



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración**

*Análisis de la creación de valor a partir de la gestión de restricciones en procesos de manufactura*

**T e s i s**

Que para optar por el grado de:

**Maestro en Finanzas**

Presenta:  
**Jaime Silva Delgado**

Tutor:  
**M.F. Ricardo Cristhian Morales Pelagio**  
**Facultad de Contaduría y Administración**

**Ciudad de México, febrero de 2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Tabla de Contenido

Introducción.....	1
1. Capítulo 1: Gestión Control y Costeo de Procesos .....	4
1.1.Contexto y retos de la manufactura.....	4
1.2.Tendencias de la gestión de procesos .....	7
1.3.Aspectos relevantes de la gestión de costos.....	12
1.4.Teoría de restricciones .....	18
1.5.Creación de Valor.....	25
2. Capítulo 2: Revisión y Análisis de Modelos Existentes .....	32
2.1.Descripción y aplicación de modelos existentes.....	33
2.1.1.Throughput Accounting(TA) .....	33
2.1.2.Drum - Buffer - Rope (DBR) .....	39
2.1.3.TOC-ABC .....	42
2.1.4.TOC-Supply Chain Replenishment System (TOC-SCRS).....	47
2.2.Aspectos Relevantes.....	49
3. Capítulo 3: Propuesta de modelo.....	50
3.1.Descripción y alcance.....	50
3.2.Modelo propuesto.....	51
3.2.1.Pronósticos de demanda.....	52
3.2.2.Análisis de tiempo de operaciones.....	54
3.2.3.Priorización de la mezcla de producción .....	56
3.2.4.Programación de la producción.....	58
3.2.5.Recopilación de datos .....	61
3.2.6.Estados Financieros e indicadores de valor .....	66
3.3.Consideraciones adicionales .....	67
3.3.1.Medidas de desempeño .....	67
3.3.2.Posibles escenarios .....	68
3.3.3.Aplicaciones .....	69
3.3.4.Limitaciones .....	69

4. Capítulo 4: Evidencias y análisis del modelo propuesto mediante la simulación de un proceso.....	70
4.1.Características del caso a validar.....	70
4.2.Comparación entre un modelo TOC y un Sistema de Costos por Proceso .....	75
4.3.Aplicación del Modelo TOC .....	75
4.3.1.Análisis de los tiempos de operaciones.....	75
4.3.2.Priorización de la mezcla de producción .....	76
4.3.3.Programación de producción.....	77
4.3.4.Recopilación de datos .....	81
4.3.4.1.Recopilación de tiempos y unidades de proceso .....	81
4.3.4.2.Informe de costos de producción .....	85
4.3.5.Resultados Financieros .....	88
4.4.Aplicación Sistema de Costeo por proceso .....	90
4.4.1.Priorización de la mezcla de producción según SCP .....	90
4.4.2.Programación de producción.....	91
4.4.3.Recopilación de datos .....	93
4.4.3.1.Recopilación de tiempos y unidades de proceso .....	93
4.4.3.2.Informe de costos de producción .....	95
4.4.4.Resultados Financieros .....	99
4.4.5.Comparación de los resultados de la simulación del modelo TOC y el sistema de costos por procesos .....	100
5. Capítulo 5: Comparativo de la creación de valor del modelo propuesto. ....	107
5.1.Comparativo de Estados Financieros.....	107
5.2.Análisis del margen operacional.....	112
5.3.Estimación y comparación del EVA entre TOC y SCP .....	115
5.3.1.Análisis de Sensibilidad EVA vs. WACC .....	116
5.3.2.Análisis considerando el efecto de la financiación .....	118
6. Conclusiones.....	125
7. Bibliografía .....	130
Anexo 1 Reporte de producción .....	135

Anexo 2 Informe de Costos de producción TOC .....	136
Anexo 3 Reporte de producción y unidades equivalentes SCP .....	138
Anexo 4 Informe de costos de producción SCP .....	140

## Lista de Figuras

Figura 1. Medidas TOC y su relación con las medidas financieras (Gupta, Kaur Sahi, & Chahal, 2013) .....	21
Figura 2 Activos netos de operación o capital empleado (Leon Garcia, 2003).....	31
Figura 3. Ejemplo Empresa PQ (Goldratt, 1990).....	34
Figura 4. Sistema DBR (Budd, 2010) .....	40
Figura 5 Modelo integrado TOC-ABC.....	44
Figura 6 Modelo aplicativo de la gestión de restricciones, autoría propia .....	51
Figura 7 Flujo de Proceso para el Modelo, autoría propia.....	70
Figura 8 Representación de la simulación del proceso bajo enfoque TOC .....	83
Figura 9 Representación de la simulación del proceso bajo enfoque SCP .....	93
Figura 10 Comparación inventario en proceso por estación de trabajo y modelo	101
Figura 11 Comparación unidades procesadas por estación de trabajo y modelo	102
Figura 12 Comparación % de utilización por estación de trabajo y modelo .....	103
Figura 13 Comparación de tiempos promedio para producto AC.....	104
Figura 14 Comparación de tiempos promedio para producto AF .....	105
Figura 15 Comparación de tiempos promedio para producto AN.....	105
Figura 16 Comparativo de comportamiento EVA vs. WACC.....	117
Figura 17 Distribución de probabilidad del costo de capital.....	120
Figura 18 Distribución de probabilidad del costo de la deuda .....	121
Figura 19 Relación Beta, Kd y EVA para el enfoque TOC .....	121
Figura 20 Relación comparativa entre Beta y el costo de deuda con EVA para el enfoque TOC.....	122
Figura 21 Relación Beta, Kd y EVA para el enfoque SCP.....	123
Figura 22 Relación comparativa entre Beta y el costo de deuda con EVA para el enfoque SCP .....	123

## Lista de Tablas

Tabla 1 Matriz de Congruencia .....	3
Tabla 2 Estimación de activos netos de operación .....	30
Tabla 3 Grupos de costos y controladores (Alsmadi, Alamani, & Khan, 2014) ....	43
Tabla 4: Estados de Resultados ABC-TOC (Alsmadi, Alamani, & Khan, 2014) ....	45
Tabla 5 Métodos de pronósticos (Chase & Jabobs, 2014) .....	53
Tabla 6 Matriz de tiempos de operación.....	55
Tabla 7 Matriz de Carga de Tiempos de Operación.....	56
Tabla 8 Matriz de Throughput por tiempo de restricción .....	58
Tabla 9 Plan de Producción, autoría propia .....	60
Tabla 10 Matriz de flujos de operación por producto, autoría propia.....	61
Tabla 11 Producción por periodo, autoría propia .....	62
Tabla 12 Reporte de producción, (Pabón, 2012).....	63
Tabla 13 Cantidades equivalentes, (Pabón, 2012) con modificaciones del autor .	64
Tabla 14 Informe de costos de producción, (Pabón, 2012) ajustes del autor.....	65
Tabla 15 Estado de resultados TOC .....	66
Tabla 16 Tiempo requerido en cada estación de trabajo por lote, Autoría propia.	71
Tabla 17 Demanda estimada, precio de venta y costo de materia prima por lote, autoría propia. ....	71
Tabla 18 Costos de Nómina, autoría propia.....	72
Tabla 19 Costos indirectos de fabricación, autoría propia.....	72
Tabla 20 Consumo de energía, autoría propia. ....	72
Tabla 21 Estimación de consumo de agua, autoría propia.....	72
Tabla 22 Gastos Administrativos y Ventas Mensuales, autoría propia.....	73
Tabla 23 Matriz de tiempos de operación para aplicación, autoría propia.....	75
Tabla 24 Matriz de carga de tiempos de operación para aplicación, autoría propia .....	76
Tabla 25 Throughput por minuto de restricción, autoría propia. ....	77
Tabla 26 Plan de producción, autoría propia.....	78
Tabla 27 Resultados flujo del proceso.....	84
Tabla 28 Reporte de producción producto AC .....	86

Tabla 29 Informe de Costos de producción de AC .....	87
Tabla 30 Estado de resultados TOC .....	89
Tabla 31 Utilidad por Unidad en sistemas de costo tradicionales, autoría propia. ....	91
Tabla 32 Plan de producción SCP, autoría propia .....	92
Tabla 33 Resultados flujo del proceso SCP .....	95
Tabla 34 Reporte de producción producto AF con SCP .....	96
Tabla 35 Cantidades equivalentes producto AF .....	96
Tabla 36 Informe de costos de producción AC.....	98
Tabla 37 Estado de resultados SCP .....	99
Tabla 38 Comparación inventario en proceso por estación de trabajo.....	100
Tabla 39 Comparación unidades procesadas por estación de trabajo .....	102
Tabla 40 Comparación porcentaje de utilización por estación de trabajo.....	103
Tabla 41 Comparación Estados de Resultados TOC vs. SCP .....	108
Tabla 42 Comparación de balance general TOC vs SCP .....	110
Tabla 43 Comparación estados de resultados incluyendo costos de unidades ventas y en inventario.....	112
Tabla 44 Comparación de estado de resultados a partir del costo unitario .....	114
Tabla 45 Comparación del EVA por enfoques TOC y SCP .....	115
Tabla 46 Costo de Capital .....	116
Tabla 47 Valores comparativo para cada enfoque del WACC vs EVA.....	118
Tabla 48 Estructura de capital para cada enfoque .....	119

## Introducción

La parte medular de una empresa son sus procesos, sean de manufactura, servicios u otra índole; y es a partir de su ejecución que nace el consumo de recursos y la necesidad de cuantificarlos para conocer y evaluar que el desempeño global de la organización sea el esperado. Es así que a medida que las empresas se desarrollan y crecen en capacidad, surge la necesidad de revisar y retroalimentar la forma en que se ejecutan y controlan sus procesos, identificando las oportunidades de mejora, para mantener una política de mejora continua dentro de la organización. Los procesos empresariales son cuantificados por medio de sistemas de costos que reflejan el consumo de recursos necesarios para la ejecución de determinadas actividades. A partir de los criterios con los que se cuantifican el consumo de los recursos, se determina la forma en que los procesos son gestionados; buscando que las directrices para llevar a cabo el proceso obtengan los mejores resultados al ser cuantificados.

Es el caso del control de producción bajo el enfoque del sistema de costos estándar (SCE), que se lleva a cabo mediante un programa que se ejecuta a partir del inicio de la línea de producción. Esta programación supone que todos los centros de trabajo tienen una capacidad balanceada, buscando la máxima eficiencia de cada una de las máquinas, lo que únicamente se logra si la capacidad de la máquina inicial es mayor a la capacidad de la máquina siguiente en la línea de producción, a la siguiente, y de manera sucesiva. Su objetivo es lograr que ningún recurso tenga tiempo ocioso liberando materia prima al inicio del proceso, es decir, la materia prima es suministrada de acuerdo a la capacidad de procesamiento de la primera máquina.

Estos supuestos no son ciertos ya que los procesos están sujetos a fluctuaciones estadísticas, que hacen que la capacidad de una máquina no siempre se mantenga al mismo ritmo y también que en condiciones reales no siempre es posible la alineación de los elementos de mayor a menor capacidad. Otro defecto del SCE es que a partir de la forma en que se programan los procesos y sus suposiciones busca óptimos locales, exigiendo la máxima producción de cada una de las máquinas, sin

importar el comportamiento global, alejándose del óptimo global. Este enfoque de proceso acarrea grandes inventarios en proceso, problemas dentro del sistema como mayores tiempos de entrega, mala calidad, que llevan a una mayor inversión de capital y al aumento de los costos de producción.

El enfoque de gestión propuesto por la Teoría de Restricciones (TOC por sus siglas en inglés, *Theory of Constraints*) asume que para controlar la producción y lograr la sincronización de las operaciones de la línea de producción, es necesario identificar y controlar las restricciones en el proceso. Al comparar SCE con el sistema planteado por TOC se identifica un sistema de gestión más eficiente. Mientras que SCE plantea un programa de producción que suministra materia prima a la línea a la velocidad de procesamiento de la primera máquina, TOC establece que la materia prima se debe suministrar a la tasa de producción del recurso restrictivo o cuello de botella, que es el recurso que determina la capacidad de producción global del sistema y por ende todas las demás máquinas deben subordinarse a la capacidad del recurso restrictivo. Esto genera una disminución significativa del inventario en proceso, logrando menores gastos de operación y una mayor liquidez a la empresa.

Sin embargo, el sistema que las empresas utilizan generalmente para cuantificar el uso de los recursos son los sistemas tradicionales de costos y aunque se cambie la manera de gestionar los procesos, al sistema basado por la teoría de restricciones, la forma de cuantificarlos continua igual. Esto repercute en no contar con información correcta para la toma de decisiones, derivado de cuantificar un proceso con un sistema de costos que difiere con el enfoque de gestión con el que se administra el proceso, lo que lleva a una distorsión de la información. El problema surge entonces en que no se esté evidenciando la optimización de la gestión de los procesos en los registros e información contable y financiera de la empresa, lo que impacta en la toma de decisiones administrativas y en la determinación del valor creado por la empresa, que es el principal interés de los accionistas.

Por lo que el objetivo de esta investigación es modelar la relación entre la optimización de procesos basada en la gestión de las restricciones y el registro verídico de las mejoras logradas en la información financiera de la empresa,

contando con el soporte adecuado para tomar decisiones y estimar el *EVA* (por sus siglas en inglés) real generado.

Ante esta problemática surgen las siguientes preguntas, planteando los objetivos a seguir y la hipótesis de estudio en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1 Matriz de Congruencia

	Preguntas	Objetivos	Hipótesis
<b>Principal</b>	<i>¿Cómo debe ser un modelo que evidencie financieramente la optimización e impacto en la creación de valor, en una empresa de manufactura con un enfoque de gestión basado en las restricciones de los procesos de producción?</i>	<i>Modelar la relación entre la optimización de procesos basada en la gestión de las restricciones y el registro verídico de las mejoras logradas en la información financiera de la empresa, contando con el soporte adecuado para tomar decisiones y estimar el EVA real generado como medida comparativa.</i>	<i>La determinación de un modelo financiero-operativo centrado en la explotación de la capacidad del recurso restrictivo, permitirá evidenciar el efecto correcto de las mejoras logradas al gestionar los procesos empresariales bajo el enfoque de la teoría de restricciones, en la generación real de valor de la empresa.</i>
1	¿De los modelos existentes para el registro y consolidación de información financiera en los procesos gestionados bajo teoría de restricciones, qué parámetros describen de forma más adecuada la realidad financiera de la empresa?	Analizar los modelos propuestos para el registro de información financiera bajo los parámetros de la teoría de restricciones.	El uso de parámetros apropiados a la teoría de restricciones, permite identificar y validar los componentes que debe tener un modelo de información financiera integral.
2	¿Cuál debe ser la estructura de un modelo financiero que evidencie de forma integral los resultados de la gestión basada en la explotación de las restricciones de los procesos?	Determinar el modelo financiero-operativo apropiado para el enfoque de gestión de procesos basado en restricciones.	La aplicación del modelo propuesto mediante una simulación o el uso de datos reales demuestra con los resultados obtenidos la fiabilidad del modelo.
3	¿En qué medida es el impacto en la creación de valor de una empresa al cuantificarse a partir de un modelo financiero estructurado acorde a las necesidades de un enfoque de gestión de procesos basado en restricciones?	Identificar el impacto que tiene el enfoque de gestión de procesos basado en restricciones en la medición de la generación de valor de las empresas.	La estimación del valor generado por la empresa a partir de la aplicación del enfoque de gestión de procesos basado en restricciones, demuestra una estimación errónea del valor generado al hacer uso de información sesgada originada por sistemas tradicionales de costeo.

Para responder las preguntas, cumplir los objetivos y validar la hipótesis propuesta se presenta la siguiente investigación con una estructura de 5 capítulos, conclusiones, referencias y anexos.

## **1. Capítulo 1: Gestión Control y Costeo de Procesos**

### **1.1. Contexto y retos de la manufactura**

La dinámica empresarial en los últimos años ha presentado más y mayores desafíos para el desarrollo económico de los países, sus mercados y sus industrias. Siendo estas últimas, en muchos casos afectadas por las nuevas condiciones, perdiendo capacidad para competir y viéndose diezmadas por su falta de flexibilidad, gestión y herramientas; que le permitan adaptarse a los nuevos retos para aprovechar oportunidades y consolidarse. Sin embargo, a pesar que en algunos países los tratados de libre comercio han restado competitividad a muchos sectores industriales, al verse compitiendo con productos de condiciones similares y ofertas económicas más competitivas; también han generado oportunidades para adentrarse en dinámicas empresariales con nuevos esquemas.

Una de estas oportunidades está relacionada con el cambio en el comercio internacional entre las naciones industrializadas y los países en vía de desarrollo, que anteriormente se limitaba al intercambio de bienes manufacturados producidos en las naciones industrializadas, por las materias primas y bienes primarios de los países en vía de desarrollo. La apertura de los mercados trajo cambios significativos en este modelo, al fragmentarse la producción de manufacturas en varias etapas y plantas geográficamente dispersas por varias partes del mundo (BID, 2014). Generando oportunidades para que muchos países en vía de desarrollo estén fabricando fragmentos de bienes que en otras condiciones no producían, aumentando significativamente el comercio internacional y su aporte en el PIB (Producto Interno Bruto).

Esto implica la inserción de las empresas en las cadenas de producción, que son un grupo de unidades económicas que agregan valor por medio de actividades tangibles e intangibles, requeridas para entregar un bien o servicio, desde la ideación, su producción y entrega al cliente final (BID, 2014). Este término hace referencia a redes de empresas concretas, sin embargo el término más común es

el de *cadena de valor*, ampliando su contexto a un sector o industria, y siendo un término más abarcante el de *cadenas globales de valor*, que hace referencia a procesos de producción que presentan configuraciones diferentes a las normalmente conocidas, como la producción lineal, asimilándose más a la forma de una araña, donde los componentes llegan de diversos lugares del mundo a un lugar central en que se tiene importantes ventajas para ser ensamblados (Baldwin & Venables, 2013).

Las cadenas globales de valor surgen de la oportunidad de los países de especializarse en el producto que pueden producir más eficientemente, lo que se conoce como una ventaja comparativa. Este fenómeno relativamente reciente, en la escala actual, se debe a los cambios que han surgido por varios aspectos. La reducción de aranceles en diversos países del mundo, con más de 160 acuerdos de comercio desde el año 2000; la construcción de navíos y aviones de mayor envergadura logrando economías de escala; la carga cada vez más contenerizada y una mayor competencia en la industria naviera, lo que ha generado una disminución significativa de costos de transporte; ligado a esto el aumento significativo del número de empresas logísticas, cada vez más globalizadas. Aumento de la capacidad informática, generando menores costos de información y mejor comunicación, lo que facilita la coordinación y monitoreo de la producción a distancia, por ende la fragmentación de la misma; así como una mayor estabilidad jurídica que protege los contratos y derechos de propiedad; son entre otra las razones que han facilitado el auge de las cadenas globales de valor y las oportunidades para que los países logren industrializarse a un ritmo más rápido que en el pasado (BID, 2014).

Complementario a estas oportunidades el principal interés de la fragmentación de la producción se da por las posibilidades que se presentan al separar el proceso de producción en diferentes bloques y ubicarlos donde se obtengan precios de los factores productivos más bajos, lo que disminuiría atractivamente los costos totales de producción. Logrando la fragmentación de los procesos de producción, cuando

la reducción de costos compense los costos de gestionar la producción en zonas remotas y el traslado de las operaciones.

Sin embargo, se evidencia que los países de América Latina y el Caribe no han logrado capitalizar estas oportunidades en una escala que apalanque considerablemente su desarrollo industrial, teniendo una participación menor que otras regiones en la cadenas globales de valor, particularmente en segmentos relacionados con el sector manufacturero (BID, 2014). Esto debido a que materializar los beneficios que traen las cadenas globales de valor depende de las relaciones entre las empresas, el nivel de capacidad de absorción del proveedor o el nivel tecnológico de la cadena de producción. Pues los países al no contar con condiciones que generen beneficios interesantes a los participantes de la cadena, dejan de ser atractivos para la deslocalización de las plantas, generando consecuencias significativas a los países proveedores, además a las condiciones geopolíticas que afectan las relaciones, por lo que la gestión de las empresas locales debe ser cada vez más técnica y profesionalizada para afianzar no solo una ventaja competitiva a nivel de su capacidad de producción y de recursos, sino también en su capacidad de gestión. Por lo que la vinculación de las empresas a las redes globales de producción está asociada a las capacidades estratégicas que tengan las empresas y a la capacidad de optimizar sus cadenas de producción.

Las condiciones cada vez más exigentes por parte de los consumidores con respecto a la calidad de los productos, la variedad de características, las disminución de los tiempos de entregas y las oportunidades de ingresar en nuevas estructuras de mercados como las cadenas globales de valor, ha llevado a las empresas manufactureras a ser más conscientes de las modernas filosofías de gestión que pueden llevarlas a consolidar una ventaja competitiva (Alsmadi, Alamani, & Khan, 2014).

## 1.2. Tendencias de la gestión de procesos

Dentro de las filosofías modernas de gestión el surgimiento del concepto *Lean manufacturing* o *producción esbelta* ha sido uno de los principales avances en la práctica de gestión de las últimas tres décadas. Este término fue acuñado hacia 1990, teniendo como objetivo lograr mejoras a lo largo de la cadena de valor, haciendo énfasis en la reducción de desperdicios. *Lean* es una generalización de enfoques parciales como *Just-In-Time (JIT)*, *TQM*, competencia basada en el tiempo y la ingeniería concurrente (Matthews, Pellew, Phua, & Rowlinson, 2000). Su objetivo es optimizar costos, la calidad y el servicio al cliente de forma constante, partiendo de la formación en los empleados, para centrarse en la creación de valor y la entrega de valor desde la percepción del cliente, eliminando lo que no aporta al cumplimiento de este objetivo (Bhatia & Drew, 2007).

