

# **PROPUESTA DE MEJORA PARA REDUCIR EL TIEMPO DE CICLO DE MANUFACTURA EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE CALZADO EN LA CIUDAD DE CALI, INTEGRANDO MÉTODOS DE MODELACIÓN ESTOCÁSTICA DE OPERACIONES**

**CRISTIAN CAMILO BERMEO QUIÑONEZ  
MARIO JOSE SENI MOLINA**

**DIRIGIDO POR:  
ING. FRANCISCO MUÑOZ PRADO**

## **Resumen**

Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar un modelo cuantitativo con el fin proponer acciones de mejoramiento al sistema de manufactura de una empresa del sector de marroquinería para disminuir el tiempo ciclo y aumentar la productividad del proceso.

Para la formulación se aplicaron conocimientos de investigación de operaciones, simulación, herramienta VSM y un modelo estocástico que permitieron diseñar una propuesta, combinando las herramientas mencionadas y exponiendo la criticidad de la variabilidad en esta industria. Al comparar el modelo de simulación con el estocástico se identificaron las variables críticas que inciden sobre el tiempo de ciclo del sistema.

Al identificar las variables críticas se estudia la situación de la mejora mediante herramientas se simulación para presentar una propuesta que disminuya el tiempo el tiempo de ciclo. El análisis que se planteó para este trabajo, podría servir de guía para realizar investigaciones similares en otras empresas del sector.

## **Introducción**

Aprovechando el convenio que tiene ACICAM con la Pontificia Universidad Javeriana Cali y dado a que los autores tienen gran interés en temas como gestión de operaciones, modelación estocástica y simulación, y conociendo el impacto socio-económico que trae la mejora productiva de este sector, tomando en cuenta que se tienen fuertes competidores a nivel internacional como lo son México y China, se tomó la decisión de aplicar estos temas en el sector de la marroquinería. Esta investigación se realizó en la empresa Georgio Sport ubicada en la Nubia Juanchito Santiago de Cali.

Comúnmente la mayoría de las decisiones tomadas en una industria son basadas en la experiencia y la intuición de los administradores o gerentes de turno, por eso es necesaria la realización de análisis cualitativos y/o científicos. Por este motivo los autores decidieron como principal meta diseñar un modelo estocástico, simulando la realidad. De esta manera se espera que las futuras

decisiones sean lo más acertadas posible en base a la información histórica que fue brindada por la empresa.

### Marco referencial

Con el fin de entregar una propuesta de mejora para aumentar la productividad es de suma importancia comprender el mejoramiento de los procesos como el estudio sistemático de las actividades y flujos de cada proceso con el fin de controlarlo. El objetivo es tener las cifras adecuadas y comprender el proceso de forma detalla a fin de tomar decisiones para eliminar procesos innecesarios y controlar distintas variables que afectan el sistema. (Hieller & Lieberman, 2010).

Para entender y dar respuesta al problema que presentó la empresa se abarcan tres grandes temas de investigación; la teoría de colas como primero de estos el cual expone los modelos para el manejo eficiente de las líneas de espera buscando detectar embotellamientos e inventario en proceso encontrando equilibrio entre los tiempos de procesamiento, evitando que sean muy altos con un aumento excesivo de los costos, y los tiempos de espera para reducir inventario y esperas (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

Cuando se quiere evaluar el desempeño de un sistema en términos de su capacidad se utiliza la ley de Little que es la relación fundamental entre las medidas de desempeño básicas de un proceso en estado estable, este último comprendido como un estado donde la tasa promedio de flujo de entrada de entidades al proceso es igual a la tasa promedio de salida de entidades del proceso (Hopp & Spearman, 2008):

$$WIP = TH \times CT$$

- **Inventario (WIP):** cantidad total de entidades presentes en el proceso determinado por las tasas de entrada y salida.
- **Tiempo de ciclo (CT):** tiempo total que una entidad permanece dentro de un proceso.
- **Throughput (TH):** cantidad de entidades promedio que fluyen en el proceso por unidad de tiempo (en estado estable).

