora obtenidas a partir del Optquest la disminución del tiempo total de proceso es de 9.94 horas, lo que representa el 2.1% del tiempo total de proceso de 475 horas. Además de este beneficio en la reducción del tiempo total de proceso otra propuesta es mejorar la comunicación entre el almacén CF y las máquinas B la cual traerá un beneficio adicional de incrementar la eficiencia de las máquinas B en un 5%. A continuación presento una tabla resumen de estas propuestas de mejora que resultaron factibles de acuerdo a las restricciones que fueron impuestas por la empresa con respecto a la modificación de variables que hice con el optimizador Optquest de Arena:

**Tabla Resumen de Propuestas de Mejora Factibles**

Propuestas	Inversión (MXP)	Beneficio	Ejecución	Recuperación de Inversión
<b>Dispositivo de focos para mejorar comunicación entre almacén CF y máquinas B</b>	No se haría una inversión, la empresa cuenta con recursos disponibles para crear este dispositivo.	Se aumentará la eficiencia de máquinas B un 5%, disminuirá el tiempo total de proceso en 9.94 horas (2.1% del tiempo total). Reducirá inventarios en proceso. Esta propuesta debe estar combinada con la de aumentar máquinas B y velocidad de máquinas T para obtener el beneficio.	1 semana	N/A
<b>Capacitación Ley FIFO en almacén CF</b>	N/A	Reducirá los inventarios en el almacén CF, el ideal es que llegue a 1 día de inventario y actualmente hay inventario de hasta 10 días.	1-2 semanas	N/A
<b>Incrementar la cantidad de máquinas B</b>	La empresa acaba de hacer una orden de compra de máquinas B y su costo es información confidencial.	Reducirá inventario en proceso y tiempo total de proceso en un 2.1%. La optimización de la simulación dice que se aumenten 2 máquinas B. Esta propuesta tiene que estar combinada con el incremento de velocidad en máquinas T y el dispositivo de focos para obtener el beneficio.	2-4 semanas	N/A
<b>Incrementar la velocidad de las máquinas T</b>	N/A	Disminuiría inventario en proceso y reduciría el tiempo total de proceso en un 2.1%. El software simuló que se aumente la velocidad de dos máquinas T que se estén usando, una en un 6.1% y otra en 8.5%. Esta propuesta tiene que estar combinada con el incremento de máquinas B y el dispositivo de focos para obtener el beneficio.	1-2 días	N/A

**Tabla 5.1** Tabla de propuestas de mejora factibles para lograr el objetivo de disminuir el tiempo total de proceso en departamento Q0.

### 5.1.2 *Resumen de propuestas y sugerencias adicionales*

Como petición de la empresa generé propuestas de mejora y sugerencias adicionales que no están directamente relacionadas con optimizar la función objetivo, sin embargo tienen la finalidad de encontrar desperdicios en el proceso y eliminarlos a través de propuestas obtenidas gracias a una lluvia de ideas de varias personas involucradas en el proceso. La metodología que usé para encontrar otros desperdicios fue la de “5M + S + Q” y a partir de la identificación de desperdicios pude comenzar con la lluvia de ideas y generar propuestas de mejora para eliminar estos desperdicios. A partir de las propuestas y sugerencias adicionales presentadas en la sección 4.3.3 seleccioné las que pudieran tener un mayor impacto si se aplicaran:

**Forrar las escaleras al subir a las máquinas M:** Esta sugerencia tiene la finalidad de prevenir algún accidente y se podría utilizar una lija pegada en los escalones y hacer menos resbalosas las escaleras.

**Hacer las charolas más amplias y altas para evitar que la pastilla caiga al suelo:** Esta sugerencia tiene la finalidad de que sea menos probable generar desperdicio de pastilla tirándola al suelo, sin embargo, las charolas actuales son apropiadas si son llenadas cuidadosamente.