Entendiéndose el valor, en el contexto de *lean*, como algo por lo que el cliente está dispuesto a pagar, es decir, las actividades que agregan valor transforman materiales e información en algo que el cliente desea, es así que las actividades que no agregan valor consumen recursos y no contribuyen directamente al resultado final deseado por el cliente. De este se deriva el concepto de cadena de valor, que consiste en las actividades que agregan valor, desde el diseño y concepción de un producto, las materias primas, su manufactura, hasta la logística de entrega al cliente para determinar una ventaja competitiva. Derivado de esto, los desperdicios se definen como cualquier cosa que no agrega valor desde el punto de vista del cliente. Dentro de una cadena de suministro se identifican siete tipos de desperdicios a eliminar: de sobreproducción, de tiempos de espera, de transportes, de inventarios, de procesamiento, de movimientos y de defectos en los productos (Chase & Jabobs, 2014).

*Lean manufacturing* utiliza herramientas y técnicas de varios tipos como lo son: fabricación celular, *value stream mapping (VSM)* para fomentar el flujo de una sola pieza, la organización visual del área de trabajo conocida como las 5S's, métodos de reducción de tiempos, gestión de inventario y *Kaisen*. Es así que el concepto *Lean* se ha convertido rápidamente en el paradigma dominante en la fabricación

que cubre todas las actividades de una organización, desde el diseño del producto hasta el servicio post venta (Alsmadi, Alamani, & Khan, 2014).

De esta manera el concepto *lean* ha venido cambiando la forma en que las empresas entregan productos a sus clientes. La producción *lean* busca integrar todos los procesos de negocio, funciones y empleados en un sistema unificado y coherente, cuyo único propósito es dar valor a los clientes a través de la mejora continua y el uso de principios *lean* para reducir inventarios, defectos, el espacio dedicado de planta, el tiempo de ciclo y los costos de deterioros y reprocesos (Grasso, 2005). Es decir, *lean* ataca continua y decisivamente todo tipo de desperdicio.

Su origen se atribuye a la empresa Toyota, cuyo sistema se denominó originalmente JIT (por sus siglas en inglés, *Just In time*), llamado actualmente *Toyota Production System (TPS)*. Se basa en dos filosofías centrales en la cultura japonesa: la eliminación de desperdicios y el respeto por la gente. Basado en el éxito de esta filosofía se plantean 5 principios (Womak y Jones, 1996):

- . Definir valor e identificar el flujo de valor para cada producto;
- . Eliminar todos los pasos innecesarios en cada flujo de valor;
- . Hacer que el valor fluya continuamente;
- . Flujo base en la tracción del cliente; y
- . Perseguir la perfección continuamente.

Aunque *lean* es más conocido como un sistema de fabricación, su éxito depende de ampliar su aplicación al sistema de negocios completo (Grasso, 2005). La estrategia *lean* enfatiza el flujo de una sola pieza, reduce los niveles de inventario, permite producir productos de alta calidad a un costo razonable en poco tiempo. Esto se da apoyado en la fabricación celular donde el trabajo es completado por una célula de trabajadores que producen un producto completo, en lugar de departamentos funcionales que transfieren el trabajo a lo largo de una línea de montaje. Cuya configuración ahorra tiempo, espacio de piso de planta, mejora el seguimiento y la calidad del producto. Lo que afianza el planteamiento de *Lean* de reducir el

inventario en todos los niveles, pues lo considera un factor negativo a ser controlado en lugar de un valor agregado de activos a la empresa. Por lo que el flujo de valor que se busca implementar trasciende del piso de planta a los proveedores y distribuidores, buscando la generación de valor a lo largo de la cadena de suministro (Alsmadi, Alamani, & Khan, 2014).

La lógica de producción de Lean se basa en un conjunto de actividades integradas que logra la producción mediante inventarios mínimos de materia prima, trabajo en proceso y bienes terminados. Las piezas llegan a la siguiente estación de trabajo “justo a tiempo”, se terminan y se mueven rápidamente a lo largo del proceso, teniendo como premisa que nada se produce hasta que se necesite, basando la necesidad de producción en la demanda real de producto. Teóricamente, cuando un producto se vende, el mercado demanda (“jala”) un remplazo para la última posición del sistema. Esto genera una orden de producción en la línea de la planta, donde un operario demanda otra unidad de una estación anterior, para remplazar la última unidad, de igual manera esta estación demanda otra unidad, así sucesivamente hasta la liberación de la materia prima. Esto implica que se cuente con altos niveles de calidad en cada etapa del proceso, relaciones sólidas con los proveedores y una demanda predecible del producto final (Chase & Jabobs, 2014)

El concepto de *lean manufacturing* se aplica a lo largo de la cadena de suministro, aplicando sus principios en cada etapa. Los proveedores que aplican *lean* son flexibles, tienen menores precios y por sus procesos de calidad, no se requiere una inspección de calidad en el siguiente paso, a su vez que hacen entregas oportunas y siempre están mejorando. El proceso de adquisición a estos proveedores debe ser automatizado, a través de sistemas apropiados, con información visible tanto para que los clientes como los proveedores conozcan sus operaciones, para poder responder oportunamente ante los cambios. En la aplicación a los procesos de manufactura, estos producen lo que los clientes desean, la cantidad que desean, cuando lo desean y con mínimos recursos. En el almacenamiento, se corrige el desperdicio en los defectos de envío que se convierten en devoluciones, excesos de envíos, excesos de producción, exceso de inventario, esto unido a la aplicación

en la logística seleccionando y agrupando ordenes de modo optimizado, carga de camiones con paradas múltiples combinadas y rutas optimizadas. Los clientes de la cadena, especifican necesidades sensatas y coherentes, esperan flexibilidad y eficiencia en las entregas, estableciendo relaciones eficientes con sus proveedores.

Como se mencionó parte central de la estrategia *Lean*, es la filosofía de Justo a Tiempo, que busca producir lo que se necesita cuando se necesita y nada más. A diferencia del planteamiento de producir para almacenar, en caso de que se presente algún problema de abastecimiento; JIT solo produce lo mínimo requerido, pues cualquier excedente de esta cantidad se considera un desperdicio, por lo que su tamaño de lote ideal es uno. Su aplicación es más evidente en procesos de manufactura repetitiva, sin embargo, es aplicable a cualquier área de negocios en que se presenten procesos repetitivos. El principal objetivo de JIT, es mitigar el problema de los inventarios, haciendo que todas las filas de espera se mantengan con cero inventarios, reduciendo las inversiones en estos, evidenciando problemas de calidad y disminuyendo los tiempos de entrega.

Adoptar un sistema de manufactura JIT contribuyen de una manera significativa en el registro y mayor control de los costos de los procesos de manufactura, mejorando la rastreabilidad de los costos, la exactitud del coste de los productos, disminuye la necesidad de distribución de los costos en los centros de trabajo, modifica el comportamiento y la importancia relativa de los costos de mano de obra directa, impacta los sistemas de costeo por órdenes de trabajo y por procesos, disminuyendo la dependencia de los estándares y el análisis de variaciones, por ende reduciendo la importancia en los sistemas de seguimiento de la gestión de inventarios (Hansen & Mowen, 2007).

Los cambios que JIT aplica en la estructura de producción y en los procedimientos, modifica las formas tradicionales en que se cuantifican los costos de producción, y a su vez afectan los sistemas para el control operativo de la producción, incrementando la exactitud de la información de los costos (Hansen & Mowen, 2007). En los sistemas de costeo se utilizan tres métodos para asignar los costos a los productos: rastreo directo, rastreo generador y distribución. Debido a los

cambios planteados por la implementación de JIT: manufactura basada en celdas, mano de obra de talento múltiples y servicios descentralizados; hace que muchos de los costos indirectos que se asignaban utilizando el rastreo generador o distribución ahora sean atribuibles directamente a los productos, aumentando la exactitud de la información. Esto debido principalmente al uso de celdas de manufactura, que a diferencia de una producción por departamentos, donde en cada departamento procesa diferentes productos que avanza a diferentes tipos de departamentos, los costos de ese departamento son comunes a todos los costos que pasan a través de él, teniendo que utilizar una asignación de costos por generadores de actividad o por métodos de distribución, disminuyendo la exactitud de la información; que para el caso de las celdas todos los costos del producto se acumulan en la misma. Por ejemplo, al tener todos los equipos necesarios en una misma celda, los costos de depreciación se asignan directamente al costo del producto y al tener mano de obra con talento múltiple se puede asignar el costo de mano de obra por actividades de apoyo directamente al producto.

Como consecuencia de incrementar la cantidad de costos directamente atribuibles, se aumenta la exactitud del costo de los productos, lo que a su vez aumenta la precisión de la información financiera y la calidad de las decisiones tomadas en la gestión de la empresa. Sin embargo, es de resaltar que lo que impulsa estos cambios no es la manera como se administran los costos, sino la manera como se estructuran los procesos y procedimientos productivos generados por la implementación de JIT, que permiten visualizar de una manera más clara la realidad de los costos.

Las aplicaciones de JIT juegan un papel fundamental en las Cadenas Globales de Valor pues parte de su éxito radica en explotar los vínculos con los proveedores mediante la negociación de contratos a largo plazo, con proveedores cuidadosamente seleccionados que tengan cercanía a las operaciones de la empresa y tengan un papel activo en las mismas (Hansen & Mowen, 2007). Estas negociaciones y relaciones a largo plazo ayudan a reducir la incertidumbre en la demanda del proveedor, establecen confianza mutua, mejores niveles de precios,

mayor calidad y por ende menores costos de operación. Sin embargo, las características de las cadenas de suministro implican un análisis profundo junto con sus parámetros asociados para determinar los costos relacionados de los procesos, en lo cual se quedan cortos los métodos tradicionales de costeo pues no ayudan a identificar el impacto global de las decisiones tomadas y solo muestran el comportamiento de áreas individuales (Christopher, 2011).

### **1.3. Aspectos relevantes de la gestión de costos**

Dentro del diseño operativo y financiero de las empresas, los sistemas de administración de costos son la columna vertebral de la cuantificación de las operaciones para registrar, gestionar, identificar y evaluar la viabilidad y rentabilidad de todas las operaciones. Entendiéndose el costo, como el efectivo o valor equivalente de efectivo sacrificado por productos y servicios que se espera que aporten un beneficio presente o futuro a una organización. Estos sistemas se han estructurado para medir y asignar los costos a los objetos de costo, que son cualquier rubro respecto del cual se miden y asignan los costos en que se ha incurrido para su realización, por ejemplo productos, proyectos, actividades (Horngren, Foster, & Datar, 2007).

El principal reto de los sistemas de costos está en realizar su asignación con la mayor exactitud posible. Esto está directamente relacionado con la razonabilidad y la lógica de los métodos de asignación de costos, cuyo objetivo debe ser medir y asignar de la manera más exacta posible el costo de los recursos empleados por un objeto de costo, siendo algunos métodos más precisos que otros (Horngren, Foster, & Datar, 2007).

Las relaciones de los costos con los objetos de costo son de dos tipos: directos e indirectos, siendo estos últimos los que exigen de una metodología más estructurada que los permita medir con una mayor precisión. Para esto se requiere que los costos sean asignados utilizando relaciones causales, es así que se determina el rastreo de costos como la capacidad de asignar costos en forma directa

a un objeto de costo de una manera económicamente factible por medio de una relación causal. Entre más costos se puedan rastrear directamente con un objeto, mayor la exactitud en la asignación del costo. Los métodos de rastreo son de rastreo directo y rastreo por generadores. El rastreo directo, asigna e identifica los costos a un objeto de costo cuya relación está específica o físicamente asociada. Al no poder realizar una medición directa, se deben utilizar los generadores (drivers) que midan el consumo de un recurso por un objeto de costo. Estos son factores que ocasionan cambios en el consumo de los recursos, de actividades, en los costos e ingresos, un ejemplo es la utilización de las horas máquinas de producción para asignar el costo de electricidad. Los costos indirectos son los que presentan la mayor dificultad para ser rastreados, pues no hay una relación causal entre el costo y el objeto de costo o el rastreo no es económicamente factible, por lo que se debe aplicar la distribución de los costos entre los objetos de costos, basada en los vínculos de conveniencia o afectación. Un ejemplo es el costo del alumbrado de una planta que produce 5 productos, siendo la forma más conveniente asignar el costo de acuerdo a las horas de mano de obra, sin ser de mayor exactitud (Hansen & Mowen, 2007).

Los sistemas de costos se basan sobre estos criterios para determinar los métodos y procedimientos que de acuerdo a sus planteamientos tengan el mayor ajuste entre la realidad de las operaciones y el registro de la información.

Los sistemas de costos están formados de dos subsistemas: el sistema de contabilidad de costos y el sistema de control operativo, el primero como parte de la necesidad de asignar costos a los productos y servicios, así como reportar información externa y el segundo busca proporcionar retroalimentación del desempeño de la operación, para planear y controlar los resultados. A su vez los sistemas de costos se pueden clasificar como basados en funciones o basados en actividades. Un sistema de costos basado en funciones, supone que todos los costos se pueden clasificar como fijos o variables de acuerdo a los cambios en unidades o el volumen del artículo producido, por lo cual dependen de una alta correlación entre los generadores de costo y las unidades producidas. Pero es de

tener en cuenta que los generadores basados en unidades no son los únicos que explican relaciones causales, gran parte de las actividades de costos deben clasificarse como asignación, lo que hace que este tipo de sistemas utilicen considerablemente la distribución, lo que disminuye la exactitud de la información; sin embargo, una de sus grandes utilidades es la posibilidad de clasificar los costos fijos y variables por unidad en procesos de manufactura, muy utilizados en la programación de producción. Por otra parte los sistemas basados en actividades, su prioridad es el rastreo de los costos en vez de la distribución, la identificación de generadores se amplía a la identificación de generadores no relacionados con el volumen de productos elaborados, lo que podría incrementar la exactitud de la asignación de costos, la calidad y relevancia de la información de costos (Hansen & Mowen, 2007).

Con respecto a los sistemas de control de operaciones, en los sistemas basados en funciones, el desempeño se mide comparando los resultados reales con los resultados estándar o presupuestados, enfocándose únicamente en las medidas financieras de desempeño, suponiendo que la maximización del desempeño de la empresa en general se logra al maximizar el desempeño de unidades organizacionales individuales. Por otro lado, el control operativo en los sistemas basados en actividades, se enfoca en la administración de las actividades, no de los costos, mejorando el valor que recibe el cliente; por lo que hace énfasis en que la maximización de unidades individuales no necesariamente contribuye a la maximización del sistema como un todo. Es así que para las industrias que se enfrentan a una mayor exigencia de las condiciones del mercado y buscan construir una ventaja competitiva, requieren sistemas que les permitan tener una mayor evaluación del comportamiento de los costos, un incremento en la exactitud del costo de los productos y una mejora continua en la gestión de los costos (Hansen & Mowen, 2007).

Dentro de los sistemas basados en funciones uno de los métodos más conocidos es el costeo estándar, que data de principios del siglo XX, como fruto del proceso de industrialización que se gestionó en gran parte por la doctrina del taylorismo,

quien se enfocó en un mayor control de la elaboración y la productividad. Pero fue el contador Chester G. Harrinson quien generó el primer ensayo sobre el tema. Siendo este sistema de costeo uno de los más usados por las empresas manufactureras en el mundo. Los costos estándar son básicamente costos unitarios calculados con antelación al inicio del proceso productivo o al inicio del periodo contable, lo que hace que se determinen para cada producto y proceso, utilizando estudios de tiempos y movimientos y estimaciones de ingeniería (Duque, Osorio, & Agudelo, 2011). Estos son opuestos a los costos reales, que son los costos históricos en que se incurrió en el proceso productivo, es decir, los costos que ya se ejecutaron. Algunas de sus ventajas es que facilita la elaboración de presupuestos, promueve el control de costos y simplifica el costo de los inventarios, a su vez que calcula “el deber ser” de los costos o metas de costos, sirviendo de referencia para tomar correctivos.

Los costos estándar al ser estimaciones previas a la realización de la producción, deben ser comparados de manera periódica con los costos reales en que incurrió el proceso productivo, esto se denomina variaciones o desviaciones. Estas variaciones muestran el grado en que sea a determinado un grado de gestión de acuerdo a lo establecido por la administración de la empresa. El control de las variaciones depende de la naturaleza del estándar, el grado de actualización, del costo implicado y las circunstancias particulares que generaron la variación (Duque, Osorio, & Agudelo, 2011).

Una de sus debilidades es la utilización de métodos de poco rigor en el cálculo de los costos predeterminados, como son estadísticas o el concepto de expertos, aunque pueden servir para el proceso de planeación, las desviaciones frente a los costos reales son más significativas, dejando de ser un referente confiable para la toma de decisiones. Otras de sus debilidades es que las variaciones no sólo se presentan a nivel de costo, sino a nivel de estimaciones del consumo del costo, por ejemplo, el caso de la cantidad de materia prima consumida, cantidad de tiempo que tomó la ejecución de una actividad por parte de la mano de obra, solo por mencionar algunas. Esta debilidad en las estimaciones se hace más evidente en los

costos indirectos de fabricación al no contar con una relación de causalidad, que hace que las variaciones sean más amplias al no tener un referente preciso de asignación para estimar el costo. También se cuenta entre sus debilidades las necesidades de actualización de los costos estándar, lo que ocasiona mayor esfuerzo, puede originar diferencias de información sobre productos procesados en condiciones similares, así como por falta de actualización generar información imprecisa para la toma de decisiones. Otra de sus debilidades se basa en las repercusiones que pueden llegar a generar el registro inadecuado de las variaciones del costo estándar y el costo real, en el registro contable y reportes fiscales; al no realizar un registro apropiado de las mismas.

Estas debilidades en la era de la información, donde cada vez más la demanda de información en tiempo real para tomar decisiones estratégicas en los negocios se hace más necesaria, utilizar costos predeterminados que no evidencian la situación real en un momento específico, le resta competitividad a la gestión y a la calidad de las decisiones que se puedan tomar.

Por otra parte, en los sistemas de costos basados en actividades el método más conocido y de mayor referencia es el sistema de costos basado en actividades ABC (*Activity Based Costing* por sus siglas en inglés). El sistema ABC surgió a mediados de los años ochenta como una alternativa a los sistemas tradicionales de costos, siendo cada vez menos relevantes a medida que se cambiaban las estructuras de precios (Al-Zu'bi & Khamees, 2014). Se puede definir como un sistema de costeo integral, que define como generador de costos a las actividades que ejecuta la empresa, utilizando estas actividades como base para la asignación de los costos a los distintos productos y servicios. Su premisa teórica se basa en que la asignación de costos se realiza según el patrón de consumo de recursos de los productos, pues las actividades consumen recursos, y los productos y objetos de costo consumen actividades. De acuerdo a esto el poder descomponer los costos de los productos en las actividades que realiza la empresa, permite identificar con más detalle las posibilidades de reducción de costos.

Asignar los costos a las actividades y estas a los objetos de costo, se apoya en los inductores de costo (*cost drivers*), los cuales explican la relación de causa y efecto entre estos elementos. Los inductores de costo son los factores o hechos que influyen en el volumen de ejecución de las actividades, siendo la causa de consumo de los recursos al realizar las actividades. Es así, que a partir de estos inductores se le asignará un costo mayor a los productos que hayan demandado más recursos organizacionales y se disminuyen las distorsiones en el costo de los productos, causadas por los efectos de la asignación por distribución de los costos indirectos de fabricación de acuerdo a como lo hacen los sistemas tradicionales (Brito, Ferreiro, & López, 2010).

La implementación de un sistema ABC inicia desde la identificación, definición y clasificación de las actividades que realiza la empresa para lograr su objetivo operacional. Seguido se asigna el costo de los recursos a las actividades identificadas, para luego asignar el costo de las actividades secundarias a las actividades primarias. Con el total de los costos de las actividades, se identifican los objetos de costo y se especifican la cantidad de cada actividad consumida por los objetos de costo específicos, se calculan las tasas primarias de actividad y se asignan los costos de las actividades a los objetos de costo (Hansen & Mowen, 2007)

Los sistemas de distribución en la contabilidad de costos tradicional llevan a una distorsión estructural en los costos y sus asignaciones, mientras que sistemas como ABC pueden reflejar una situación de costos más real al basarse en ejecución real de las actividades y evaluando los costos de acuerdo al consumo de los recursos según las demandas de los diferentes consumidores, compensando las fallas de los sistemas tradicionales (Huang, Chen, Chiu, & Chen, 2014). Sin embargo, su adopción no es tan común en las empresas pues se tiene la percepción que la recolección de información y el cálculo de los costos son complicados y demandan grandes esfuerzos. Entre las debilidades de este método se encuentra la dificultad para determinar el nivel de detalle apropiado para las actividades a cuantificar, que se pueden detallar a un nivel que deja de ser útil o por el contrario quedarse corto

en lo que abarca; lo que a su vez está unido a la dificultad de definir los inductores que desencadenan la actividad. Estas debilidades pueden hacer de la implementación del sistema más una herramienta de gestión para la planeación y el control, que una herramienta para la cuantificación exacta de los costos incurridos.

De acuerdo a la evolución de nuevos y más eficientes sistemas productivos, las empresas requieren hoy cambios en los sistemas de contabilidad de gestión, que empleen diferentes métodos de cálculo para el costo de los productos, cuantifiquen el incremento de los costos y permitan decidir con mayor certeza que actividades realmente agregan valor a los productos. Por lo que se requieren sistemas de gestión mejor diseñados que sustenten nuevas estrategias de producción y actúen como puente entre la producción y otras funciones (Alsmadi, Alamani, & Khan, 2014).