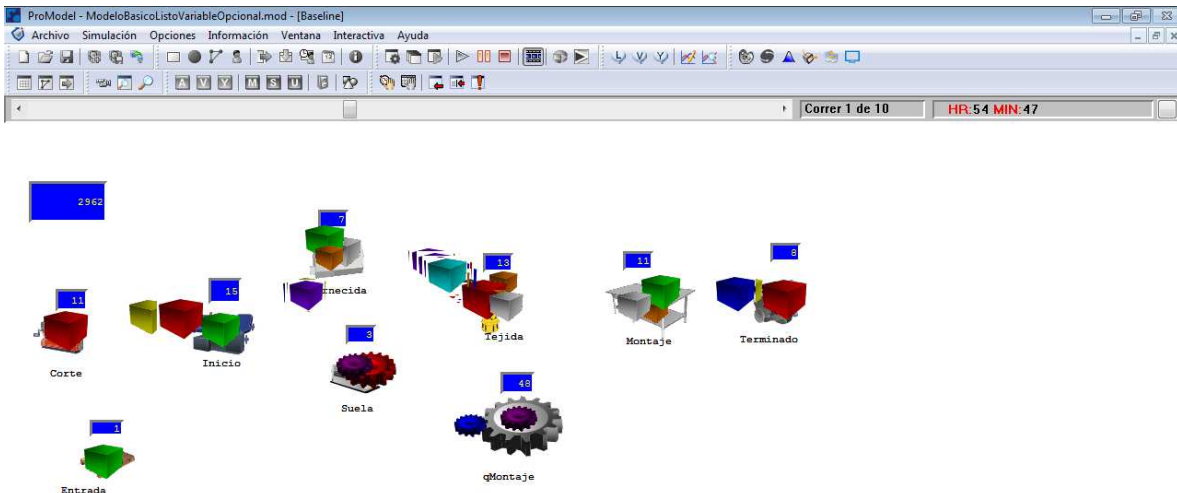
Como tercer elemento se integran dos conceptos fundamentales de la teoría de la probabilidad:

- **Suma aleatoria de variables aleatorias:** haya los tiempos medios, desviación estándar y coeficiente de variación por familia de producto en cada operación (Recuperado de Guy, L. Curry & Feldman, R.L. 2011).
- **Mezcla de variables aleatorias:** pondera los tiempos y coeficiente de variación por cada familia de producto para así obtener datos únicos para cada operación del proceso (Recuperado de Guy, L. Curry & Feldman, R.L. 2011).

## Resultados

Georgio Sport presentaba un complejo sistema de producción por la gran variedad de referencias en los pedidos por ende se simula el escenario actual con el fin de entender el estado real de la empresa.

Figura 1: División de grupos de familias



El estado actual arrojado por la simulación contrasta con el ideal que pretende la empresa e ilustra que efectivamente hay demoras durante el proceso que impiden acercarse al esperado.

Tabla 1: Estimados de la empresa.

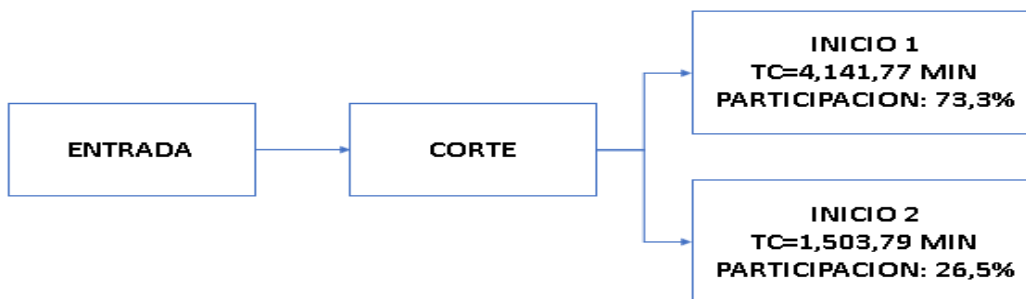
ESTIMADO DE LA EMPRESA		
Inventario en proceso	9450,00	Pares
tiempo flujo/Tiempo de ciclo	21,00	Días
Throughput (tasa de flujo)	450,00	pares/día

Tabla 1: Resultados de la simulación en estado actual.