**Designar un lugar apropiado para que cuando los mecánicos estén arreglando una máquina coloquen su herramienta:** Este lugar podría ser inclusive un espacio en el suelo que esté pintado para que ahí coloquen sus herramientas mientras trabajan; esto podría evitar algún accidente.

**Colocar una pequeña escalera en el estante de polvos y esencias de máquinas T:** De esta manera se podría evitar algún posible accidente al tomar material de éste estante.

**No existe un espacio destinado a pastilla Q0 en almacén CF, siempre se llena con Q0 y U0 sin una distribución apropiada:** Esta sugerencia se tendría que verificar de acuerdo a la carga del plan de producción semanal y los espacios se asignarían de acuerdo al volumen de producción, y sería variable.

**Colocar hojas de colores de acuerdo al sabor de la pastilla en donde se utilicen para una mejor identificación:** De esta manera los operadores podrían identificar con mayor rapidez el sabor de las pastillas con las que las plataformas son llenadas.

**Dar mantenimiento a las máquinas B y a las llantas de plataformas:** Esta sugerencia se refiere a respetar el plan de mantenimiento programado para disminuir la variabilidad en este proceso y disminuir el riesgo de un accidente con las plataformas.

**Colocar más iluminación en DU 6 ya que la actual es insuficiente:** Esta sugerencia tiene la finalidad de que el operador del DU 6 pueda percatarse con exactitud del estado de la pastilla dentro de la máquina sin tener que abrirla.

**En máquinas B cambiar una báscula que tenga 2 dígitos decimales sería más útil que la actual que tienen solo 1:** Aumentaría la exactitud con la que los operadores miden el peso de la pastilla recubierta.

**Colocar un reloj en el área de máquinas B:** Ayudaría a los operadores a registrar con exactitud la hora y mejoraría la puntualidad de estos.

**Hacer obligatorio el uso de cubre bocas para disminuir el riesgo de contaminación vía oral:** Mejoraría la higiene dentro de las áreas productivas.

**Cambiar escobas por unas más delgadas y largas que puedan llegar a lugares de difícil acceso:** Esta sugerencia tiene la finalidad de mejorar la limpieza en lugares de difícil acceso.

**Instalar letreros con los nombres de las áreas para una mejor identificación para visitas y proveedores:** Ayudaría para que los visitantes identifiquen cada una de las áreas de la empresa.

Sin embargo no todas las propuestas y sugerencias adicionales que presenté en la sección 4.3.3 son factibles debido a diferentes factores. A continuación presento cada una de las propuestas que no son factibles y la razón de su infactibilidad:

**Colocar tapa movable donde se introduce la goma en las máquinas T para evitar accidentes si se sube un colega a la máquina:** Esta idea resultó infactible debido a que la razón por la que un operador podría caerse es por que se tiene que asomar dentro para verificar que hay goma, por lo cual una tapa no serviría para corregir un posible accidente ya que de cualquier manera se tendría que abrir la tapa para hacer esta verificación; sin embargo se puede optar por la colocación de un espejo que refleje el interior donde se introduce la goma y el operador no tenga que subir las escaleras y asomarse dentro, sino observando el espejo puede constatar esto.

**Utilizar una pala de algún material cuando los operadores empujen la goma cuando la introducen a las máquinas T podrían sufrir un accidente:** Ya existe esta herramienta pero no se está utilizando.

**Proteger los motores de las máquinas B con una guarda o con algo para evitar accidentes ya que están cercanos a los colegas:** Los motores de las baterías no podrían ser cubiertos ya que el limitado espacio en el que se encuentran solo perjudicaría el proceso.

**Forrar de lona la parte inferior de los carros donde se transporta la pastilla para evitar que absorba humedad:** Una lona implicaría una posible falta de higiene para la pastilla almacenada en estos carros y se tendría que hacer un estudio para determinar si la cantidad de humedad que absorbe la pastilla tiene algún impacto en el producto final.

**Reconfigurar el número de operadores en las máquinas T:** Actualmente no se cuenta con información necesaria en la empresa para hacer un estudio de este tipo debido a que el cambio en la configuración de las máquinas T es algo que se planea implementar en el mediano plazo.