#### **1.4. Teoría de restricciones**

Ante los paradigmas tradicionales de buscar la productividad en componentes aislados de los sistemas productivos y no ver el sistema como un todo; del que se debe buscar su eficiencia global, que integre sus diferencias, y genere resultados que lleven a las empresas a sobresalir en los mercados competitivos, surgió la teoría de restricciones (TOC por sus siglas en inglés *Theory of Constraints*). Hacia los años 70s, cuando motivado por las necesidades de un vecino que operaba una planta de procesadora de pollo, el físico israelí Eliyahu Goldratt desarrollo un programa efectivo de producción que aumentó la producción de la planta, llamado OPT, que luego hacia los años 80s, fue introducido a varias grandes empresas en Estados Unidos (Naor, Bernardes, & Coman, 2013).

Goldratt aplicó ideas tomadas de su disciplina a la gestión empresarial y productiva, observando que los sistemas productivos son altamente complejos, lo que hace más fácil tratar de entender cómo se comportan en vez de ordenarles como funcionar; y que lleva a un conocimiento descriptivo de los modelos empresariales que facilite su entendimiento y una intervención practica más eficiente, es decir, en vez de aplicar modelos normativos propuso el uso de modelos descriptivos (Manotas,

Manyoma, & Rivera, 2000). Fue a partir de su novela de negocios *La Meta* en 1984, que Eliyahu Goldratt divulgó ampliamente los conceptos de la teoría de restricciones. Posteriormente publicó varios libros (*La Carrera*, 1986; *El Síndrome del Pajar*, 1990; *No es la Suerte*, 1994; *Cadena Crítica*, 1997; *Necesario pero no Suficiente*, 2000 y *No es tan Obvio*, 2009) para tratar las incongruencias entre la filosofía de TOC y los sistemas tradicionales de medición del desempeño; avanzando en el desarrollo de la teoría.

Adicional a las publicaciones de Goldratt diferentes artículos académicos han sido publicados acerca de TOC; exponiendo su historia, sus conceptos y categorizaciones, realizando la revisión de la literatura y la aplicación de la teoría en áreas como la administración de la cadena de suministro, la planeación de recursos empresariales, ventas y marketing, administración de recursos humanos, administración de proyectos y planificación de estrategias entre otras. La implementación de la teoría se ha realizado en industrias y servicios tan variados como: la industria bancaria, de salud, seguros, alimenticia, de *retail* y en organizaciones militares entre otras (Gupta, Kaur Sahi, & Chahal, 2013)

La teoría de restricciones es crítica de la aceptación generalizada de la productividad como el objetivo central de la gestión administrativa y cuestiona la lógica de los sistemas de costos tradicionales (Botero & Maldonado, 2016). Es así que en su concepción sistémica de la empresa, el enfoque TOC, analiza la empresa como la relación de sus componentes menores (subsistemas) que se relacionan entre sí para el cumplimiento de sus objetivos, y concibe la meta de la organización como “*Ganar dinero en el presente, como también garantizar su continuidad en el futuro*” (Goldratt & Cox, 2003), que no es lo mismo que ahorrar dinero.

De acuerdo a esto, su principal premisa es que el desempeño financiero de una empresa está limitado por sus restricciones, que requieren ser gestionadas implementando un proceso de cambio en tres niveles dentro de la organización (planteamiento conocido como 3M's): la mentalidad de la empresa, las medidas que impulsan el negocio y los métodos empleados en la empresa (Gupta, Kaur Sahi, & Chahal, 2013). Bajo la mentalidad planteada por TOC, la empresa debe dedicar su

energía a promover iniciativas consistentes con su meta de hacer dinero, para lo que Goldratt planteó al menos dos condiciones necesarias para su cumplimiento, proveer un ambiente de satisfacción a los empleados y satisfacer al mercado ahora y en el futuro (Gupta, Chahal, Kaur, & Sharma, 2010).

Entendiéndose las restricciones como el aspecto que limita el desempeño de todo el sistema empresarial y por ende el cumplimiento de su objetivo básico. Las restricciones existentes pueden ser de índole internas y externas. Estas restricciones pueden ser físicas, que surgen de las limitaciones en maquinaria; de mercados, por limitaciones externas a la demanda de los productos y servicios; o por políticas, adoptando prácticas que restrinjan los resultados.

Es así que lo que busca el enfoque TOC es identificar y gestionar las restricciones o cuellos de botellas, como el aspecto de control, que permita que los recursos asociados a dichas restricciones se utilicen de la mejor manera, garantizando que el sistema genere los mayores resultados, reflejado en sus salidas. Equilibrando el flujo físico del proceso con la demanda prevista, esto es, equilibrar la capacidad del recurso restrictivo con la demanda del mercado (Goldratt & Cox, 2003). De esta manera si el desempeño del sistema está limitado por sus recursos restrictivos, al mejorar el desempeño del recurso restrictivo es evidente que mejorará todo el sistema; pero si por el contrario se mejoran recursos que no son restrictivos, estas mejoras no necesariamente repercuten en mejoras globales para el sistema. De aquí la diferencia con las perspectivas administrativas tradicionales, de aumentar la productividad desde elementos puntuales sin evaluar el conjunto. Estas acciones parciales de mejora tienen repercusiones en la situación general de la empresa, reflejado por ejemplo en mayores niveles de inventario, así como en las distorsiones contables y financieras que se derivan de estos aspectos (Botero & Maldonado, 2016).

De esta manera la teoría de restricciones es una filosofía administrativa como justo a tiempo o calidad total, pues la implementación de sus principios implica un cambio de las prácticas habituales en las organizaciones (Botero & Maldonado, 2016). Es así que una de las mayores controversias que plantean Goldratt, por medio de su

teoría de restricciones, es la manera en que se realiza la medición del desempeño financiero de las empresas. De acuerdo a esto el segundo nivel a considerar implica las medidas que impulsan el negocio y permiten medir el desempeño de lograr el objetivo primario de una empresa de ganar cada vez más dinero. Desde el nivel operativo, son: *Throughput*, Inventario y Gastos de Operación, y los indicadores que permiten saber si una empresa está ganando dinero, desde un nivel macro, son: utilidad neta, rendimiento sobre el capital invertido (ROI por sus siglas en inglés *Return On Investment*) y el flujo de caja.

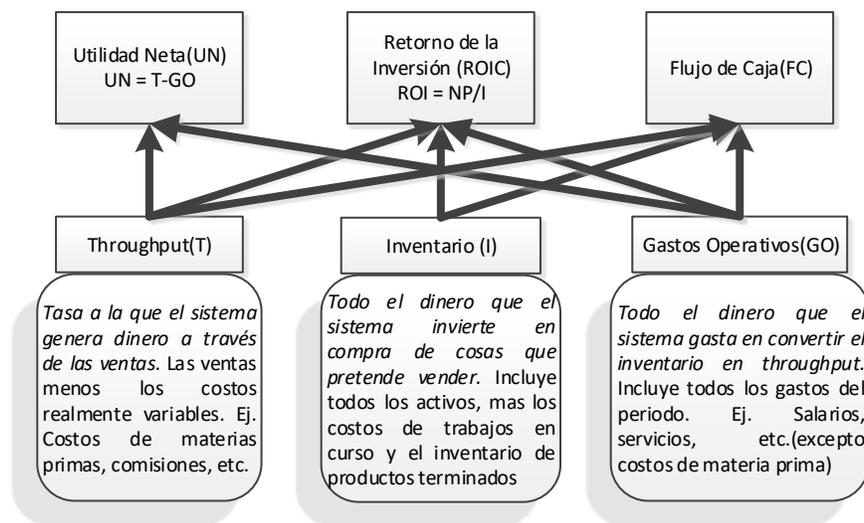


Figura 1. Medidas TOC y su relación con las medidas financieras (Gupta, Kaur Sahi, & Chahal, 2013)

El *throughput*<sup>1</sup> es “la velocidad a la que el sistema genera dinero a través de las ventas” (Goldratt & Cox, La Meta, 2003), esto es el dinero que entra a la empresa por unidades que realmente han sido vendidas, más específicamente, es el precio de venta menos los costos verdaderamente variables (es decir, los costos incurridos en proporción directa a las unidades vendidas, como es el caso de los costos directos de material) (Gupta, Chahal, Kaur, & Sharma, 2010). A partir de este parámetro se define la conveniencia o no de producir y vender, lo que implica que en la administración de la restricción se dé prioridad a los productos que generan

<sup>1</sup> La palabra *Throughput* no tiene un equivalente exacto en español, se ha intentado traducir como “facturación” o “rendimiento” pero estas palabras se alejan del concepto que el autor busca transmitir, por lo que se usará esta palabra en adelante.

mayor *throughput*. De esta manera el costo unitario deja de ser la unidad básica de medida y se orientan los esfuerzos a la generación de valor a partir de las restricciones del sistema.

A su vez el inventario “*Corresponde a todo el dinero que el sistema ha invertido en adquirir cosas que pretende vender*” (Goldratt & Cox, 2003) Abarca las materias primas e insumos directos de los trabajos en curso y los inventarios terminados. TOC no incluye dentro de su definición de inventarios, los valores relacionados con costos de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación, pues considera que estos son gastos de conversión y deben ser tratados como tal, pues el valor añadido se concreta cuando el producto es vendido y genera un diferencial, que es el que representa el valor añadido. A su vez esta separación en la definición de inventarios, disuade a los tomadores de decisiones de crear inventario para hacer que el balance presente mayores números. En otros términos, el inventario representa el dinero atrapado dentro del sistema y es muy similar a lo que se llama inversión (Gupta, Chahal, Kaur, & Sharma, 2010).

Los gastos de operación representan “*Todo el dinero que el sistema gasta en transformar el inventario en Throughput*” (Goldratt & Cox, 2003). Incluye ventas y gastos administrativos, utilidades, depreciación, alquiler, suministros, salarios, costos de inventario y otros gastos generales. En otras palabras esto representa, todo el dinero que sale del sistema independientemente del número de productos vendidos (Gupta, Chahal, Kaur, & Sharma, 2010). De esta manera el *throughput* es el dinero que ingresa a la empresa, el inventario es el dinero invertido en el sistema en determinado momento y los gastos de operación son el dinero que ha pagado la empresa para soportar su funcionamiento (Manotas, Manyoma, & Rivera, 2000). Estas medidas globales son de naturaleza financiera y se relacionan con las medidas macro mencionadas, al usarlas como referencia de control en la operación empresarial, generando una repercusión sobre los resultados de la empresa, ganando dinero por haber incrementado la utilidad neta, al tiempo que se incrementa el rendimiento sobre la inversión y simultáneamente se incrementa el flujo de efectivo (Goldratt & Cox, 2003).

El tercer nivel planteado por Goldratt corresponde a la metodología para administrar las restricciones que limitan a la empresa en la generación del *throughput*. Para llevar a cabo la mejora de los procesos, a través de la gestión de sus restricciones, plantea que la gestión debe realizarse enmarcada en 5 pasos que permitirán la correcta implantación y sostenimiento del enfoque propuestos (Goldratt & Cox, 2003), estos son:

1. Identificar las restricciones del sistema, implica a partir del análisis de capacidades determinar el recurso que restringe el flujo del proceso.
2. Decidir cómo explotar las restricciones del sistema, gestionándolas de forma eficaz para sacar el máximo provecho, asegurando que la capacidad no se desperdicie; aplicando dos principios: el valor marginal del tiempo en un recurso de restricción es igual *throughput* del sistema y las decisiones tomadas deben centrarse en sincronizar el flujo del proceso. Esto implica que la explotación de cada minuto de la restricción debe estar centrada en el objetivo de hacer dinero, es decir, darle prioridad al producto que genere mayor *throughput* por minuto de restricción (Gupta, Chahal, Kaur, & Sharma, 2010).
3. Subordinar todo a la decisión anterior, programando los recursos no limitados al ritmo de la restricción. Basado en tres principios: el primero señala que los recursos deben ser utilizados, no solo activados, el segundo dice que el valor marginal del tiempo en un recurso no restrictivo, es insignificante y el tercero, sugiere que el nivel de utilización de un recurso no restrictivo está controlado por las restricciones del sistema (Gupta, Chahal, Kaur, & Sharma, 2010).
4. Elevar las restricciones del sistema, implica aumentar la capacidad del recurso restrictivo por medio de un programa de mejora del nivel de actividad de la restricción.
5. Si elimina la restricción, volver al paso inicial, generalmente cuando se supera una restricción se crea una nueva, por lo cual se debe continuar en el proceso de mejora continua.

Por medio de este ciclo los procesos empresariales estarán en constante seguimiento y mejora de su desempeño, enmarcados en un proceso de mejora continua, orientados a maximizar el dinero generado por el sistema. Implícito en este método está que las restricciones deben ser administradas con base a las fluctuaciones estadísticas que presentan los procesos, pues sus flujos son de tipo probabilístico, siempre hay un cambio en el desempeño de sus actividades a nivel de tiempos, especificaciones y otros. También se debe considerar lo que Goldratt definió como eventos dependientes, lo que implica que en los procesos siempre hay una interdependencia entre sus actores que afecta su desempeño. Otro de los aspectos fundamentales que también se deben considerar cuando se implementa la gestión de los procesos por este enfoque, es la determinación del nivel al que deben operar los recursos que no son una restricción, este es uno de los planteamientos más inquietante de Goldratt, pues contrario a la noción tradicional, plantea al ocio como un medio para mejorar la productividad, visto desde la perspectiva que la sobreexplotación de recursos que no son restrictivos solo van a generar un uso inadecuado del capital al generar inventarios más altos, implicando la aparición de mayores costos y gastos, y que en la práctica no aportan más dinero al sistema que el permitido por la capacidad del recurso restrictivo en un periodo determinado.

Como parte de este proceso se cuentan con algunas técnicas para gestionar la capacidad dinámica de los procesos, es el caso del sistema tambor, amortiguador y cuerda (D-B-R, por sus siglas en inglés *drum-buffer-rope*) utilizado para controlar y sincronizar las operaciones de manufactura, definir el programa óptimo de explotación de la restricción y controlar el flujo de inventarios del sistema.

El tambor es el ritmo o cadencia del flujo establecido por la restricción del sistema, el amortiguador se define como el inventario representativo del tiempo de respuesta de las operaciones anteriores al cuello de botella, que asegura que siempre tendrá material para trabajar, pueden ser tiempo o material; y la cuerda se define como el sistema o plan que se encarga de comunicar al cuello de botella con los recursos

restante, programando su trabajo a la velocidad de este cuello de botella (Ortiz, Nuño de la Parra, Torres, & Báez, 2008).

TOC como teoría ha sido revisada y cuestionada, en pro de validar el cumplimiento de los parámetros que implica una buena teoría. De acuerdo a Naor, Bernardes & Coman (2013) al contrastar las características de TOC con los componentes de una buena teoría, consideran que el objetivo de TOC de crear valor y la definición clara de las variables que definen la teoría, cumple con el primer criterio de definición de una buena teoría, que es justamente la definición de las variables. El segundo criterio, el dominio que debe tener una buena teoría, TOC lo cumple al poder ser aplicada a cualquier sistema con una meta que está sujeta a elementos restringidos que interactúan con elementos no restringidos; ejerce su dominio cuando se presentan eventos indeseados en las restricciones en el punto del proceso en que se localiza el problema. El tercer criterio, se cumple al relacionar las medidas de desempeño operacional (*throughput*, inventario y gastos operativos) con las medidas tradicionales (beneficio neto y retorno de la inversión), que se logra al enfocar los esfuerzos en la gestión de las restricciones, por medio del sistema tambor-amortiguador-cuerda, pues son los que limitan el rendimiento general del sistema, y al mejorar repercuten en las medidas tradicionales; y como último criterio las predicciones que logra la teoría y el soporte empírico, los soporta la identificación de los límites de un sistema que los dicta sus restricciones y la disminución del *throughput* cuando en un sistema balanceado aumentan los inventarios y los gastos operativos. Para esto TOC se basa en los 5 pasos para la gestión de restricciones, y el soporte empírico lo sustenta la cantidad de empresas que han implementado TOC con éxito. De esta manera para Naor, Bernardes & Coman (2013) TOC cumple con los componentes que debe considerar una buena teoría y a su vez sustentan que TOC cumple con las virtudes de una buena teoría.

### **1.5. Creación de Valor**

Directamente, la generación de mayores ingresos debería verse reflejada en los registros financieros de las empresas y por ende impactar en un aumento del valor

del negocio. Para esto es necesario medir de una manera precisa el valor generado por las operaciones de la empresa, para Iñiguez & Poveda (2000) la medida del Valor Económico Agregado (EVA® por sus siglas en inglés *Economic Value Added*) supera a otras medidas que buscan explicar el valor generado por la operación, considerando la importancia de los ajustes en la información que se requieren para un cálculo preciso. El EVA es una medida operativa de la creación de valor creada por la consultora Stern Stewart & Co. Fue a partir de la publicación del trabajo de Benneth Stewart “*The Quest For Value*” (1991) y las publicaciones realizadas por los fundadores de la consultora en el *Journal of Applied Coporate Finance*, que el tema se propagó, explicando la medida, sus ventajas, tanto como medida explicativa del valor del mercado de la empresa como medida para la gestión interna (Iñiguez & Poveda, 2000).

La idea a partir de la que se inspira el EVA surgió hacia finales del siglo XVIII cuando Roberth Hamilton planteó que para que una empresa creara valor era necesario obtener una rentabilidad superior al coste de los recursos empleados. A lo largo del siglo XX este concepto se ha identificado por varios términos, siendo el resultado residual de los más conocidos hasta la consolidación del termino EVA como una medida generalizada (Iñiguez & Poveda, 2000).

La definición del EVA se derivó del resultado residual, realizando ajustes sobre los valores que se calcula para definirse como sigue:

$$EVA = NOPAT \text{ ajustado} - WACC \cdot CAPITAL \text{ ajustado}$$

Donde NOPAT (*Net Operating Profit After Taxes*) es la utilidad operacional después de impuestos, WACC (*Weighted Average Cost of Capital*) es el coste medio ponderado del capital y CAPITAL es el capital invertido. Stewart propone una serie de ajustes a aplicar a las magnitudes contables, para aproximarlas en mayor medida a la realidad económica de la empresa y estas varían de acuerdo a la naturaleza de la empresa. Se presentan más de 160 ajustes potenciales que se aplican sobre cuentas de resultados y balances para obtener las medidas apropiadas de beneficio y capital apropiadas para el cálculo del EVA (Iñiguez & Poveda, 2000).

El NOPAT es la utilidad neta que una empresa puede obtener si su capitalización no se apalanco, esto es que no tenía deuda. Por lo que el NOPAT permite tener una mejor visión de la eficiencia operativa de las empresas apalancadas, sin incluir los ahorros de impuestos que las empresas tienen por tomar deuda. Este monto tampoco incluye cargos atípicos de la operación de la empresa, como lo son cargos relacionados con fusiones o adquisiciones, que no permiten considerar los resultados de la operación de la empresa a pesar de que repercuten en los resultados finales. Si bien algunas maneras comunes de evaluar el desempeño operativo de una empresa son a través de las ventas o el incremento de la utilidad neta; las primeras permiten tener un referente del desempeño, pero no permiten conocer la eficiencia operativa, y la utilidad neta incluye los efectos de los costos y gastos, pero a su vez se ve afectada por el efecto del ahorro de impuestos que implica que la empresa tenga deuda, de aquí la importancia de utilizar el NOPAT. El NOPAT también se puede expresar de la siguiente manera:

$$NOPAT = EBIT \times (1 - \text{Tasa de impuestos})$$

El EBIT (*Earnings Before Interest & Tax*) es las ganancias antes de intereses e impuestos luego de descontar a los ingresos los costos y gastos de la operación del negocio. Determina la generación de efectivo que ha tenido la empresa, sin considerar cargos por impuestos e intereses, sin embargo, considera el efecto de otros ingresos y gastos que no están relacionados con la operación del negocio, pues estos se consideran en el cálculo de la utilidad neta, por lo que la fórmula del EBIT se define así:

$$EBIT = \text{Utilidad Neta} + \text{gastos por intereses} + \text{gastos por impuestos}$$

El EBIT se puede considerar similar a la utilidad operacional (*Operating Income*) siempre que se considere el efecto de los gastos que no están directamente relacionados con la operación, como son planes de beneficios, ingresos por intereses, ganancias por otras inversiones, entre otros. Por lo que el NOPAT también se puede expresar así:

$$NOPAT = EBIT \times (1 - \text{Tasa de impuestos})$$

De esta manera el EVA puede calcularse a partir del cálculo del EBIT de la siguiente manera:

$$EVA = EBIT \cdot (1 - \text{tasa de impuestos}) - WACC \cdot CAPITAL \text{ ajustado}$$

Es así que el EBIT es el encargado en el cálculo del EVA de considerar la capacidad de generación de efectivo que tiene la operación de la empresa, de aquí la importancia de esta medida y de su uso en la estimación del valor, pues este se debe calcular sobre los resultados financieros de la operación pura de la empresa, ya que es la razón de ser de la empresa y a partir de la cual se supone se genera la riqueza para los inversionistas.