SIMULACIÓN		
Inventario en proceso	8117,20	Pares
tiempo flujo/Tiempo de ciclo	21,47	Días
Throughput (tasa de producción)	378,03	pares/día

El tiempo es uno de los recursos más valiosos de una organización. Largos tiempos de procesamiento son un obstáculo que impiden el tiempo oportuno de entrega a los clientes y como causa del problema crean altos costos de almacenamiento. Una manufacturera que sea capaz de entregar su pedido en un corto tiempo tiene una gran ventaja competitiva. La alta variabilidad crea retrasos y excesos de inventarios por ende la propuesta fundamental del trabajo investigativo fue dividir el proceso productivo en dos a partir de un taller de operación determinado, donde quedarían en una misma línea las familias con tiempos similares con el fin de reducir la variación, es decir, cambiar de un proceso productivo único a uno mixto.

Figura 2: División de grupos de familias



Al simular la propuesta de manera estocástica se obtiene los tiempos ciclos por línea y WIP se encuentra una reducción significativa del tiempo ciclo total de la empresa y gracias a la ley de Little se haya el throughput.

Figura 2: Resultados.

Entity Summary (Avg. Reps)								
Replication	Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Time In System (Min)	Average Time In Move Logic (Min)	Average Time Waiting (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Time Blocked (Min)
Avg	Lote	4,505.65	203.05	4,141.77	1,470.00	1,769.26	799.76	102.76
Avg	Baja	2,313.40	26.25	1,637.75	10.00	1,375.84	251.91	0.00
Avg	lote 2	2,275.55	23.75	1,503.79	1,450.00	1.53	52.26	0.00

Tabla 2: Resultado de la simulación mejorada.

LOGRADO		
Inventario en proceso	3279	Pares
Tiempo flujo	7,16	Días
Throughput	457,57	pares/días

## **Conclusiones**

La reducción de la variabilidad en los procesos impacta directamente en la reducción del tiempo ciclo sin necesidad de aumentar la capacidad de producción dando como resultado un aumento del 17,37% en la productividad.

Al dividir el sistema de producción en dos grupos (grupo 1 y grupo 2) se disminuye la variabilidad y por consiguiente el lead time puesto que, al separarse por familias de procesos similares, los tiempos de cada una se asemejan mucho más reduciendo el margen de diferencia entre cada uno.

Al hacer la comparación entre los dos modelos que fueron aplicados en el proyecto (el de simulación y el analítico) se encuentra que el primero puede equipararse de mejor manera a la realidad estudiada pero es mucho más dispendioso en tiempo al momento de evaluar las variables y cambios que se apliquen puesto que requiere generar nuevos algoritmos informáticos y corridas frente al modelo analítico que expone instantáneamente el comportamiento de las diferentes variables y los cambios que se apliquen a estas frente al objetivo buscado.

Con el VSM se logró de primera observación, identificar y comprobar el tiempo de ciclo que la empresa estaba manejando, y de esa manera extraer la información necesaria para posteriormente construir los modelos propuestos, esta herramienta es de gran ayuda por su naturaleza grafica da una buena primera impresión global de todo lo que pasa durante el sistema productivo.

## **Referencias bibliográficas**

Curry, G.L. & Feldman, R.L, Manufacturing Systems Modeling and Analysis, Springer, Texas, 2011.

Hillier, F.S. & Lieberman, G.J, Introducción a la investigación de operaciones, Mc Graw Hill, México, D.F.:2010.

Wallace, J. Hopp & Spearman, M.L, Factory Physic, Mc Graw Hill, New York, 2000.

Waynel. W, Investigación de operaciones aplicaciones y algoritmos. Thompson, USA, 2004.

Krajewski, L., Ritzman, L.P. & Malhotra, M.K, Administración de operaciones procesos y cadenas de valor, Pearson, USA, 2008.