## 5.2 Conclusión final

El proyecto de control supervisorio en la empresa es un proyecto de gran envergadura que pocas empresas pueden sentirse satisfechas de tener, en esta empresa se está haciendo un esfuerzo enorme tanto tecnológico como intelectual por contar con este proyecto que tendrá grandes beneficios al corto plazo.

El proyecto de control supervisorio busca tener una visualización de cada uno de los procesos de la empresa través de la interconexión de los dispositivos electrónicos que actualmente registran distintas variables en cada máquina del proceso con cada una de las

computadoras conectadas a la red interna de la empresa, de esta manera cualquier persona que ingrese a una computadora conectada a esta red podrá estar enterada de lo que acontece en cada departamento, esto es un beneficio directamente relacionado con la supervisión de los procesos.

La relación del proyecto control supervisorio con Arena pretende que los dispositivos electrónicos que actualmente registran información en cada máquina de proceso y que están siendo estandarizados a la marca Rockwell, estén interconectados directamente al modelo de simulación en Arena, de esta manera el modelo actual ya no será alimentado desde hojas de Excel, ni será necesario utilizar las distribuciones de probabilidad obtenidas, sino que esta información estará siendo llenada automáticamente desde estos dispositivos con información actual de cada proceso, de esta manera se podrá hacer uso del modelo en cada momento que se requiera con información vigente del proceso.

Mi aportación dentro de este proyecto fue la construcción de un modelo de simulación que tuviera la funcionalidad de representar al proceso del departamento Q0 de manera real con diferentes finalidades como: verificar el cuello de botella del sistema, simular un plan de producción que pudiera apoyar al operador a verificar los tiempos de inicio de proceso, final de proceso y la máquina en que se procesaría cada orden de trabajo, además como requisito por parte de la empresa fue optimizar sus recursos actuales, lo cual lo hice gracias al optimizador Optquest de Arena que fue una herramienta de gran utilidad para optimizar una función objetivo que en este caso fue la

reducción del tiempo total de proceso modificando algunas de sus variables dentro de un rango especificado por la empresa y respetando las restricciones de capacidad de las máquinas y de las impuestas por la empresa.

El motivo por el cual la empresa me pidió utilizar el software Rockwell Arena 10.0<sup>TM</sup> se debe a una razón relacionada con la segunda fase del proyecto. La empresa actualmente tiene dispositivos electrónicos que registran distintas variables en cada etapa del proceso, estos dispositivos son fabricados por la compañía Rockwell. Debido a que la segunda fase del proyecto trata acerca de interconectar estos dispositivos directamente con Arena se pretende disminuir cualquier problema que existiese al interconectar estos dos sistemas siendo que los fabrica la misma compañía.

Uno de los objetivos de la empresa al inicio del proyecto era conjuntar los modelos de simulación en Arena de cada departamento en uno solo, sin embargo durante el desarrollo de cada uno de los modelos su complejidad se fue incrementando haciendo su funcionamiento demasiado lento, por lo que conjuntar todos los modelos en uno solo requeriría de elementos computacionales mas potentes que puedan soportar el modelo completo de la empresa, por esta razón este objetivo inicial fue descartado.

Cabe señalar que este modelo de simulación no representa al 100% la realidad debido a que siempre existen variables que no se pueden controlar; sin embargo es un muy buen acercamiento de lo que sucede, por lo que existe una gran área de oportunidad



de mejoras en el modelo referentes a controlar estas variables, lo que puede originar nuevos proyectos en el futuro.

La parte esencial de la Tesis fue desarrollar el modelo de Simulación con el software Rockwell Arena 10.0<sup>TM</sup>, el cual tiene la versatilidad de que la mayor parte de la información con la cual el modelo se alimenta es llenada a través de una hoja de cálculo, en este caso fue Microsoft Excel 2006<sup>TM</sup>, de esta manera el usuario del modelo puede ingresar diferentes valores para diferentes variables que fueron descritas como el tamaño del lote, el monto de la producción y la máquina donde se pretende procesar el producto; posteriormente el software escribe los resultados en otras hojas de cálculo, la información que la empresa me pidió que escribiera son los tiempos de inicio y fin de la producción diferenciados por máquina, con lo que se cumple con el requisito de simular el plan de producción.