Por otra parte, el cálculo del EVA también requiere de utilizar el WACC o costo promedio ponderado de capital. El WACC se considera la tasa de retorno esperada por los proveedores de capital de la empresa, comúnmente se refiere a este valor como el costo del capital de la empresa, sin embargo, es importante diferenciar la manera en que se usa este término, pues en algunos usos hace referencia al costo del capital aportado por los accionistas y en este caso señala el costo promedio del capital, que comprende el costo de la deuda y del capital invertido por los accionistas, esto es el costo promedio ponderado de capital (WACC). La fórmula para calcular el costo del capital está dada de la siguiente manera (Pinto, Henry, Robinson, & Stowe, 2007):

$$WACC = \frac{Deuda}{Deuda + Capital} Kd(1 - Tasa de impuestos) + \frac{Capital}{Deuda + Capital} Ke$$

Donde el valor de la deuda y el capital deberían ser el valor actual a mercado, y no su valor en libros o valor contable. De aquí el nombre de la expresión ponderado de capital, pues se considera que proporción es deuda y que capital. Para el cálculo del WACC se debe considerar el costo de la deuda y el costo del capital, el costo de la deuda ( $Kd$ ) es una partida que se puede establecer a partir de las tasas a las que la empresa ha tomado deuda, pero debe ser considerada descontando la tasa de impuestos a que hubiera lugar, esto refleja la deducción fiscal por el pago de intereses (Pinto, Henry, Robinson, & Stowe, 2007). El costo del capital ( $Ke$ ), es el

valor que el accionista espera recibir por asumir el riesgo de invertir en la empresa, al no ser una tasa que genere una erogación directa es la partida que toma mayor relevancia para su determinación, ya que es una partida que generalmente se debe estimar y tiene diferentes enfoques.

Para la estimación del costo de capital ( $Ke$ ) es generalmente utilizado el modelo de Valuación de Activos Financiero CAPM (*Capital Asset Pricing Model* por sus siglas en inglés) que relaciona el riesgo del mercado con los beneficios esperados por los accionistas, se utiliza la siguiente fórmula para su cálculo:

$$Ke = Rf + \beta * Rp$$

Donde ( $Rf$ ) es la tasa libre de riesgo en la que un inversionista puede destinar sus recursos sin exponerse a un riesgo significativo, en el cual por lo menos estará exento del riesgo de incumplimiento. La prima de riesgo del capital ( $Rp$ ) es la tasa adicional que el inversionista espera ganar por asumir el riesgo de invertir en la empresa y no hacerlo en otro negocio o simplemente a la tasa libre de riesgo, esta también es el rendimiento esperado de mercado menos la tasa libre de riesgo. El cálculo de esta prima se realiza partiendo de datos históricos de la empresa o sector o de datos futuros en cuanto a las expectativas de crecimiento de la empresa (Ehrhardt & Brigham, 2007). El coeficiente Beta ( $\beta$ ) es una medida del nivel de riesgo de una inversión con respecto al mercado, o lo que es lo mismo, la tendencia del rendimiento de la inversión con respecto a los cambios en el mercado, por lo que se debe tomar de referencia el comportamiento de un título del mercado con respecto a un índice del mismo o consultar las bases de datos actualizadas de estimaciones del coeficiente. Es así que el costo del capital, considera el riesgo que se asume por realizar una inversión, su relación con inversión de bajo riesgo y el rendimiento que se podría obtener.

El WACC refleja la mezcla del costo de los recursos que permiten el crecimiento de la empresa a través del apalancamiento que recibe de los proveedores de capital. Por tal razón, es importante la gestión que hace la empresa para mejorar su beta y por ende su riesgo asociado, haciendo que decrezca el costo de capital; lo que repercute directamente tanto en el valor de la empresa, debido a que el WACC es

la tasa de descuento a la cual se valúa el flujo de efectivo de la empresa, como en el valor económico que esta crea.

La esencia del cálculo del EVA consiste en descontar de la utilidad generada por la operación el beneficio que deben percibir los inversionistas, este se deriva de aplicar la tasa de WACC al capital que estos invirtieron. La estimación del capital comprende la determinación del capital de operación aportado por los inversionistas que es la suma de los documentos por pagar, la deuda a largo plazo, las acciones preferentes y el capital contable. Otra forma de calcularlo es la suma del pasivo total y el capital menos las cuentas por pagar, las acumulaciones e inversiones a corto plazo, lo que equivale al capital neto de operación (Ehrhardt & Brigham, 2007).

También otra manera de determinar el monto del capital es determinando el monto de los Activos Netos de Operación (Leon Garcia, 2003). Estos corresponden a la suma como se muestra a continuación:

*Tabla 2 Estimación de activos netos de operación*

Capital de trabajo neto operativo (KTNO)
+ Activos Fijos
+ Otros Activos Operativos No Corrientes
= Activos Netos de Operación

Esto es similar a restarle a los activos de operación la parte que es financiada por los proveedores de bienes y servicios, donde los activos de operación, son los activos registrados en el balance, pero excluyendo los activos no operativos. La Figura 2 refleja el capital a emplear:



Figura 2 Activos netos de operación o capital empleado (Leon Garcia, 2003)

Ligado a la medición del EVA, se encuentra la correlación existente entre esta medida y el indicador denominado Valor Agregado del Mercado (MVA por sus siglas en inglés *Market Value Added*) que representa el incremento en el valor de las acciones de una compañía, por lo que es considerada una medida de creación de valor y está definido como el valor presente de los EVAs futuros de una empresa. De acuerdo a esto un aumento en el EVA repercute directamente en el valor que el mercado percibe sobre la empresa.

La gestión empresarial debe repercutir en aumentar el valor del EVA para esto algunos de los planteamientos son: aumentar el NOPAT en mayor proporción que el capital, realizar inversiones que obtengan rentabilidades superiores a los costos de los recursos utilizados y la desinversión en proyectos que no alcanzan los beneficios esperados (Manotas, Manyoma, & Rivera, 2000).

Es así que todos los esfuerzos y enfoques planteados para cambiar la manera en que se ejecutan y controlan las operaciones, se deben reflejar a nivel de las estructuras financieras repercutiendo directamente en el valor de las empresas; de tal manera que al utilizar medidas como el EVA se evidencie la fuente de la que surge los mejores resultados, para de esta manera consolidar estrategias que lleven a la empresa a otro nivel competitivo.

## 2. Capítulo 2: Revisión y Análisis de Modelos Existentes

A lo largo del desarrollo y consolidación de la teoría de restricciones, tanto en su conformación como teoría como tal y su aplicación en la industria en diversos procesos y servicios; ha sido enfocada directamente en la gestión operativa, sin mayor énfasis en las relaciones con otras áreas de la empresa, y aunque en gran parte su base es la definición de métricas que ayudan a controlar el desempeño financiero, poco se analizan las relaciones que se deben generar con los aspectos financieros y contables de la empresa, para cuantificar correctamente los cambios que implica la aplicación de la teoría.

De acuerdo a la revisión literaria realizada, la manera en que se relacionan TOC con los aspectos financieros de la empresa, generalmente van de ligados con la combinación de métodos, encontrándose el caso más común de TOC en conjunto con ABC, buscando fusionar los de tipos de planteamiento para determinar un modelo que permita cuantificar y controlar financieramente los resultados obtenidos.

Por otra parte, se habla del *Throughput Accounting*, que busca hacer una aproximación a lo que debería ser el registro financiero de lo que implica la teoría de restricciones, sin embargo, no se encuentra un modelo claro y específico de cómo se debería llevar el registro de información ni las relaciones entre ellas; aun así, plantea las bases y lineamiento que son de relevancia en la implementación de la teoría.

La no existencia de un modelo referente claro de la forma en que se deben registrar y cuantificar los cambios que conlleva la aplicación de TOC, puede hacer que desvirtúe las ventajas que trae su implementación, al considerarse meramente como una filosofía y no como un modelo que se convierta en una herramienta tangible, clara y concisa, siendo la fuente de cambios y optimización de los procesos empresariales que lleva a romper barreras, trascendiendo en la organización. Por esto se hace necesario proponer y estructurar un modelo que sea propio de TOC. Pero antes de plantearlo es necesario revisar las propuestas actuales para identificar sus principales ventajas y sus aspectos de mejora, recogiendo todas las ventajas en un único modelo.

## **2.1. Descripción y aplicación de modelos existentes**

El desarrollo de TOC ha tenido diferentes vertientes y enfoques en su aplicación, recopilando las aplicaciones y modelos que tienen orientación hacia los resultados financieros, se describen de acuerdo al alcance que diversos autores han desarrollado, los cuales han validado su funcionalidad tanto en caso reales como teóricos.

### **2.1.1. Throughput Accounting(TA)**

*Throughput Accounting* es la alternativa de TOC para la contabilidad de costos (en cualquiera de sus formas: costeo por producto, ABC, costeo total, costos por absorción) orientadas a aumentar la rentabilidad (Pretorius, 2004). Más allá de un modelo financiero para la aplicación de TOC, busca dar un soporte de métricas contables o financieras que permitan evaluar el desempeño financiero del uso de TOC frente a diferentes aplicaciones; pero su alcance no pasa de ser un referente de los resultados obtenidos, para conectarlos con los resultados globales de la empresa en su estructura financiera.

TA es una herramienta potente en la planificación de los procesos productivos. Mientras que con sistemas de costeo tradicionales se percibe la capacidad de un proceso, como la capacidad instalada del mismo, TA hace énfasis en las capacidades reales de los recursos individuales del proceso. De aquí que cuando la demanda de los productos es mayor a la capacidad de los recursos, es necesario definir los productos que tendrán prioridad en el proceso productivo. Siendo TA un modelo superior para la elección correcta de la mezcla de producción, basándose en la identificación del recurso restrictivo del proceso para determinar el rendimiento por unidad de tiempo de este recurso restrictivo (Budd, 2010). Para ilustrar esta situación Goldratt popularizó su ejemplo conocido como “P-Q” (Goldratt, 1990). Este caso se basa en una fábrica “ideal” que trabaja en un entorno estable sin incertidumbres, es decir, se conoce con certeza los tiempos de cada etapa del proceso, los costos por producto, así como el precio de venta es fijado puntalmente, se tiene identificado la demanda exacta del producto y su flujo de proceso esta justamente sincronizado como lo muestra la Figura 3.

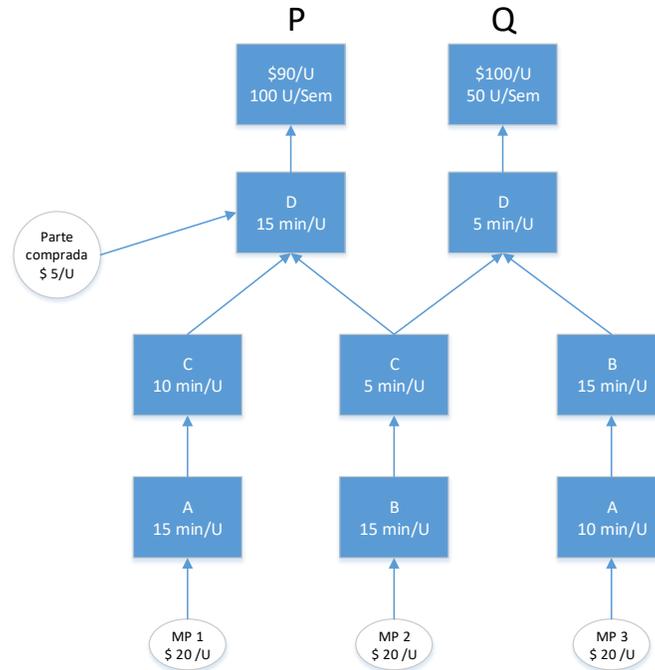


Figura 3. Ejemplo Empresa PQ (Goldratt, 1990)

El proceso se compone de 4 estaciones de trabajo (A, B, C, D) con un solo trabajador por estación, con disponibilidad para trabajar 5 días por semana, 8 horas por día y 60 minutos por hora, lo que equivale a 2400 minutos por semana. Para efectos del ejemplo no se consideran tiempos de descanso, ni ausentismos entre otros. Los gastos operativos totales de la fabricación se suponen en \$ 6000, en los que están incluidos salarios, prestaciones, servicios públicos, intereses, entre otros. El precio pagado por la materia prima se referencia en la Figura 3, y se estima una demanda de 100 unidades del producto P y 50 unidades del producto Q, los cuales se venderán a un precio de venta de \$90 y \$100 dólares respectivamente.

Ante la pregunta que plantea Goldratt: Cuál es el beneficio neto (mínima pérdida) por semana que puede alcanzar la empresa? (Goldratt, 1990) Se debe determinar cuál es la combinación que logra maximizar ese beneficio. De primera mano, se tiende a considerar la combinación del producto como la demanda planteada, identificando el beneficio neto que se podría lograr con cada producto, de la siguiente manera:

$$P: 100 \text{ unidades} \times (\$90 - \$45) = \$4500$$

$$Q: 50 \text{ unidades} \times (\$100 - \$40) = \$3000$$

Obteniendo un margen de \$7500, del cual se deben descontar los gastos operativos de \$6000 lo que aparentemente generaría un beneficio neto por semana de \$ 1500. Siendo una aproximación errónea a la situación pues se considera que la única restricción es la demanda del mercado, cuando el primer aspecto a considerar es la identificación de limitación que restringe el sistema. Esto es fácilmente identificable en la Figura 3, al notar que la estación que requiere ejecutar más trabajo para la fabricación de los productos es el recurso B (para el producto P requiere de 100 unidades x 15 minutos: 1500 minutos y para el producto Q, de 50 unidades Q x 30 minutos: 1500 minutos, necesiándose un total de 3000 minutos de solo 2400 minutos disponibles) esto hace que no sea posible satisfacer la demanda total del mercado, por lo que se debe elegir que productos fabricar y que cantidades. En este punto se suele pensar en elegir el producto más rentable, pero ¿cuál es éste? En un enfoque tradicional al revisar el precio de venta, se elegiría el producto Q, pues su precio es mayor que el de P; al revisar el costo de la materia prima, Q tiene un menor costo; si se revisa el margen de contribución, medida común de los sistemas de costos tradicionales, Q tiene un margen de \$ 60 frente a los \$45 de P. Revisando otros aspectos como la cantidad requerida en cada producto, Q requeriría 50 minutos frente a 60 minutos de P. De esta manera cualquiera de estas consideraciones llevaría a pensar que el mejor producto es el producto Q.

Al calcular el beneficio neto de acuerdo a estos planteamientos, se considera la cantidad de cada producto que el recurso B puede procesar, para Q serian 50 unidades (30 minutos x 50 unidades = 1500 minutos) y en el tiempo que restaría de disponibilidad, 900 minutos (2400 minutos semanales menos 1500 minutos procesando Q) produciría 60 unidades de P. Esto generaría el siguiente resultado semanal:

$$\text{Resultado semanal: } 50 \text{ und } Q \times \$ 60 + 60 \text{ und } P \times \$ 45 - \$ 6000 = -\$300$$

Considerando los márgenes por producto y descontando los gastos operativos, semanalmente se arrojaría una pérdida de \$ 300. Es así que desde esta perspectiva de los sistemas de costos tradicionales donde se centra principalmente en los márgenes para seleccionar los mejores productos, la determinación de los planes de producción puede terminar arrojando pérdidas significativas por no considerar las limitaciones que tiene el sistema, específicamente de determinar cuánto realmente es capaz de generar la restricción que tiene el sistema. También los sistemas de costos tradicionales buscan lograr determinar el margen de contribución prorrateando los costos fijos dentro del costo unitario del producto, para determinar la ganancia obtenida por los productos, sin embargo, esta cuantificación puede utilizar un parámetro erróneo de asignación, desvirtuando la realidad de los aportes de las ganancias del producto. TA por el contrario solo toma como referencia para la identificación del dinero generado por los sistemas, los costos directos y asume por regla la existencia de costos operativos fijos (Hilmola & Li, 2016).

En línea con el planteamiento de TOC, la TA busca explotar las restricciones en el sentido financiero correcto. Lo que interesa es sacar el máximo dinero de los recursos que limitan, pues son éstos los que detienen la capacidad de generación de la totalidad del sistema; por esta razón el parámetro para priorizar los productos dentro de un plan de producción es el máximo de dinero generado por el recurso restrictivo. Para este caso, cuando se ofrece el producto P al mercado, paga \$45 por el esfuerzo de la empresa (*throughput* generado por la empresa), ¿pero cuántos minutos del recurso restrictivo se deben invertir para ganar este margen? 15 minutos, esto quiere decir, que al vender este producto se obtiene \$3 por cada minuto de la restricción ( $\$ 45 / 15$  minutos). Que para el caso del producto Q solo se recibirían \$2 por cada minuto de la restricción ( $\$ 60 / 30$  minutos), nótese que estos valores no están relacionados directamente con el costo, son contribuciones a la generación de dinero de la empresa, que es el fin último y para el que está funcionando, ganar más dinero ahora y en el futuro, de acuerdo a lo planteado por TOC. De esta manera cambia considerablemente las preferencias de los productos

a vender, frente a lo planteado por los sistemas de costo tradicional, quien juzga cuál es el sistema más apropiado es el resultado financiero final.

Al cambiar la preferencia en el producto a fabricar, siendo P el de primera prioridad, se podrían ofrecer 100 unidades (que requiere 100 unidades por 15 minutos = 1500 minutos) y quedando una disponibilidad de 900 minutos (2400 minutos semanales menos 1500 minutos de producción de P) por lo que se pueden producir 30 unidades de Q (900 minutos en 30 minutos de recurso B), lo que generaría el siguiente resultado semanal:

$$\textit{Resultado semanal: } 30 \textit{ und Q } \times \$ 60 + 100 \textit{ und P } \times \$ 45 - \$ 6000 = \$300$$

Es así que el enfoque en TA no está en los costos, sino centrado en la capacidad de generación económica de los recursos restrictivos de un proceso, es decir, en la rentabilidad y la capacidad de un sistema para responder y entregar (Hilmola & Gupta, 2015). Esto lleva a tomar las decisiones operacionales más acertadas que repercutan apropiadamente en los resultados financieros de las empresas.

Las desventajas de la aplicación de TA se encuentran en la incertidumbre que es natural en los procesos de las empresas, en los que se tiene altas fluctuaciones estadísticas en los tiempos de procesamientos, en la calidad de las operaciones y no tener plena certeza en la demanda real del producto, afectando directamente la rentabilidad de las empresas. Sin embargo, en estudios realizados por Hilmola & Gupta, se ha encontrado que al incluir la incertidumbre en variables como la demanda, el suministro de materias primas, entre otras; la capacidad de generación de recursos de los recursos restrictivos siguen siendo un mejor referente para priorizar la fabricación a pesar de las fluctuaciones que se presentan en inventarios y la entrega final de productos (Hilmola & Gupta, 2015). Otra de las dificultades de TA se da en que no todos los casos produce resultados totalmente óptimos, como en situaciones de dos o más restricciones en el producción, pero si una optimización diferente o en algunos casos que requiere soluciones con valores enteros (Hilmola & Gupta, 2015), por lo que se ha propuesto que la TA incorpore la programación de enteros lineales para lograr resultados sostenibles y óptimos; también los crecientes gastos operativos escalonados dificultan la

aplicación del modelo al no tener una clara clasificación entre gastos variables o fijos (Hilmola & Li, 2016)

De acuerdo al estudio realizado por Parkhi & Punjabi, las limitaciones para implementación de TA en las empresas se basan principalmente en el tipo de industria que se quiere implementar, pues de acuerdo a su tipo se deben cumplir los estándares contables y se determinan la estructura de costos de un producto. A su vez la habilidad y la capacidad de las empresas para recopilar la información necesaria para implementar TA, está relacionada con la necesidad que perciban de mejorar sus sistemas de recopilación de información para mejorar la toma de decisiones. Lo que al generar una mayor conciencia de la necesidad de implementar estos modelos repercutirá en el tiempo de implementación y por ende en el retorno de la inversión (Parkhi & Punjabi, 2015).

Existe una reticencia a aceptar a TA como una técnica sólida cuando implica decisiones a largo plazo, lo que se considera una desventaja, y se basa en el argumento que TA ignora el costo fijo y solo puede utilizarse para la optimización a corto plazo suponiendo que variables tales como el precio del producto, costos laborales, tecnología y el sistema de producción es fijo (Pretorius, 2004). En cuanto al argumento que TA no es apropiada para la decisiones que implican largo plazo, es de considerar que las restricciones y su capacidad deben ser consideradas y contabilizadas adecuadamente en todos los horizontes en que se toman inversiones, y desde el planteamiento de TA son las restricciones las que determinan principalmente qué costos fijos son relevantes y cuáles no se deben incluir en la toma de decisiones, tanto a largo como a corto plazo (Pretorius, 2004).

Un reto para la implementación de TA y su desarrollo es considerar en su aplicación la flexibilidad (cambio) de la estructura de costos con el volumen y el uso de recursos. Sin embargo, en los estudios realizados por Hilmola, donde la estructura de costos muestra flexibilidad, encontró que son los productos de mayor rendimiento los candidatos para optimizar los beneficios en esos casos (Hilmola & Li, 2016). Sin embargo, se debe profundizar en las condiciones y características bajo las cuales se debe aplicar TA en estas condiciones.

### 2.1.2. Drum - Buffer - Rope (DBR)

DBR hace parte de una de las aplicaciones fundamentales en el enfoque de los cinco pasos para el mejoramiento de procesos a través de TOC. DBR es un método de programación de capacidad finita, a diferencia de metodologías para la determinación del abastecimiento de materias primas a la producción como MRP (por sus siglas en inglés, *Material Requierement Planning*) que asume una capacidad infinita; DBR asegura que la programación de producción tenga la capacidad requerida, desempeñando así las mismas funciones de planificación de capacidad que la planificación global y la planificación de los requerimientos de capacidad en un sistema tradicional. Además, la gestión de los buffers hacen las veces de un control de capacidad similar a la función realizada por el control input/ouput de un sistema tradicional (Gupta & Boyd, 2008).

Lo componentes de DBR funcionan sincronizados, *Drum* es el recurso que restringe el proceso y que marca el ritmo para el funcionamiento del sistema; el *Buffer*, es un inventario de reserva que abastece el recurso restrictivo para asegurarse que siempre esté funcionando, lo que se convierte en un tiempo de reserva; y *Rope*, es la comunicación que se debe dar entre los recursos para determinar lo que se debe producir exactamente.

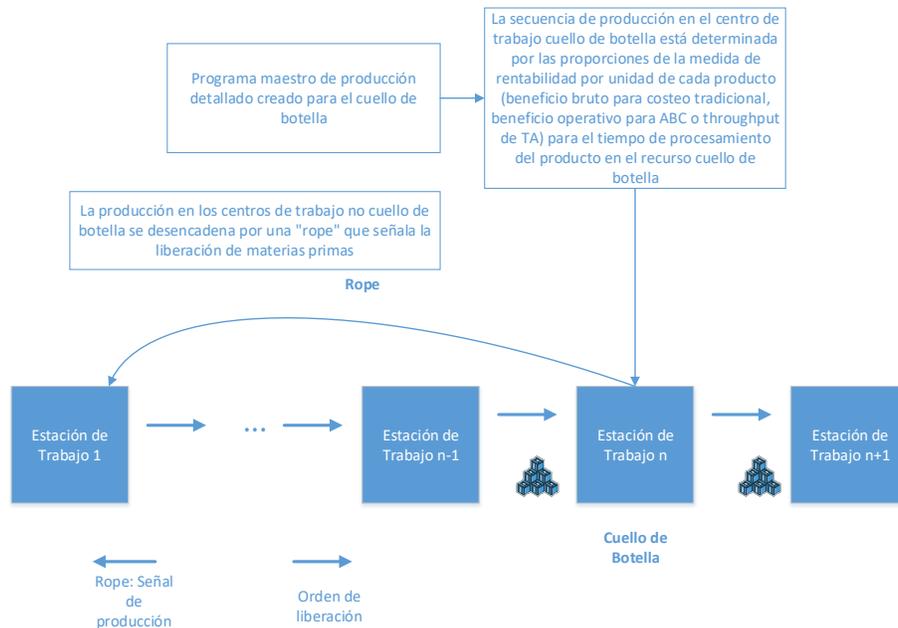


Figura 4. Sistema DBR (Budd, 2010)

Este es un método considerado como parte de los sistemas Pull, que surgen como parte del Sistema de Producción de Toyota (TPS) y de la corriente de pensamiento de JIT, cuya finalidad es hacer coincidir el flujo de trabajo a través del proceso de producción con la demanda interna, a fin de maximizar la capacidad de respuesta de ese proceso a la demanda del cliente final (Darlington, Francis, Found, & Thomas, 2015).

De acuerdo a este enfoque el inventario es uno de los principales aspectos a considerar por DBR, orientándose a la gestión de los inventarios de demanda dependiente; buscando mantener un sistema de bajo inventario, en lugar de sin inventario; pues el objetivo principal de mantener inventario es proteger el rendimiento del sistema y tener exceso de este puede reducir la eficiencia del sistema en varias formas:

- Dificulta el movimiento físico de las cosas
- Dificulta el seguimiento de las cosas, causando interrupciones en la producción mientras se busca materiales o insumos del proceso

Por lo que DBR busca el equilibrio óptimo en la cantidad de inventarios, contando con que los recursos tengan la disponibilidad para producir cuando lo necesitan, sin

estar produciendo excesos por encima de lo que deberían, y sin bajar los niveles al punto de amenazar el rendimiento del sistema.

En la planificación de la producción realizada con DBR, el recurso restrictivo se programa primero, la medida en que se libera la materia prima en el proceso también se programa de acuerdo a la restricción, a los tiempos de alistamiento, a los tiempos de proceso de los recursos previos y al tiempo en que el buffer definido cubre la restricción. La programación se realiza partiendo de la suposición que los recursos sin restricción tendrán un exceso de capacidad, por lo que el tiempo de espera en los recursos no restrictivos será mínimo.

DBR también difiere de otros sistemas de programación de producción como MRP, en el manejo del tamaño de lote y el uso de las cantidades económicas de pedido. Como los artículos producidos no se consideran *throughput* hasta que se vendan, cualquier regla de tamaño de lote haría que la restricción trabaje en algo que no ha sido ordenado por el cliente mientras que hay partes en espera que si han sido ordenadas por los clientes. Por lo que los lotes se deberían combinar en las restricciones, procurando mantener las configuraciones de la programación siempre que el calendario de entregas se pueda cumplir (Gupta & Boyd, 2008). Por lo que TOC busca abordar la gestión de inventarios de demanda independiente en el contexto de la gestión de la cadena de suministro (Gupta & Boyd, 2008).

En el estudio realizado por Ortiz et. al. (2008) buscando comparar el comportamiento de un sistema de costos estándar con TOC al aplicar sistema DBR, concluyen que la aplicación de este último permite la disminución del inventario en proceso significativamente frente al costeo estándar, también determinaron que en el flujo propuesto las primeras tres máquinas (ubicadas antes del recurso restrictivo) produjeron en promedio más del 250% que las mismas máquinas en el sistema DBR, y que a pesar de tener una mayor utilización de máquinas en el sistema de costeo estándar, éste no produjo mayor producto terminado que el proceso gestionando con DBR, y por el contrario sí implica mayores gastos de operación de la empresa y menor liquidez. También identificaron que una pieza pasa menos tiempo en el sistema bajo el enfoque DBR (847 min) y menos tiempo de espera para

ser procesada por una máquina (530 min), por lo que concluyen que el sistema DBR es mucho más eficiente. A su vez, se plantea la necesidad de determinar un procedimiento matemático básico para determinar el número de unidades que debe tener el buffer (Ortiz, Nuño de la Parra, Torres, & Báez, 2008).

### **2.1.3. TOC-ABC**

En el desarrollo de TOC como herramienta de gestión en la industria ha surgido un modelo que busca sumar ventajas para lograr los objetivos financieros, ha sido la combinación entre TOC y ABC, que en los últimos años su uso ha ido en aumento. Se parte de la visión que en el sistema ABC, la planificación se considera para un tiempo a largo plazo, mientras TOC se centra en el tiempo a corto plazo (Sheu, Chen, & Kovar, 2003). En el corto plazo se considera un periodo en el que uno o más recursos utilizados en el proceso de producción están fijos, es decir, que las capacidades de la empresa, así como los costos asociados con estas capacidades (incluidos costos de mano de obra y gastos generales) son fijos, y a su vez estas capacidades fijas crean restricciones. Es en estas circunstancias, que los únicos costos que varían son los directamente relacionados con el producto a fabricar, y es donde las decisiones de corto plazo deben enfocarse en obtener el mayor beneficio de las restricciones. En el largo plazo ABC, podría ser más apropiado, pues proporciona una visión a largo plazo de los costos que pueden modificarse como parte de la gestión, suponiendo que la mayoría de los costos tienden a ser variables; enfocándose en la gestión del exceso de capacidades, al asignar el exceso de capacidades a los factores responsables de la administración de costos, lo que llevaría a eliminar las capacidades innecesarias (Jafarnejad, Mehregan, Namazi, & Abtahi, 2016).

Tanto las suposiciones de TOC como las de ABC son válidas dependiendo del horizonte de tiempo; aunque pareciera que son contradictorias, su integración puede contribuir a mejorar tanto el aspecto operacional como financiero de las empresas, de tal manera que las debilidades de un enfoque pueden ser superadas por las fortalezas del otro (Alsmadi, Alamani, & Khan, 2014).

ABC puede proporcionar la información necesaria para elegir la mejor estrategia para eliminar las restricciones, así como identificar los productos de menor costo y mayor beneficios, y encontrar las áreas de mayor costo con capacidad no utilizada (Huang, Chen, Chiu, & Chen, 2014).

En el estudio llevado a cabo por *Alsmadi et. al.* (2014) para el desarrollo de un enfoque integrado entre ABC y TOC aplicable a empresas que operan bajo principios de fabricación Lean, orientado a encontrar una mezcla de productos rentables, identificaron seis pasos para la implementación de un modelo ABC-TOC, el modelo se describe en la Figura 5 :

1. Investigar los registros actuales de la empresa: como lo son la demanda de los productos, el tamaño de lote, el costo de materias prima por producto, el costo de la mano de obra directa, el precio de venta, entre otros.
2. Identificar grupos de costos y controladores de costos (drivers): identificarlos mediante entrevistas y análisis de registros contables, identificando actividades clave y directamente relacionadas con el consumo indirecto de recursos, un ejemplo se muestra en la Tabla 3.

*Tabla 3 Grupos de costos y controladores (Alsmadi, Alamani, & Khan, 2014)*

Grupos de Costos	Controladores de costos (Cost driver)
Máquinas	Número de horas de trabajo de la máquina
Mantenimiento	Número de horas de trabajo de la máquina
Cambio de producto	Número de horas de preparación
Recepción de materia prima	Número de facturas
Manejo de materiales	Número de traslados
Planificación y control de producción	Número de corridas de producción
Envíos del producto	Distancia
Servicio al cliente	Número de clientes contactados
Relaciones con proveedores	Número de proveedores

3. Asignación de los costos generales a los grupos de costos: identificados los grupos de costos, se deben asignar los costos generales indirectos identificados, a los grupos de costos de acuerdo a la tasa en que las

actividades asociadas consuman estos recursos. Determinando el valor de los costos totales para cada grupo de costos.

4. Seguimiento del costo de las actividades: en este paso los costos se vinculan con las actividades, a partir de identificar cuál ha sido el uso total en un periodo de tiempo para cada grupo de costos según el control de costo (drivers) definido, por ejemplo, para el grupo de costos máquinas determinar el número de horas de trabajo total de las máquinas en un año. Identificada la capacidad se determina la tasa a la que se cargó el costo a la actividad, dividiendo el valor de los costos totales del grupo en el uso total identificado, por ejemplo, para el grupo de costo máquinas, dividir el monto total de los costos del grupo entre la cantidad de horas en que se usaron en el año.
5. Identificar las restricciones: se identifica la restricción para cada uno de los grupos de costos tomando como unidad de referencia las unidades definidas como controladores de costo. Para el caso de las máquinas y el mantenimiento la capacidad la determina la capacidad de trabajo de la máquina y la asignación del personal para determinar las horas en que esta trabaja en un horizonte de tiempo. En grupos como el servicio al cliente o relaciones con vendedores se puede tomar de referencia la actividad realizada en un periodo anterior o el comportamiento histórico de las mismas.
6. Desarrollar estados de resultados integrados entre TOC y ABC: para la construcción de este estado se consideran las medidas financieras definidas por TOC, de acuerdo a como lo muestra la Tabla 4.

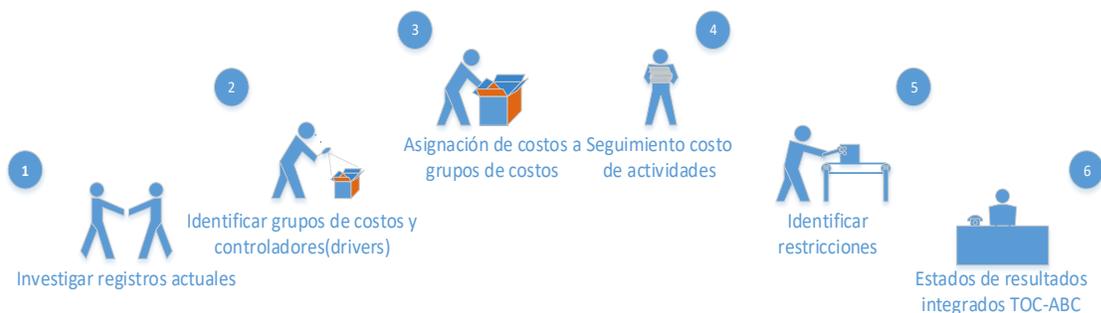


Figura 5 Modelo integrado TOC-ABC

Tabla 4: Estados de Resultados ABC-TOC (Alsmadi, Alamani, &amp; Khan, 2014)

	Capacidad (en \$)	Capacidad No utilizada (en \$)	Producto 1	Producto 2	...	Producto n	Capacidad Utilizada (en \$)
1							
2							
3 (1)-(2)			0	0	0	0	0
4							0
5							0
6							0
7							0
8							0
9							0
10							0
11							0
12							0
13							0
14 (3)+...+(12)			0	0	0	0	
15 (3)-(4)-(14)			0	0	0	0	

Al cuantificar el valor de las capacidades de los grupos de costos se pueden identificar los excesos y restricciones de capacidad, para explotar las capacidades no utilizadas y orientar la programación de la producción de acuerdo a las restricciones existentes. Al identificar los aportes o ganancias que cada producto hace a la utilidad, considerando las restricciones de los procesos se puede realizar una combinación óptima de los productos y mejorar el desempeño financiero de la empresa (Alsmadi, Alamani, & Khan, 2014).

En el estudio llevado a cabo por *Huang et al. (2014)* utiliza una variación de ABC conocida como TDABC (Time-Driven-ABC), que busca disminuir el tiempo de recopilación de información de los grupos de actividades y controladores de costos que es una de las dificultades para la implementación de ABC en las empresas; al utilizar datos estándar como punto de partida y como base para el cálculo de los costos, reduciendo la cantidad de datos que se deben recopilar. Siendo el principal

factor de costo el tiempo, por lo que no es necesario asignar los costos de los recursos a actividades antes de relacionar las actividades con los productos, sino que se determina el costo por unidad de tiempo de acuerdo a la capacidad del recurso y es el parámetro para la asignación de costos. *Huang et al. (2014)* utiliza TDABC para plantear un modelo de programación lineal, por medio de un conjunto de ecuaciones basadas en el tiempo de proceso, que le permite identificar el recurso restrictivo. Identificado el recurso que limita el sistema, aplica el enfoque sistemático de los 5 pasos que plantea TOC para aumentar la producción en general y disminuir el inventario; y utiliza los controladores de actividad, definidos por TDABC, para eliminar las operaciones sin valor agregado reduciendo los gastos de operación. Aunque el modelo establecido por *Huang et al. (2014)* no es una fusión de TDABC y TOC, demuestra que su combinación logra mejorar la operación del recurso restrictivo en el corto plazo, lo que es clave para aumentar las ganancias globales de la empresa (Huang, Chen, Chiu, & Chen, 2014).

*Tsai et al. (2014)* propone un modelo híbrido para la toma de decisiones que integra ABC y TOC, para determinar cómo reemplazar asientos de cabina más pesados con nuevos asientos más ligeros en una aeronave, con el objetivo de ahorrar combustible; identificando los costos óptimos para que el reemplazo sea más eficiente. Para esto se basan en un modelo de programación lineal que utiliza las horas máquina y la mano de obra. *Tsai et al. (2014)* encontró que ABC proporciona un método sistemático con el que se puede analizar las diversas actividades para realizar el cambio de cabina, sirviendo de base de comparación con otras aeronaves y situaciones, y TOC se puede utilizar para analizar las limitaciones de los recursos humanos (Tsai, Chang, Lin, Chen, & Chu, 2014).

De acuerdo a las aplicaciones analizadas y los planteamientos de los autores para la combinación de ABC y TOC en la gestión gerencial, TOC permite medir las ventajas de la diversidad de productos en cuanto a rendimiento y flexibilidad, mientras que ABC identifica los costos adicionales asociados con la alta diversidad de productos. A su vez primero se debe formular la mezcla de los productos a fabricar, así como la decisión de fabricar o comprar de otro fabricante, en términos

de las métricas de TOC; para luego examinar las agrupaciones de actividades propuestas por ABC, para identificar los costos adicionales a largo plazo que permitan tomar las decisiones más acertadas (Sheu, Chen, & Kovar, 2003).

#### **2.1.4. TOC-Supply Chain Replenishment System (TOC-SCRS)**

El sistema de reabastecimiento de la cadena de suministro de la Teoría de Restricciones (TOC-SCRS por sus siglas en inglés) es un método basado en TOC para la gestión del reabastecimiento de inventarios en la cadena de suministro. Se basa en dos estrategias para disminuir el efecto de los excesos de inventarios en los componentes de la cadena de suministro: mantener en cada componente un stock suficiente para cubrir la demanda durante el tiempo que tome reponer los inventarios y reponer únicamente lo que se vendió (Wu, Huang, & Jen, 2012).

El mecanismo de reposición en cada componente de la SC (por sus siglas en inglés, *Supply Chain*) contiene tres parámetros: el tiempo de reabastecimiento, que es la suma de la frecuencia de reabastecimiento, es decir el intervalo de tiempo desde la orden de reposición anterior hasta la orden de reposición actual; más el tiempo de entrega, que es el tiempo que transcurre desde que se libera la orden de reabastecimiento hasta que los productos se entregan en el destino. El nivel máximo de inventario, que es la cantidad máxima de inventario estimada de acuerdo a la duración del tiempo de reabastecimiento en función del registro de ventas anteriores, por ejemplo, si el tiempo de reposición es de 3 días, el número de ventas de esos últimos 3 días será la cantidad máxima de inventario. La cantidad de reaprovisionamiento es el total de ventas del punto de venta desde la orden de reaprovisionamiento anterior a la orden de reaprovisionamiento actual, es decir, reponer cuando se usa, por ejemplo, si la frecuencia de reabastecimiento es cada dos días, la cantidad de reabastecimiento es las ventas de los últimos días. De los tres parámetros, el tiempo de reposición y la frecuencia de reabastecimiento deben determinarse de acuerdo a las necesidades de los usuarios, TOC enfatiza que entre más corta la frecuencia de reabastecimiento mejor rendimiento (Wu, y otros, 2013).

El modelo TOC-SCR gestiona situaciones inesperadas como retrasos en las entregas o cambios repentinos en las ventas, en vínculo con el sistema de administración del buffer (*BM* por sus siglas en inglés), que es un mecanismo de control de inventario similar al utilizado en el modelo DBR, con la diferencia que para ese caso se utiliza el tiempo de búfer, y para TOC-SCR monitorea la cantidad de inventario (Wu, y otros, 2013).

Dentro de la teoría de inventarios, TOC-SCRS se considera como un método de reposición de periodo fijo, sin embargo, la forma de calcular la cantidad de reposición y el nivel máximo de inventario varían de los métodos generales, en los que estos son determinados por la Cantidad Económica de Pedido (EOQ por sus siglas en inglés). Pues los métodos generalmente utilizados no tienen relación directa con la frecuencia de reposición y el tiempo de reposición, que son los aspectos claves para determinar la cantidad de reabastecimiento y nivel máximo de inventario en el modelo TOC-SCRS, impactando directamente en la gestión del inventario para optimizar su impacto financiero (Wu, y otros, 2013).

En el estudio realizado por Costas et al. (2015) para analizar como TOC podría ayudar a reducir los efectos de los cambios en la demanda que repercuten a lo largo de la cadena de suministro, creando ineficiencias significativas en su desempeño. Pudo determinar que TOC no solo ofrece una protección completa contra las ventas faltantes, sino logra este resultado incluso reduciendo el costo total del inventario (Costas, Ponte, De la Fuente, Pino, & Puche, 2015).

Es así que el beneficio de TOC-SCRS radica en la reducción sustancial del inventario, del tiempo de entrega y costos de transporte; aumento en la precisión del pronóstico, la mejora de la calidad del servicio y una reacción más rápida en términos de cambios en el mercado (Wu, Huang, & Jen, 2012). Aspectos que repercuten directamente en los resultados financieros de la empresa, lo que hace estratégico el modelo como parte de la implementación de TOC, ya que gran parte de su objetivo se relación con la gestión óptima de los inventarios, no sólo a nivel de producción sino a lo largo de la cadena de suministro.

## 2.2. Aspectos Relevantes

Los usos y aplicaciones de TOC tanto a nivel de la industria como en su desarrollo académico esta principalmente enfocados a la optimización y control de los procesos productivos, por lo que la mayoría de los planteamientos se centran en estos aspectos. A su vez TOC en sus postulados propone su propio enfoque tanto operacional como financiero, limitándose este último a la determinación puntual de métricas e índices de control. Sin embargo, en la literatura se identifica que en la aplicación de TOC diversos autores( Alsmadi, Alamani, & Khan, 2014; Grasso, 2005; Huang, Chen, Chiu, & Chen, 2014; Jafarnejad, Mehregan, Namazi, & Abtahi, 2016; Sheu, Chen, & Kovar, 2003; Tsai, Chang, Lin, Chen, & Chu, 2014) plantean modelos de TOC en combinación con otros métodos y filosofías, como ABC, MRP, LEAN, JIT, SCR entre otras, ampliando su capacidad para proveer información, tanto financiera como operacional, que permita tomar decisiones acertadas en la gestión empresarial. Lo que permite identificar que para potencializar la implementación de TOC en la industria debería ir en conjunto con alguno de estos métodos para establecer modelos más sólidos e integrales en la gestión empresarial.

Por lo que se hace necesario desarrollar modelos que vinculen los postulados de TOC desde lo operacional con lo financiero, más allá de un mero cálculo de aportes de los productos, considerando las ventajas más relevantes de los modelos analizados, como lo son el planteamiento de un horizonte de gestión en el largo plazo(considerando cambios en las capacidades de los procesos), la combinación óptima de los productos a fabricar a partir de las capacidades de los recursos restrictivos, la integración con los componentes de la cadena de suministro para la ubicación de los inventarios, la inclusión de la incertidumbre en la demanda tanto interna como externa, así como la afinación de los pronósticos de la demanda, entre otros aspectos; para de esta manera proponer un modelo integral que vincule los resultados de la aplicación de TOC con las finanzas globales de la empresa.