Durante el trabajo desarrollado con los programas Arena y Excel tuve distintos inconvenientes debido a que al intercambiar información, como al hacer uso de réplicas en Arena hay que buscar espacios específicos en Excel para que Arena los lea, hay veces que Arena omite replicas y solamente lee algunas, entre otros detalles que hacen compleja su interacción. Otro inconveniente es que cada vez que se quiera hacer uso del modelo en una computadora diferente hay que guardar las hojas de lectura y de salida en esa computadora y desde el modelo en Arena redireccionar cuales serán los archivos de hojas de lectura y salida.

El software de simulación me permitió hacer diferentes corridas optimizando la función objetivo modificando el valor de algunas variables: modificar la velocidad de las máquinas T, adquirir nuevas máquinas B e incrementar la eficiencia en máquinas B. Es de gran importancia señalar cuales fueron las variables a las que les pude hacer modificaciones respetando los rangos delimitados por la empresa. Las cuales fueron las variables donde podría haber un poco de flexibilidad para hacer este tipo de cambios, no se puede modificar cualquier variable. Los beneficios obtenidos con el Optquest optimizando las variables dentro de los rangos establecidos por la empresa fueron:

- Crear un dispositivo a base de focos para mejorar la comunicación entre Cuarto Frío y Baterías aumentará la eficiencia de las máquinas B en un **5%**.
- Adquirir 2 máquinas B e incrementar la velocidad de 2 máquinas T en uso en **un 6.1% y 8.5%** conjuntadas con la propuesta del dispositivo de focos, generará una disminución del tiempo total del proceso en un **2.1%**.
- **Capacitación en Ley FIFO** para disminuir los inventarios en el almacén CF.

Las propuestas de mejora cuya factibilidad fue validada con el Optquest deben ser implementadas al mismo tiempo para obtener el beneficio arrojado por el optimizador; de no ser así el beneficio puede ser muy distinto e inclusive no impactar en el objetivo final del sistema que en este caso es reducir el tiempo total de proceso. Todas las áreas forman parte del sistema y las mejoras que puedan ser implementadas en un área específica no contribuyen directamente a eliminar el cuello de botella del sistema, únicamente son mejoras en esta área. Los cambios para mejorar un área en específico como aumentar su

eficiencia pueden traer consecuencias negativas al sistema como su desbalanceo. Por esta razón hay que probar todas las ideas de mejora a implementarse dentro del Optquest al mismo tiempo para obtener los resultados sin desbalancear el sistema.

Finalmente y como petición de la empresa también generé propuestas de mejora y sugerencias adicionales a las que obtuve con el modelo de simulación, estas propuestas no están ligadas directamente con la optimización de la función objetivo, sin embargo sí tienen beneficio en la eliminación de desperdicios dentro del departamento Q0. Los desperdicios los identifiqué con la metodología “5M + S + Q” y las propuestas de mejora fueron generadas gracias a una lluvia de ideas con personas relacionadas con el proceso en este departamento.

Como comentario final puedo decir que el modelo de simulación será una herramienta de gran utilidad para el proyecto control supervisorio la cual tiene la versatilidad que la información es llenada desde Excel y los resultados también son escritos en Excel por lo que no se necesita capacitación para utilizar Arena, además el modelo tiene una gran utilidad para la identificación de cuellos de botella y generar escenarios futuros de acuerdo a la información que le sea ingresada. En la segunda etapa del proyecto control supervisorio el modelo tomará más fuerza ya que la información se llenará a partir de sus propios dispositivos electrónicos por lo que la información se apegará más a la realidad cada vez que sea usado.