### **3. Capítulo 3: Propuesta de modelo**

#### **3.1. Descripción y alcance**

El enfoque de TOC es explotar la restricción del sistema productivo, para obtener la máxima productividad de la restricción; por lo que se debe aprovechar la capacidad existente en la restricción sin incurrir en ningún gasto adicional y a partir de este enfoque tomar decisiones; por ejemplo, encontrar una combinación óptima de productos asegurando el uso óptimo de la capacidad disponible (Gupta, Kaur Sahi, & Chahal, 2013). Por lo que la orientación de cualquier modelo de TOC debe ser fomentar que cada decisión que se tome a lo largo del sistema productivo optimice el uso del recurso restrictivo. Partiendo de este planteamiento se estructura el modelo con el que se busca establecer el vínculo entre un proceso gestionado bajo los criterios de TOC y la recopilación de información financiera; que permita establecer los impactos sobre la creación de valor al implementar los planteamientos de TOC.

Partiendo del modelo de empresa PQ planteado por Goldratt para establecer la aplicación de los principios de TOC (Goldratt, 1990) y considerando el análisis y aportes realizadas por diversos autores sobre este modelo (Mehra, Inman, & Tuite, 2005; Ortiz, Nuño de la Parra, Torres, & Báez, 2008; Gupta, Chahal, Kaur, & Sharma, 2010; Gupta, Kaur Sahi, & Chahal, 2013; Hilmola & Gupta, 2015; Hilmola & Li, 2016), se toma como referencia para establecer las características necesarias del modelo a definir para comprobar la hipótesis planteada.

El modelo propuesto se aplica a empresas manufactureras de procesos continuos o por lotes, organizados por estaciones de trabajo, que consideren como entrada principal materias primas tangibles que deban ser transformadas y se obtenga como resultados productos con un grado de valor añadido. A su vez estas empresas pueden hacer parte de una cadena de valor donde se establezcan pronósticos de demanda y estimación de inventarios para cumplir con los requerimientos del cliente.

### 3.2. Modelo propuesto



Figura 6 Modelo aplicativo de la gestión de restricciones, autoría propia

La aplicación de un modelo que contemple la gestión de restricciones busca integrar las áreas funcionales de la empresa, como son el área comercial, producción y financiera para determinar la operación óptima que lleve a la empresa a cumplir con las expectativas del mercado, lograr el máximo aprovechamiento de los recursos y mayores resultados financieros de acuerdo a su capacidad. La gestión para tomar decisiones sobre cada área gira alrededor de la capacidad del recurso restrictivo. Se parte de conocer cuáles son las necesidades del mercado y analizar la capacidad del proceso, para identificar el recurso u operación que restringe el flujo del proceso y por ende la capacidad de generar dinero. La producción se prioriza y programa de acuerdo a la capacidad del recurso restrictivo, haciendo que el proceso fluya y se monitoree según el comportamiento del recurso limitante. En la medida que se lleva a cabo la producción, se recopila la información en las estructuras

apropiadas para reflejar en los estados financieros la capacidad real de generación de dinero del proceso, validándose a través del cálculo del valor generado. Completado el ciclo se analiza, retroalimenta y ajusta el flujo del proceso para lograr extraer la máxima producción del recurso restrictivo.

La diferencia con otros enfoques de gestión radica en los parámetros que se toman como criterios de decisión y en la manera de plantear el flujo del proceso productivo. En los enfoques de gestión basados en los sistemas de costos tradicionales, criterios como el margen operacional o el costo unitario son tomados como referentes para decidir que producir y a partir de estos programar la producción; recopilando información de costos y por ende financiera; aparentemente desde una óptica netamente financiera, sin considerar la naturaleza de los procesos, en que las limitaciones juegan un papel especial, lo que conduce a resultados opuestos a cuando se toma de referencia la capacidad de los procesos. A continuación, se describe las características del modelo de referencia propuesto.

### **3.2.1. Pronósticos de demanda**

En la medida que los clientes y consumidores se vuelven más exigentes en las características que demanda de un producto, en su percepción de valor y a su vez el mercado se hace más competitivo en la oferta de productos, es necesario conocer con detalle la cantidad de productos que los clientes quieren adquirir, con que probabilidad y frecuencia. Lo anterior hace que las estimaciones de demanda con un alto grado de certeza sean la fuente de entrada para determinar cuánto producto poner en el mercado, cuánto producir y cuánto pedir a los proveedores. En la medida que los mercados se han vuelto más exigentes, premisas como lograr la máxima producción para invadir el mercado quedaron obsoletas, frente a decisiones más estratégicas, de estimar lo requerido para producir lo necesario. Esto evidentemente genera un mejor uso del capital; llevando a las empresas a centrar más su atención en el comportamiento del mercado para suministrar lo que el mercado puede absorber, que en lograr funcionar a su máxima capacidad. A su

vez, es necesario que todo sistema de medición apoye los objetivos de la empresa, por lo que las decisiones que oriente cualquier sistema de medición deben estar alineado con las posibilidades reales que tenga la empresa en el mercado (Chase & Jabobs, 2014). Aunque la demanda del mercado en sí misma es una limitación para la expansión del crecimiento empresarial, para este caso nos centramos en las limitaciones internas de la empresa a nivel de proceso.

De acuerdo a esto la entrada principal para un modelo de aplicación de TOC es el pronóstico de la demanda de los productos a fabricar, identificando cantidades por tipo de referencia de producto, frecuencia de compra, fuentes de demanda, relaciones de demanda entre productos (demanda dependiente y demanda independiente), precio estimado, entre otra información que permita conocer con detalle cuál va ser el comportamiento de la demanda en los mercados de interés.

Para lograr esta medición adecuada es clave recurrir a métodos apropiados de medición del pronóstico de la demanda basados en mediciones cuantitativas y no solo en estimaciones cualitativas, práctica común en la industria. Estos métodos se basan principalmente en análisis de series de tiempo, que utilizan el comportamiento histórico de la demanda; y en relaciones causales, en función de la relación de la demanda con otras variables que pueden generar cambios sobre esta (Chase & Jabobs, 2014). En la Tabla 5 se muestran los métodos de pronóstico más utilizados:

*Tabla 5 Métodos de pronósticos (Chase & Jabobs, 2014)*

<b>Método de pronóstico</b>	<b>Cantidad de datos históricos</b>	<b>Patrón de los datos</b>	<b>Horizonte de Pronóstico</b>
Regresión lineal	De 10 a 20 observaciones para la temporalidad, al menos cinco observaciones por temporada	Estacionarios, tendencias y temporalidad	Corte a mediano
Promedio móvil simple	6 a 12 meses; a menudo se utilizan datos semanales	Los datos deben ser estacionarios (es decir, sin tendencia ni temporalidad)	Corto
Promedio móvil ponderado y suavización exponencial simple	Para empezar se necesitan de 5 a 10 observaciones	Los datos deben ser estacionarios	Corto
Suavización exponencial con tendencia	Para empezar se necesitan de 5 a 10 observaciones	Estacionarios y tendencias	Corto

### 3.2.2. Análisis de tiempo de operaciones

Uno de los grandes retos de la manufactura es lograr el equilibrio entre los recursos disponibles para llevar a cabo la producción y la demanda del mercado, por lo que el modelo planteado busca lograr el mejor balance entre la demanda del mercado y los recursos disponibles, obteniendo los máximos rendimientos financieros posibles.

La determinación de la capacidad real de un proceso parte de un estudio de métodos y tiempos, realizando una medición objetiva de la forma en que se ejecutan las tareas en cada etapa del proceso y del tiempo empleado en la realización de las mismas, tanto por el operario como por la máquina. Este estudio inicia con el análisis de los movimientos de los operarios en la ejecución de las tareas, evaluando y determinando la secuencia de movimientos más óptima para realizar las tareas requeridas en cada uno de los productos, de manera similar aplica para las tareas en que interactúan operario-máquina. Definido el método se debe realizar la cuantificación del tiempo requerido para ejecutar las operaciones, utilizando para la medición un cronómetro que permita lograr la precisión que la actividad amerita, tomando las muestras necesarias de acuerdo a un análisis estadístico que permita asegurar el nivel de confiabilidad de los tiempos determinados, tanto para las actividades ejecutados por los operarios como por el tiempo de fabricación que tome una máquina (García Criollo, 2005). El resultado de este estudio será el tiempo de producción de referencia, tanto del operario como de la máquina, para procesar una pieza por operación del proceso. Es importante resaltar que estos son valores de referencia para la planificación de las operaciones, por lo que no se deben utilizar desde la perspectiva de tiempos tipo, sino como referencias para programar producción y observar su dispersión una vez ejecutada la producción, permitiendo un análisis de los cambios. El consolidado de información de tiempos para cada operación se registra en una matriz como lo muestra la Tabla 6 .

Tabla 6 Matriz de tiempos de operación

<b>Matriz de Tiempos por Operación</b>								
<i>Tiempo por Operación (del operario, operario-máquina, máquina)</i>								
<b>Producto</b>	<b>Operación 1</b>	<b>Operación 2</b>	<b>Operación 3</b>	<b>Operación 4</b>	<b>Operación 5</b>	<b>...</b>	<b>Operación n</b>	<b>Total por Producto</b>
Producto 1								
Producto 2								
Producto 3								
Producto 4								
Producto 5								
Producto 6								
Producto n								
<b>Total tiempo por operación</b>								

A partir de la consolidación de los tiempos de operación necesarios para fabricar cada producto, se estima la carga de operación requerida para cumplir con el pronóstico de la demanda. Esto consiste en determinar cuál es la cantidad de tiempo que se requiere en cada operación para cumplir con el pronóstico de la demanda; determinado a partir del tiempo de disponibilidad de fabricación de la empresa que operación cumple o no con la disponibilidad requerida, evidenciando cuál es la operación que restringe el flujo del proceso. El tiempo de disponibilidad debe establecerse para un periodo de tiempo que puede ser la cantidad de horas a trabajar en una semana, en un mes, en un turno o en el periodo de tiempo que la empresa lo considere, verificando que este periodo de tiempo debe coincidir con el periodo para el que se ha establecido la demanda. La matriz de carga que se presenta en la Tabla 7 permite realizar el cálculo de la información estableciendo el comparativo entre el total de tiempos por proceso necesario para cumplir con la demanda y la cantidad de tiempo disponible para la fabricación.

Tabla 7 Matriz de Carga de Tiempos de Operación

Matriz de Carga de Tiempos de Operación									Pronóstico de demanda
Tiempo por Operación (del operario, operario-máquina, máquina)									
Producto	Operación 1	Operación 2	Operación 3	Operación 4	Operación 5	...	Operación n	Total por Producto	
Producto 1	(a)*(g)	(b)*(g)	...						(g)
Producto 2	(a)*(h)	...	...						(h)
Producto 3	...	...	...						(i)
Producto 4									(j)
Producto 5									(k)
Producto 6									(l)
Producto n									(m)
<b>Total tiempo por operación</b>	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	
<b>Disponibilidad de tiempo de fabricación</b>									

La matriz de carga tiempos de operación permite determinar cuál es el recurso restrictivo; como lo señala Goldratt la operación o recurso restrictivo que limita el flujo de producción es el recurso que toma mayor tiempo en procesar cada una de las unidades con respecto al tiempo disponible para fabricar (Goldratt, 1990). Es importante resaltar que no se trata de la operación que toma más tiempo para cada uno de los productos, como si cada producto tuviera su propia restricción, sino que en conjunto de los productos a fabricar qué operación le toma más tiempo realizar el trabajo que requiere cada producto en esa operación, esto implica que el análisis de tiempos se realiza sobre una misma línea de producción para el conjunto de productos que esta fábrica. En la matriz de carga de tiempos de operación, el recurso restrictivo será la operación que requiere mayor tiempo que el tiempo disponible para la fabricación.

### 3.2.3. Priorización de la mezcla de producción

La identificación del recurso restrictivo permite determinar cuál sería el límite de la producción para un determinado horizonte de tiempo que depende de la cantidad de horas de producción que la empresa tiene disponible, lo que a su vez depende

de las condiciones propias del negocio, así como de factores relacionados con la logística, el suministro de materias primas, la cantidad de operarios, entre otros.

Uno de los aspectos claves de TOC es el planteamiento que propone para priorizar en qué orden se deben fabricar los productos. Es común pensar en el momento de priorizar un producto en dar prioridad al producto “estrella” y si queda alguna capacidad residual producir y ofrecer los demás productos, también se piensa en el producto de mayor precio, el de menor costo, de acuerdo a la cantidad de trabajo requerido o el que aporta mayor margen calculado a partir del costo unitario por producto que establece los sistemas de costo tradicionales.

Si bien todos los procesos presentan limitaciones y en muchos casos son conocidas, la clave no solo está en poner a trabajar el recurso restrictivo la totalidad de su tiempo disponible sino lograr la mayor ganancia posible de ese trabajo, por esto es importante definir la prioridad con la que debe trabajar el recurso restrictivo (Goldratt, 1990).

Para lograr la explotación correcta del recurso restrictivo es necesario identificar la cantidad de *throughput* que cada uno de los productos aporta por cada minuto que pasa en el recurso restrictivo, de tal manera que se establezca el aporte de cada producto desde el mayor al menor monto, lo que a su vez establecería el orden en que se deberían fabricar. Dando prioridad al que tenga un mayor aporte de margen útil para cubrir los costos que se consideran fijos en el periodo. Lo que se pretende identificar es cuánto dinero realmente el proceso puede generar como parte de la actividad que realiza el recurso que limita su capacidad, no se trata de una utilidad teórica o estimada, sino tratar de evidenciar el verdadero monto del aporte, por esto el cálculo del *throughput* parte del precio de venta del producto, que es un valor que se conoce con un alto nivel de certeza y los costos de materias primas, componentes, piezas, insumos que se consideran que tienen una relación directa con el producto final; cuya cantidad usada y valor es fácilmente identificables y se cargan al producto en igual proporción que las cantidades estimadas a producir, es decir, tienen un comportamiento variable con la producción. Diferiendo de los costos comúnmente llamados variables, en que en el cálculo del *throughput* solo se consideran los costos que varían con respecto a la producción y son directamente

asociados a la fabricación del producto, que para el caso de los costos variables se consideran estimaciones de lo que podría variar. Por ejemplo, la cantidad de energía consumida, que en muchos casos no es claramente identificable la asociación directa con el producto, pues se parte de un estándar o estimación mas no de una medición precisa. En la Tabla 8 se propone una estructura para determinar el aporte por tiempo de la restricción.

Tabla 8 Matriz de Throughput por tiempo de restricción

Matriz de Throughput por tiempo restricción							
	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4	Producto 5	...	Producto n
(a) Precio de Venta							
(b) Costos Variables							
(c)Throughput (a)-(b)						...	
(d) Tiempo en la Restricción						...	
\$/Tiempo de la restricción (c)/(d)						...	

A partir de la determinación del *throughput* por tiempo de la restricción se establece el orden en que cada uno de los productos deberían entrar al proceso de fabricación. Esta priorización busca determinar la mejor relación desde el punto de vista del aporte económico, sin embargo, pueden existir otras prioridades desde diversos puntos: logística, condiciones del mercado, lanzamiento de productos, competencia entre productos, entre otras; pero el objetivo del tomador de decisiones debería ser que esas prioridades estén alineadas con este tipo de priorización que busca lograr la mayor utilidad y el uso eficiente de los recursos disponibles para llevar a cabo la producción.

### 3.2.4. Programación de la producción

Una vez establecida la prioridad en que se deberían fabricar los productos es necesario definir el plan de producción de acuerdo al estudio de tiempos, considerando la cantidad y disponibilidad de los operarios, y los días de operación de acuerdo a las características propias de cada empresa. Esta planificación se

considera de corto plazo, pues debe estar enmarcada dentro de un programa de producción de largo plazo en el que se refleje los planes que tiene la empresa para lograr sus objetivos tanto a nivel de mercado como de expansión en crecimiento y recursos.

El objetivo de este plan es que, a partir del pronóstico de la demanda para un periodo de tiempo determinado, basado en los recursos disponibles, determinar el nivel de producción, la mano de obra requerida y los inventarios para el periodo de análisis que permita obtener la mayor utilidad a partir de las restricciones del proceso.

Como lo establece Chase en esencia hay tres estrategias para la planificación de la producción (Chase & Jabobs, 2014):

- Estrategia de ajuste: igualar la cantidad de producción con el nivel de demanda y de acuerdo a como varia la demanda, despedir operarios.
- Mano de obra estable, horas de trabajo variables: variar la producción ajustando el número de horas trabajadas por medio de horarios laborales flexibles u horas extras.
- Estrategia de nivel: mantener una mano de obra estable con un índice de producción constante, donde la escasez y el superávit se absorben mediante la fluctuación de los niveles de inventario, pedidos acumulados y ventas pérdidas.

Para este modelo la estrategia a seguir es la de nivel, donde se establece una relación del mercado con la capacidad de producción fija de la empresa para un determinado periodo de tiempo, no quiere decir que este planteamiento sea ajustable para desarrollar las demás estrategias.

De acuerdo a esto, se parte de establecer para que periodo de tiempo se va a realizar la programación de la producción, que puede ser para un periodo de una semana, un mes, un trimestre o máximo seis meses, pues los costos que se

clasifican como fijos pueden presentar variaciones en el corto o mediano plazo por lo que será necesario realizar una retroalimentación y los respectivos ajustes.

También se debe considerar la metodología DBR planteada por Goldratt donde el trabajo en cada operación debe fluir al ritmo que marque el recurso restrictivo, por lo que se establece el buffer, de ser necesario, y su impacto en la programación.

Con el periodo de tiempo a programar se establece la cantidad de tiempo disponible para producir de acuerdo a la capacidad del proceso, una vez considerado la cantidad de maquinaria y mano de obra disponible, definiendo la cantidad de unidades a producir de acuerdo a la prioridad identificada. La Tabla 9 presenta una estructura para construir el plan de producción para cada semana del horizonte de tiempo a planear.

*Tabla 9 Plan de Producción, autoría propia*

Plan de Producción											
	Semana n										
	Productos	Tiempo de Ciclo	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total por Producto	Demanda a satisfacer
Horas disponible											
Minutos disponible											
Prioridad de productos:											
Prioridad 1											
Prioridad 2											
...											
Producto n											
<b>Total Unidades a fabricar</b>			Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	

El plan de producción busca cumplir con el pronóstico de la demanda por lo que a medida que día a día se cumpla con la demanda del producto de mayor prioridad, se debe avanzar a programar al siguiente y así sucesivamente. Este periodo de tiempo a planear debe coincidir con el periodo del tiempo para el cual se estableció qué operación era el recurso restrictivo; pues esta relación establece la coincidencia entre la programación de la producción y el aporte a la utilidad, de acuerdo al aporte por minuto de restricción calculado.

### 3.2.5. Recopilación de datos

Una vez realizada la programación de la producción e iniciada su ejecución se requiere recopilar la información que permita conocer el flujo del proceso a través de cada una de las operaciones y la recopilación de los costos asociados a la fabricación.

Conocer el flujo de producción permitirá verificar si se están cumpliendo los principios planteados por TOC, principalmente que el flujo a lo largo del proceso esté vinculado con la capacidad del recurso restrictivo y que éste siempre cuente con material suficiente para trabajar, lo que implica revisar el tamaño del *buffer* en caso de requerirse. Esto implica que para cada operación y producto se debe recopilar el tiempo exacto en el que la unidad llega a la operación, el tiempo exacto de inicio y finalización de la operación, y a partir de estos estimar el tiempo que tuvo que esperar la unidad para ser atendida y el tiempo en que la operación tuvo que esperar para que llegara una nueva unidad para ser trabajada. La Tabla 10 presenta la matriz de los flujos de operación por producto, con la que se recopila la información para un periodo de producción.

Tabla 10 Matriz de flujos de operación por producto, autoría propia

Producto n																		
Rango de tiempo:		Tiempo disponible:																
Periodo de Fabricación:	Unidades	OP1					OP2					...						T_ciclo
		H. II.	H. I.	H. F.	T_esp	T_ocio	H. II.	H. I.	H. F.	T_esp	T_ocio	...	H. II.	H. I.	H. F.	T_esp	T_ocio	
día n	1											...						
...	2																	
	3																	
	N																	
<b>Totales:</b>																		

**H. II.:** Hora de Llegada

**H. I.:** Hora de Inicio de operación

**H. F.:** Hora de finalización de operación

**T\_esp:** Tiempo de espera para iniciar la operación

**T\_ocio:** Tiempo de espera de la operación

**T\_ciclo:** Tiempo con el que se genera una nueva unidad

Como resultado del flujo de operación se recopilará los registros necesarios para estimar los costos que se incurrieron, el consolidado de la totalidad de unidades

producidas y en proceso, obteniendo un registro de acuerdo a la Tabla 11; donde se evidencia el total de las unidades que fluyen de una operación a otra, así como las unidades retenidas, las unidades que continúan en operación y el porcentaje en que se ha avanzado en la fabricación de las unidades que aún quedan en proceso. La recopilación de la información se debe realizar de acuerdo a la capacidad tecnológica de la empresa, sin embargo, cada vez es más económico y funcional obtener este tipo de información en tiempo real, siendo clave para dar el mejor uso, la forma en que se estructura la información.

*Tabla 11 Producción por periodo, autoría propia*

Periodo de operación:		Producto 1						Producto 2						...	Producto n					
		OP1	OP2	OP3	OP4	...	Opn	OP1	OP2	OP3	OP4	...	Opn	...	OP1	OP2	OP3	OP4	...	Opn
<b>U. Terminadas</b>																				
<b>U. Transferidas</b>																				
<b>U. Retenidas</b>																				
<b>U. en Operación</b>																				
<b>% Operación</b>														...						

Con los resultados totales de la producción, por periodo, se puede establecer el costo de su ejecución, tanto a nivel de inventarios finales como inventarios en proceso. Para la determinación de la estructura adecuada para estimar estos costos se utiliza los conceptos basados en el costeo por proceso, que es útil para producción masiva y continua. Se utiliza como referencia la estructura propuesta por Pabón (2012), en la que se busca acumular los costos para cada una de las operaciones por las que pasan las unidades, con el fin de estimar el costo de producción de cada operación, el costo unitario de las unidades producidas, de las unidades vendidas, de los inventarios y proveer la información necesaria para la construcción de los estados financieros. A su vez la estructura sirve como mecanismo de control del grado de eficiencia en el manejo y utilización de recursos e insumos de producción (Pabón, 2012).

La recopilación de los costos implica considerar la cantidad de unidades que quedaron en los diferentes estados, en un periodo anterior, cambio de mes, de día,

de turno o según se requiera. La Tabla 12 permite organizar la cantidad de unidades pendientes de cuantificar del periodo anterior y el periodo actual de registro, entre operaciones para cada uno de los estados. En el periodo anterior, los estados corresponden a las unidades que se terminaron pero que no se transfirieron a la siguiente operación, a las unidades que continúan en proceso en la operación y a las unidades que se comenzaron en el periodo. Para las unidades del periodo a registrar, se hace referencia a las unidades terminadas y que se transfirieron a la siguiente operación, a las unidades que se terminaron pero no fueron transferidas, a las unidades que continúan en operación y a las unidades que se perdieron por diferentes motivos en producción, al final en la fila agregada por el autor se hace referencia al porcentaje de finalización que llevan las unidades en proceso al momento de hacer el corte del periodo actual.

Tabla 12 Reporte de producción, (Pabón, 2012)

Reporte de Producción							
		Estados	OP1	OP2	OP3	...	Opn
<b>Unidades por distribuir</b>	Del periodo anterior	Terminadas y Retenidas					
		En proceso					
		Subtotal					
		Comenzadas					
	Recibidas del proceso anterior						
	<b>Total</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Distribución de Unidades</b>	Terminadas y transferidas						
	Terminadas y retenidas						
	En proceso						
	Perdidas en Producción						
	<b>Total</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	% Finalización MP		<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

Los productos que a cierre del periodo aún se encuentren en cada una de las operaciones sin terminar deben ajustar a la cantidad adecuada de acuerdo al % de finalización, es decir, se debe determinar la cantidad de unidades para cada operación considerando la equivalencia del porcentaje que lleva en proceso con una unidad terminada (Pabón, 2012). La Tabla 13 presenta una estructura apropiada para realizar la equivalencia, debido a que TOC no considera los costos de conversión como son la mano de obra y los costos indirectos de fabricación, sólo se

debe considerar la equivalencia que pueda generarse de la utilización de los materiales o materia prima, insumos al inicio del proceso o en algunas de las operaciones posteriores en que se ingrese nueva materia prima, validando que estén directamente relacionadas con el producto final.

*Tabla 13 Cantidades equivalentes, (Pabón, 2012) con modificaciones del autor*

Cantidades Equivalentes						
Elementos de Costo	Operación	Terminadas y transferidas	Terminadas y retenidas	En proceso	Total, Und. Equivalentes	Costos variables directos
Materiales	1				$\Sigma$	
	2				$\Sigma$	
	3				$\Sigma$	
	...				$\Sigma$	
	N				$\Sigma$	

De acuerdo al planteamiento de TOC la recopilación de costos se refiere a los costos que tienen un comportamiento variable ligado directamente al número de componentes que se van fabricando a lo largo del proceso y que pueden generarse en cada una de las operaciones, por lo que solo se consideran costos directamente relacionados a las unidades de producción y de comportamiento variable ligado a las mismas. Por tal motivo la recopilación de costos solo considera a este tipo de costos, a diferencia del costeo por proceso que considera los costos de conversión por mano de obra y costos indirectos de fabricación. La Tabla 14 presenta la estructura para la cuantificación de los costos en que se incurrió en el periodo para cada una de las operaciones. La estructura considera la cantidad de costos a distribuir tanto para el periodo anterior como para el periodo actual para cada una de las operaciones, considerando el costo total de la operación y el costo directo por unidad que se carga en la operación, a partir de los costos a distribuir se realiza la distribución de los costos del periodo actual para cada operación con lo que se obtiene el valor del inventario final en cada operación, el costo del producto terminado y el costo total de producción, información con la que se construyen los estados financieros.

Tabla 14 Informe de costos de producción, (Pabón, 2012) ajustes del autor

Informe de Costos de Producción										
Fecha			OP1		OP2		...	OPn		
			CT	C. Directo	CT	C. Directo	...	CT	C. Directo	
Costos a distribuir	Del proceso anterior	Recibidos durante el periodo								
		Inventario inicial en proceso								
		<b>Subtotal</b>		$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	...	$\Sigma$	$\Sigma$
		Costo ajustado por unidad adicional								
		Costo ajustado por unidad perdida								
		<b>TOTAL AL PROCESO ANTERIOR (a)</b>		$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	...	$\Sigma$	$\Sigma$
	En este proceso	Inventario inicial en proceso	Materiales							
			Mano de obra							
			Costos Indirectos							
		Costos producción del periodo	Materiales							
			Mano de obra							
			Costos Indirectos							
	<b>TOTAL ESTE PROCESO (b)</b>									
<b>TOTAL ACUMULADO (a)+(b)</b>		$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	...	$\Sigma$	$\Sigma$		
Distribución de costos	Terminados y transferidos									
	Terminados y retenidos									
	En este proceso final	Este proceso	Materiales							
			Mano de obra							
			CIF							
	Procesos anterior									
Costo adicional por unidad perdida										
<b>Total</b>		$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	...	$\Sigma$			
									<b>Totales</b>	
<b>Valor del inventario final</b>			$\Sigma$		$\Sigma$		...	$\Sigma$	$\Sigma$	
<b>Costo producto terminado</b>			$\Sigma$		$\Sigma$		...	$\Sigma$	$\Sigma$	
<b>Costo total de producción</b>			$\Sigma$		$\Sigma$		...	$\Sigma$	$\Sigma$	

### 3.2.6. Estados Financieros e indicadores de valor

La aplicación de TOC busca lograr mejores decisiones sobre la forma de llevar a cabo el proceso productivo, de tal manera que la gestión se orienta a lograr mayores beneficios económicos que se evidenciaran principalmente en el registro de los estados financieros, mejorando valores de utilidades, inventarios y mejor uso del gasto.

El estado de resultados para toma de decisiones gerenciales puede ser construido a partir de la estructura propuesta por TOC, donde se hace énfasis en el throughput generado por producto y se realiza una clara separación entre lo que se consideran costos directos variables y costos fijos para generar mayor visibilidad de la cantidad de dinero que genera la operación y como se distribuye para cubrir los costos fijos. La Tabla 15 muestra un ejemplo de una estructura de estado de resultados basada en los planteamientos de TOC, el estado de situación financiera se trabaja sobre una estructura convencional.

Tabla 15 Estado de resultados TOC

<b>Estado de Resultados TOC</b>	
<b>Periodo:</b>	
<b>Ingresos</b>	<b>Valores</b>
Producto 1	
Producto 2	
...	
N	
(-) Costos variables directos	
<b>Total Throughput</b>	
<b>Costos y gastos fijos</b>	
Mano de Obra	
Gastos Generales de Fabricación fijos	
Gastos de ventas y administración fijos	
<b>Utilidad Operativa</b>	
Financiación	
Impuestos	
<b>Utilidad Neta</b>	

Sin embargo, independiente de la estructura de los estados financieros que se utilice los resultados logrados con TOC, deberían evidenciarse al comparar la manera en que se gestiona un proceso con TOC a uno gestionado con un sistema de costos tradicionales, donde el enfoque es en las eficiencias individuales y en cuantificar costos de conversión acumulándolos.

La mayor evidencia de los resultados de la gestión de TOC se pueden observar al realizar los cálculos de indicadores de valor, donde se puede percibir con mayor detenimiento la relación de los recursos que es capaz de generar la empresa con respecto a la cantidad de recursos utilizados, sin que se desvirtúe los resultados logrados por la forma en que se cuantifica y estructura la información. Para esto se utiliza el cálculo del Valor Económico Agregado, con el fin de analizar los resultados operacionales a partir de su repercusión en el valor generado por el uso de TOC frente a sistemas de costeo tradicional como se analiza en el siguiente capítulo.

### **3.3. Consideraciones adicionales**

#### **3.3.1. Medidas de desempeño**

Para evaluar la efectividad del modelo se deben realizar mediciones tanto a nivel operativo como financiero. Las mediciones deben establecerse en la frecuencia necesaria para mantener el control del proceso, para cada turno de producción, por día, semana, meses o el periodo que se considere necesario para la naturaleza del proceso.

Tomando de referencia las medidas utilizadas por Ortiz et al. (2008), se definen las siguientes medidas de desempeño operativo:

- Inventario en proceso por estación de trabajo.
- Unidades producidas por estación de trabajo.
- Porcentaje de utilización por estación de trabajo.
- Tiempo promedio de las unidades en el proceso.
- Tiempo promedio de las unidades en operación.
- Tiempo promedio que las unidades esperan para ser atendidas.

Las medidas de desempeño financiero a considerar son:

- Costo de inventario por estación de trabajo
- *Throughput* por restricción
- Gastos operativos
- Inventario neto del periodo
- Utilidad Neta
- Valor Económico Agregado(EVA)

### **3.3.2. Posibles escenarios**

El modelo puede ser ajustado de acuerdo a condiciones específicas que se requieren analizar. Como es el caso de los cambios que se presentan en el largo plazo en la estructura financiera y operativa de la empresa, como son cambios en la cantidad de personal dedicado a producción, en activos fijos, en la capacidad del recurso restrictivo, en general cambios que repercutan en lo que se considera la estructura de costos fijos para un periodo de tiempo determinado. También situaciones de fabricación de nuevos productos que afectan la mezcla de producción, así como cambios en la demanda que requieran replantear la estrategia de producción.

También es de considerar los ajustes al modelo en los cambios de los tiempos de proceso, en las filas de espera de los lotes para procesamiento y en los retrasos que se presenten en producción por falta de materia prima o paradas de planta por daños en la maquinaria; esto es aplicar un nivel de incertidumbre al modelo para determinar su reacción.

Otras situaciones a considerar deben ser los factores relacionados con la calidad del producto que tienen incidencia en los tiempos y resultados directos de producción como son los desperdicios generados en cada estación de trabajo, y su efecto financiero, así como las tasas de rechazo y devolución de productos no conformes por parte del cliente.

### **3.3.3. Aplicaciones**

El modelo es aplicable a cualquier industria manufacturera que trabaje por producción masiva, continua o lotes de producción, y tenga un registro de información apropiado que permita recopilar información base para establecer el modelo. Su utilidad va orientada por la parte operativa a la reducción de tiempos de entrega, optimización de mezcla de producción, del uso de mano de obra, inventarios, disminución del síndrome de fin de mes, entre otros; y por el aspecto financiero va orientado a la disminución de los costos de mantenimiento de inventario, así como del capital requerido para inventarios, del costo de mantenimiento, entre otros; así como el aumento significativo de la generación de recursos económicos que se conviertan en utilidades para maximizar el valor de los inversionistas.

El modelo también es aplicable a empresas prestadores de servicios según el tipo de proceso que presenten, si cuenta con filas de espera y tiempos de atención cortos, en diferentes etapas que permitan identificar un recurso restrictivo y que sea claramente identificable el valor de los costos que se incurren en la prestación del servicio. Un ejemplo, sería en procesos de atención a usuarios, como en un banco, donde se realizan diferentes tipos de transacciones con diferentes tiempos y ritmos de trabajo del empleado, adaptando el modelo a las características propias del proceso.

### **3.3.4. Limitaciones**

El modelo se limita eventualmente a los procesos de producción continua y fabricación por lotes, También su aplicación es susceptible a la naturaleza y características propias de la empresa en la que se va a implementar, pero su base lógica funciona de manera similar para diferentes procesos.

Una de las dificultades de la combinación de productos es que siempre es posible no satisfacer toda la demanda de los clientes, lo que generaría dificultades en el mercado, limitando el cumplimiento de los pedidos a lo que la mezcla de productos sea capaz de generar de acuerdo a la capacidad del recurso restrictivo.

## 4. Capítulo 4: Evidencias y análisis del modelo propuesto mediante la simulación de un proceso.

### 4.1. Características del caso a validar

Para validar el modelo propuesto se toma de referencia un proceso productivo que cumpla con las características mencionadas, utilizando un proceso de producción de alimentos, específicamente de producción de cereales para el desayuno, el cual se compone como lo muestra la Figura 7.

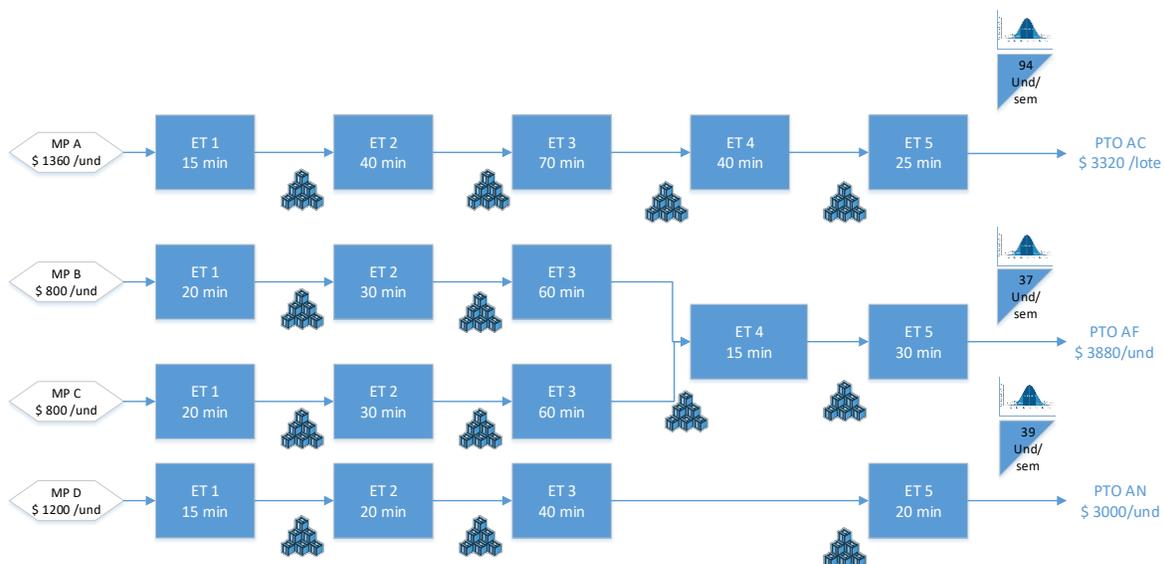


Figura 7 Flujo de Proceso para el Modelo, autoría propia.

El proceso se compone de cinco estaciones de trabajo (ET1, ET2, ET3, ET4, ET 5) que procesa cuatro tipos de materias primas (A, B, C, D), para obtener tres tipos de productos (AC, AF, AN). La Tabla 16 muestra un consolidado de los tiempos que se requiere en cada estación de trabajo para la fabricación de cada producto.

*Tabla 16 Tiempo requerido en cada estación de trabajo por lote, Autoría propia.*

Producto	Estación de Trabajo 1	Estación de Trabajo 2	Estación de Trabajo 3	Estación de Trabajo 4	Estación de Trabajo 5	Total
AC	15	40	70	40	25	<b>190</b>
AF	40	60	120	15	30	<b>265</b>
AN	15	20	40		20	<b>95</b>
Total	<b>70</b>	<b>120</b>	<b>230</b>	<b>55</b>	<b>75</b>	<b>550</b>

Las estaciones de trabajo 3 y 2 son las que utilizan una mayor cantidad de tiempo de procesamiento. El producto que requiere más tiempo de proceso es AF, necesitando 265 minutos para su fabricación. La demanda estimada de los productos para un mes, los precios de venta y el costo de cada materia prima por producto se recopila en la Tabla 17.

*Tabla 17 Demanda estimada, precio de venta y costo de materia prima por lote, autoría propia.*

Producto	Demanda estimada por mes(und)	Precio de Venta(\$/lote)	Costo de Materia prima(\$/lote)
AC	94	\$ 3,320.0	\$ 1,360.0
AF	37	\$ 3,880.0	\$ 1,600.0
AN	39	\$ 3,000.0	\$ 1,200.0
Total	<b>170</b>	<b>\$ 10,200.0</b>	<b>\$ 4,160.0</b>

Los costos de la materia prima incluyen todos los costos directamente relacionados con la fabricación de los productos y que varían con el nivel de producción, por ejemplo, incluye material de empaque directamente relacionados con las unidades de productos. El tiempo disponible de producción es de 6 días a la semana trabajando 8 horas diarias, utilizando tres operarios por turno y un jefe producción, teniendo una disponibilidad de 11,520 minutos por mes (6 días x 8 horas x 60 min x 4 semanas). El valor de la nómina mensual es de \$43,560, y se considera fijo para el horizonte en que se planea la producción, de acuerdo como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18 Costos de Nómina, autoría propia.

Puesto	Numero	Sueldo/Mes	Prestaciones*	Total Mes
Jefe de Producción	1	18,000	5,760	23,760
Operarios	3	5,000	1,600	19,800
TOTAL	4	23,000	7,360	43,560

\* 32% del sueldo mensual (IMSS, INFONAVIT, VALES,)

Los costos indirectos de fabricación inicialmente se asumen como fijos para un periodo de tiempo, y se identifican como se muestra en la Tabla 19. En la Tabla 20 y la Tabla 21 se estima un consumo de los servicios de energía eléctrica y agua que pueden tender a variar de un periodo a otro.

Tabla 19 Costos indirectos de fabricación, autoría propia.

Costos Indirectos de Fabricación Mensuales	
Consumo de energía	\$ 5,875
Consumo de Agua	\$ 502
Mantenimiento de Maquinaria	\$ 1,025
Arrendamiento Bodega	\$ 70,000
Depreciaciones	\$ 3,172
Transporte Materia Prima	\$ 71,500
<b>Total CIF</b>	<b>\$ 152,563</b>

Tabla 20 Consumo de energía, autoría propia.

Estimado de Consumo de Energía Eléctrica Mensual						
	Horas PCC	Kwh/día	Días por mes	Kw Días/mes	\$/Kwh	Costo Total
Domingos	8	18	4	576	1.7	\$ 979
Lunes	8	18	3	432	1.7	\$ 734
Martes	8	18	4	576	1.7	\$ 979
Miércoles	8	18	4	576	1.7	\$ 979
Jueves	8	18	5	720	1.7	\$ 1,224
Viernes	8	18	4	576	1.7	\$ 979
Total Kwh mes				0		\$ 5,875

Tabla 21 Estimación de consumo de agua, autoría propia

Estimado de Consumo de Agua Mensual	
Días de Producción	24
Consumo Diario(m3)	0.7
Total Consumo mensual(m3)	16.8
Cuota Mínima	\$ 448
Costo Variable	\$ 54
Costo m3 Agua	\$ 502

Los gastos administrativos y de ventas mensuales se estiman de acuerdo a lo presentado en la Tabla 22, contemplando los gastos por personal administrativo, comunicaciones, seguros, amortizaciones de inversiones, servicios, publicidad y papelería entre otros.

*Tabla 22 Gastos Administrativos y Ventas Mensuales, autoría propia.*

<b>Gastos Administrativos y Ventas Mensuales</b>	
<b>Gastos Administrativos</b>	
Gerente	\$ 26,400
Comunicaciones	\$ 800
Seguros	\$ 2,460
Amortizaciones	\$ 4,875
Servicios contables	\$ 6,000
Servicios Generales	\$ 5,500
<b>Total Gastos Administrativos</b>	<b>\$ 46,035</b>
<b>Gastos de ventas</b>	
Personal comercial	\$ 22,440
Promoción y publicidad	\$ 4,500
Papelería e Insumos	\$ 800
<b>Total Gastos de Ventas</b>	<b>\$ 27,740</b>
<b>Total Gastos Administrativos y Ventas</b>	<b>\$ 73,775</b>

Definida la estructura operativa del modelo y sus componentes de costos que permitirán recopilar la información financiera, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Se asume que en todo momento se contará con la disponibilidad de materia prima para continuar el proceso, es decir, se asume que se cuenta con un proveedor eficiente y cercano, que realiza entregas de materia prima justo a tiempo; así como un área de compras eficiente y en sintonía con el plan de producción definido.
- Se asume que las unidades demandas por el mercado se entregan inmediatamente, por lo que no se considera inventario final.
- La distribución de las estaciones de trabajo será en forma líneal, como un proceso continuo o una línea de ensamble.

- Las entradas de materia prima al proceso se realizarán acorde a la mezcla de producción determinada y sólo se ingresará materia prima al proceso por la estación de trabajo 1, las salidas de productos serán únicamente en la estación 5.
- Se descartan los tiempos de desplazamientos entre estaciones de trabajo por no considerarse significativos, al ser trayectos muy cortos.
- Se considera que se tiene establecido un plan de mantenimiento preventivo que asegura la confiabilidad de las máquinas para mantenerse en producción todo el tiempo requerido, en caso de requerirse las reparaciones se realiza en tiempos muertos.
- Para efectos de construcción del modelo de simulación se descartan los tiempos de preparación y los tiempos de cambio de producto.
- Para la recopilación de los inventarios se considera que cada estación de trabajo tiene disponibilidad suficiente de almacenamiento, antes y después de realizar la operación.
- Los costos tomados como variables son relativos a cada tipo de proceso por lo que se pueden incluir o excluir del cálculo del *throughput* de acuerdo a la naturaleza del proceso, siempre que estén directamente relacionados con la fabricación del producto.

## 4.2. Comparación entre un modelo TOC y un Sistema de Costos por Proceso

Para validar las características y el efecto generado por TOC, es necesario contar con un referente de comparación. Para lograrlo se realizará la comparación entre un modelo TOC y un sistema de costeo tradicional, observando su comportamiento, recopilando y estructurando los datos para analizar la información y concluir.

### 4.3. Aplicación del Modelo TOC

El desarrollo del modelo TOC se realiza siguiendo los pasos relacionados en el capítulo anterior. Para efectos de la demostración inicialmente no se considera la variabilidad de la demanda, por lo que se toma de referencia como está definida en el apartado anterior. Los pasos a considerar se realizan a continuación:

#### 4.3.1. Análisis de los tiempos de operaciones

A partir de la información de los tiempos por estaciones de trabajo definidos anteriormente, se determina la cantidad del tiempo de operación necesario para cumplir con los estimados de la demanda. De acuerdo a Tabla 23 y la Tabla 24, se puede determinar que el recurso restrictivo que no tendría capacidad para fabricar la totalidad de unidades de la demanda es la estación de trabajo 3, debido a que el tiempo disponible de fabricación de 11520 minutos para un mes de trabajo, considerando mano de obra y capacidad de la maquinaria, no es suficiente para procesar la cantidad total de unidades demandas pues se necesitan 12,598.8 minutos de este recurso para fabricar la totalidad unidades, siendo estratégico determinar el orden de fabricación que permita generar la mayor utilidad.

Tabla 23 Matriz de tiempos de operación para aplicación, autoría propia

<b>Matriz de Tiempos por Operación</b>						
<i>Tiempo por Operación (del operario, operario-máquina, máquina)</i>						
Producto	Estación de Trabajo 1	Estación de Trabajo 2	Estación de Trabajo 3	Estación de Trabajo 4	Estación de Trabajo 5	Total
AC	15	40	70	40	25	<b>190</b>
AF	40	60	120	15	30	<b>265</b>
AN	15	20	40		20	<b>95</b>
Total	<b>70</b>	<b>120</b>	<b>230</b>	<b>55</b>	<b>75</b>	<b>550</b>

Tabla 24 Matriz de carga de tiempos de operación para aplicación, autoría propia

Matriz de Carga de Tiempos de Operación							
Tiempo Total Requerido por Operación							
Capacidad	Estación de Trabajo 1	Estación de Trabajo 2	Estación de Trabajo 3	Estación de Trabajo 4	Estación de Trabajo 5	Total por producto	Pronóstico Demanda
AC	1,404.3	3,744.9	6,553.6	3,744.9	2,340.6	17,788.3	94
AF	1,498.0	2,247.0	4,494.0	561.8	1,123.5	9,924.3	37
AN	581.7	775.6	1,551.2	-	775.6	3,684.1	39
<b>Total tiempo de operación</b>	<b>3,484.0</b>	<b>6,767.5</b>	<b>12,598.8</b>	<b>4,306.7</b>	<b>4,239.7</b>		
Disponibilidad tiempo de fabricación	11,520.0	11,520.0	<b>11,520.0</b>	11,520.0	11,520.0		

Esto implica que el ritmo del proceso estará dado por la capacidad del recurso restrictivo, ya que justamente lo que se busca comprobar es como al realizar la gestión de producción a partir de este recurso, la correcta recopilación de información y cuantificación de la misma repercute en los resultados financieros de la empresa y en la generación de valor.

#### 4.3.2. Priorización de la mezcla de producción

El modelo TOC parte de realizar el plan de producción de acuerdo a la mezcla de producto que aporte mayor *throughput* en el recurso restrictivo, como se determina en la Tabla 25, identificando que el orden en que ingresarán y se procesarán los productos está dado así AN, AC, AF.

Tabla 25 Throughput por minuto de restricción, autoría propia.

<b>Matriz de Throughput por tiempo de la restricción</b>			
	<b>AC</b>	<b>AF</b>	<b>AN</b>
Precio de Venta	\$ 3,320.00	\$ 3,880.00	\$ 3,000.00
Costos variables	\$ 1,360.00	\$ 1,600.00	\$ 1,200.00
Throughput	\$ 1,960.00	\$ 2,280.00	\$ 1,800.00
Tiempo en la Restricción(min)	70	120	40
<b>\$/minutos de restricción</b>	<b>\$ 28.00</b>	<b>\$ 19.00</b>	<b>\$ 45.00</b>

El ingreso de materia prima al modelo TOC, se realizará de acuerdo a la capacidad de trabajo del recurso restrictivo, considerando la tasa de procesamiento de cada producto. Esto implica que los demás recursos no restrictivos trabajaran acorde a la demanda de material en proceso del recurso restrictivo de acuerdo a su capacidad de procesamiento, tanto para el caso de las estaciones que están previas, como a su capacidad de despacho para las estaciones que están adelante. Por ejemplo, si en un determinado momento el recurso restrictivo procesa la materia prima A, los demás recursos deben trabajar a la tasa de procesamiento de la estación 3 que es de 70 minutos por producto.

#### **4.3.3. Programación de producción**

De acuerdo al *throughput* que aporta cada producto al pasar por el recurso restrictivo se establece la prioridad en el orden en que se deben fabricar los productos. En la Tabla 26 se muestra el estimado de productos a fabricar:



La prioridad debido a que realiza el mayor aporte de *throughput* la tiene el producto AN, cuya demanda estimada es de 39 unidades para el mes, por lo que se inicia su producción en la primera semana hasta cubrir la demanda. El siguiente producto con mayor *throughput* es AC que tiene una demanda de 94 unidades, con el que se continua la producción en los dos últimos días de la primera semana hasta la tercera semana para completar la totalidad demanda. El producto AF es el último en ser fabricado por ser el de menor aporte del *throughput*, por lo que en el tiempo restante de producción se estima que sólo se podrán producir 28 unidades de las 37 que se demandan. Para estimar cuál es la producción diaria y los días necesarios en que se debe fabricar cada producto se utiliza el tiempo de ciclo, que es el intervalo de tiempo con el que el proceso estará produciendo una nueva unidad, y coincide con el tiempo de operación del recurso restrictivo que para este caso es el que marca el ritmo de producción. Estimado el plan de producción se procede a su ejecución.

Como parte de las condiciones que plantea TOC para la explotación del recurso restrictivo se encuentra el uso de la metodología DBR, que busca sincronizar el flujo de la producción con la capacidad del recurso restrictivo. El primer componente a considerar es el *Drum* que es el recurso restrictivo y a partir del cual se marca la capacidad del sistema, para éste caso se identificó a la estación de trabajo 3 y se ha determinado el tiempo de procesamiento para cada uno de los productos. El siguiente componente es el *Buffer* que hace las veces de inventario de reserva para asegurar que el recurso restrictivo permanezca trabajando a máxima capacidad manteniendo un suministro constante de material para su procesamiento. Para estimar el tamaño del *Buffer* en el recurso restrictivo, se toma de referencia la fórmula utilizada por Ortiz et al. (2008) para calcular las unidades requeridas como inventario antes de la restricción para cada producto, con base en el número de unidades que puede producir el recurso restrictivo en el 90% de tiempo de producción, asegurando el trabajo permanente de la restricción. El último componente *Rope*, es la comunicación que se debe establecer entre las estaciones de trabajo para asegurar que se transfiera una unidad justo en el momento que la siguiente estación esté lista para procesarla, esto se plasma en el uso de mecanismos de comunicación adecuados como es el caso del *Kanban*, para éste

caso en particular del escenario de simulación, se realiza la programación del modelo de manera que replique la comunicación descrita entre las estaciones de trabajo. A continuación, se señala la formula señalada por Ortiz et al. (2008) para calcular el tamaño del buffer para el modelo TOC planteado.

$$\text{Tamaño de Buffer} = \frac{(\sum_{i=1}^n TP_i * LT) * 90\%}{TP_{CB}}$$

$TP_i$  = Tiempo de producción de la estación de trabajo  $i$

$LT$  = Tamaño del lote de transferencia

$TP_{CB}$  = Tiempo de procesamiento del recurso restrictivo

Tomando el tiempo de procesamiento en cada estación de trabajo por producto y el tiempo que consume el recurso restrictivo por cada uno de estos, considerando que el tamaño de lote es uno, se calculó el tamaño de *buffer* que debe tener el recurso restrictivo al momento de procesar cada producto.

$$\text{Tamaño de Buffer Pto AC} = \frac{(15 + 70 + 40 + 40 + 25) * 1 * 90\%}{70} = 2.44 \approx 2 \text{ unidades}$$

$$\text{Tamaño de Buffer Pto AF} = \frac{(40 + 120 + 60 + 15 + 30) * 1 * 90\%}{120} = 1.99 \approx 2 \text{ unidades}$$

$$\text{Tamaño de Buffer Pto AF} = \frac{(15 + 40 + 20 + 20) * 1 * 90\%}{40} = 2.14 \approx 2 \text{ unidades}$$

De acuerdo a los cálculos realizados el tamaño del buffer para los tres productos coincide en que debe ser de 2 dos unidades de cada producto, como respaldo en inventario en el recurso restrictivo para asegurar que trabaje a su máxima capacidad.

#### 4.3.4. Recopilación de datos

##### 4.3.4.1. Recopilación de tiempos y unidades de proceso

Para imitar el comportamiento del proceso productivo y la recopilación de datos se simula el sistema de producción de acuerdo a la información de tiempos de proceso para un periodo de un mes, considerando que se trabaja 8 horas al día, 6 días a la semana, teniendo 11,520 minutos en el mes disponible para producción. Para efectos de la aplicación no se considera tiempos de preparación de máquinas, solo al inicio de las operaciones, se estima que los descansos de los operarios se realizan en los tiempos muertos de las operaciones.

La simulación del proceso productivo se configura de acuerdo a las características del enfoque de gestión a simular, para éste caso el enfoque TOC donde el flujo de producción lo marca el recurso restrictivo. En la configuración se define las estaciones de trabajo, con la respectiva secuencia y ruta que sigue cada producto dentro del proceso, se programa la prioridad de la producción de acuerdo al enfoque y se establecen los tiempos de producción que toma cada producto en cada estación. Para efectos de incluir la incertidumbre en el comportamiento de los tiempos de proceso, que genera las fluctuaciones estadísticas en el flujo de producción, se determina que cada tiempo de procesamiento tendrá un comportamiento similar a una distribución normal, donde la media es el tiempo de proceso que se determinó en principio y la desviación estándar corresponde al 10% del tiempo de proceso. De igual manera se parametrizan las condiciones en que se realizará la simulación estimando el tiempo y el número de réplicas. El número de réplicas óptimas para recrear el proceso productivo se calcula utilizando la ecuación propuesta por Law y Kelton (2000):

$$n^*(\beta) = \min \left\{ i \geq n: t_{i-1, \frac{1-\alpha}{2}} \sqrt{\frac{S_n^2}{i}} \leq \beta \right\}$$

Donde:

*i* = Número óptimo de corridas

$\beta = \text{Error máximo permitido}$

$1 - \alpha = \text{Nivel de confianza}$

$S_n^2 = \text{Varianza de la medida de interés (obtenida de las corridas piloto)}$

$t = \text{valor de la tabla de } t \text{ de student}$

$n = \text{número de corridas piloto}$

$n^* = \text{número óptimo de corridas}$

Para la aplicación de esta ecuación se utilizó la varianza de la medida de desempeño del tiempo promedio que las piezas pasan en el sistema de la simulación piloto, pues es un referente de las diferencias que puedan surgir entre los enfoques. Se utilizaron 5 simulaciones piloto para determinar el número óptimo de simulaciones, a partir de las que se definieron los valores iniciales y un nivel de confianza del 95%, así como error absoluto del 1% del tiempo que las piezas pasan en el proceso. Al iterar aplicando la fórmula planteada buscando que el intervalo obtenido fuera menor o igual que  $\beta$ , se puede observar en los cálculos siguientes que el intervalo encontrado en la réplica 7 es menor que  $\beta$ , concluyendo que el número de simulaciones optimas es 7 y no es necesario realizar simulaciones adicionales.

$$n^*(\beta) = \min \left\{ i \geq 5: t_{7-1, \frac{7-95}{2}} \sqrt{\frac{0.1764}{7}} \leq \beta \right\}$$

$$2.4469 \sqrt{\frac{0.1764}{7}} = 0.3884 \leq \beta$$

Los valores tomados a partir de las simulaciones pilotos fueron los siguientes:

$$\beta = 1.3207$$

$$1 - \alpha = 95\%$$

$$S_n^2 = 0.1764$$

$$t = 2.4469$$

$$n = 5$$

$n^*$  = número óptimo de corridas

Partiendo de las características definidas del proceso planteado para validar las características del modelo, se utiliza el aplicativo *Process Simulator* para construir y ejecutar el modelo de simulación que permita imitar el comportamiento que tendría el sistema de manufactura para este caso del enfoque TOC, donde una de las diferencias con el enfoque SCP se evidencia por el uso del *buffer* para lograr la máxima explotación del recurso restrictivo. De la ejecución de la simulación se obtiene la información de las medidas de desempeño definidas anteriormente y los resultados de producción para el horizonte de tiempo definido. La Figura 8 muestra la configuración del proceso simulado.

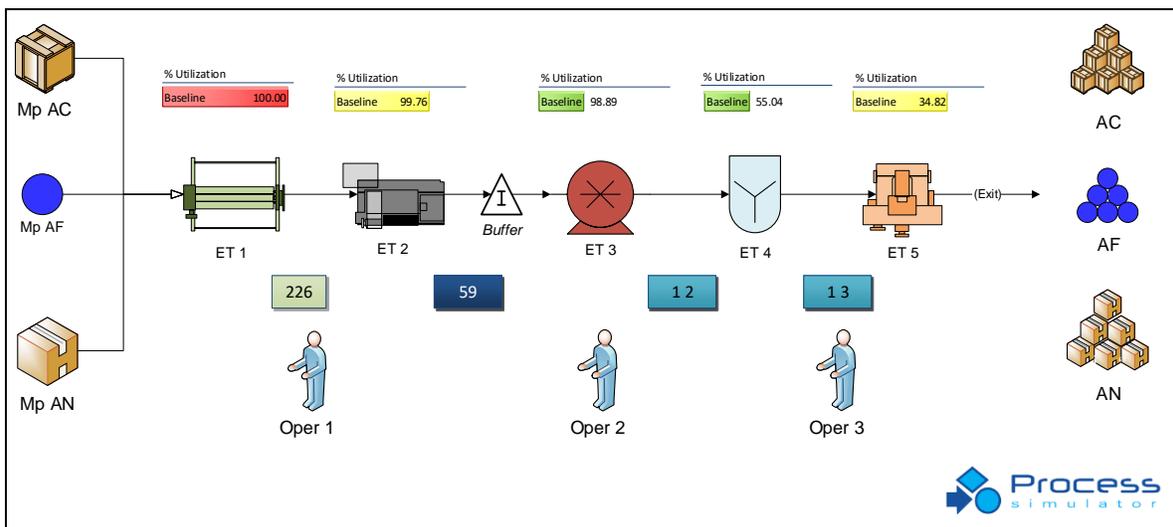


Figura 8 Representación de la simulación del proceso bajo enfoque TOC

En la Tabla 27 se muestra el resumen de los resultados de la simulación comenzando por las unidades producidas y terminadas en cada estación, las unidades que se transfirieron a la siguiente estación, las unidades que se retuvieron en la estación y la cantidad que quedaron en operación. De acuerdo a la información

recopilada el producto AN se terminaron en total 39 unidades, quedando en promedio 3 unidades en inventario en proceso, con los porcentajes de acabado señalados en la columna % de operación, del producto AC se fabricaron 94 unidades que recorrieron todas las estaciones y quedaron 2 unidades en inventario en proceso, por último, del producto AF se fabricaron 25 unidades considerando la unión de producto en la estación 4, quedando 1 unidad en proceso en los porcentajes señalados. Los resultados consideran valores promedios de las unidades de producción obtenidas en las 7 réplicas de la simulación del modelo, también en los resultados de los inventarios en proceso se considera las unidades que forman parte del buffer asignado al recurso restrictivo.

Como era de esperarse la cantidad de inventarios, al subordinar el flujo del proceso a la capacidad del recurso restrictivo es mínima y los inventarios en proceso se presentan debido a las fluctuaciones estadísticas naturales del proceso, a pesar de que cada pieza que se fabrica en las estaciones previas del recurso restrictivo están en sintonía con el ritmo de éste y las estaciones posteriores al recurso restrictivo, estación de trabajo 3, únicamente procesan en la medida que este recurso va liberando unidades. Es de resaltar que al final del proceso no necesariamente se logran terminar, en el tiempo disponible de producción, la misma cantidad de unidades que procesó el recurso restrictivo, por lo que la cantidad de unidades terminadas no es exactamente la cantidad de unidades procesadas por el recurso restrictivo.

*Tabla 27 Resultados flujo del proceso*

Producto	AN					AC					AF				
	ET1	ET2	ET3	ET4	ET5	ET1	ET2	ET3	ET4	ET5	ET1	ET2	ET3	ET4	ET5
<b>U. Terminadas</b>	40	40	40	39		94	94	94	94	94	50	50	50	25	25
U. Transferidas	40	40	40	39		94	94	94	94	94	50	50	50	25	25
U. Retenidas	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U. en Operación	1		1	1		1		1					1		
% Operación	67%		50%	40%		43%		93%					71%		

Los resultados operativos a nivel de unidades producidas, inventarios, utilización y tiempos promedios de operación obtenidos de la simulación se amplían en la

sección 4.4.5 *Comparación de los resultados de la simulación del modelo TOC y el sistema de costos por procesos*, donde se analiza comparativamente el comportamiento de ambos enfoques.

Los resultados obtenidos a nivel de proceso son el insumo de entrada para establecer los costos que se generaron en el proceso. En el caso de los tiempos, su cuantificación es fundamental para el control y ajuste de los tiempos de producción en un siguiente periodo, así como para evaluar la actividad de los operarios y del rendimiento de las operaciones; sin embargo, para cuantificar los costos de acuerdo a los planteamientos de TOC no tiene una repercusión directa sobre el costeo, pues no se cuantifica el costo del tiempo sino el flujo de operación, es decir, la cantidad de unidades terminadas y procesadas y su relación con los costos directos.

#### **4.3.4.2. Informe de costos de producción**

Para la construcción del informe de costos de producción se parte del reporte de producción, considerando las unidades pendientes de distribución del periodo anterior, para establecer la cantidad y el estado de las unidades en cada estación de trabajo para el periodo que se está revisando, con las que de acuerdo al porcentaje de finalización de las unidades en proceso se establece la cantidad neta de unidades equivalentes. Sin embargo, el uso de unidades equivalentes va orientado a la asignación de costos de conversión, mano de obra y CIF, ya que como se mencionó TOC no considera este tipo de costos para una asignación y acumulación del costo del proceso, por lo que sólo se utilizarían las unidades equivalentes en caso que en estaciones posteriores a la primera se utilice algún tipo de materia prima, lo anterior no aplica en el caso en cuestión, por lo que no se consideran por este enfoque las unidades equivalentes.

Para efectos del análisis de la estructura de costos y de la simulación de los datos no se consideran unidades de un periodo anterior. En la Tabla 28 se muestra como

ejemplo el reporte de producción para cada estación del producto AC, en el Anexo 2 se presentan para los demás productos.

Tabla 28 Reporte de producción producto AC

Producto AC								
Reporte de producción								
Unidades por distribuir	Del periodo anterior		ET 1	ET 2	ET 3	ET 4	ET 5	
		Terminadas y Retenidas	0	0				
		En proceso	0	0	1			
		<b>Subtotal</b>	0	0	1	0	0	
	Periodo actual	Comenzadas	95					
		Recibidas del proceso anterior		94	94	94	94	94
		<b>Total</b>		<b>95</b>	<b>94</b>	<b>95</b>	<b>94</b>	<b>94</b>
Distribución de Unidades	Terminadas y transferidas		94	94	94	94	94	
	Terminadas y retenidas		0	0	0	0	0	
	En proceso		1	0	1	0	0	
	Perdidas en Producción							
	<b>Total</b>		<b>95</b>	<b>94</b>	<b>95</b>	<b>94</b>	<b>94</b>	
	% Finalización CIF, MO, MP		43%	0%	93%	0%	0%	

Para la consolidación de costos se utiliza la estructura del informe de costos de producción para cada uno de los productos, como se muestra en la Tabla 29 para el producto AC y en la Anexo 3 para los demás productos.

Tabla 29 Informe de Costos de producción de AC

Informe de Costos de Producción AC													
Fecha			ET 1		ET 2		ET 3		ET 4		ET 5		
			CT	CU	CT	CU	CT	CU	CT	CU	CT	CU	
Costos a distribuir	Del proceso anterior	Recibidos durante el periodo	\$0		\$127,840	\$1,360	\$127,840	\$1,360	\$127,840	\$1,360	\$127,840	\$1,360	
		Inventario inicial en proceso	\$0				\$1,360						
		<b>Subtotal</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$1,360</b>	<b>\$129,200</b>	<b>\$1,360</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$1,360</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$1,360</b>	
		Costo ajustado por unidad adicional	\$0										
		Costo ajustado por unidad perdida	\$0										
		<b>TOTAL AL PROCESO ANTERIOR</b>		<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$1,360</b>	<b>\$129,200</b>	<b>\$1,360</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$1,360</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$1,360</b>
	En este proceso	Inventario inicial en proceso	Materiales										
			Mano de obra										
			Costos Indirectos										
		Costos producción del periodo	Materiales	\$129,200	\$1,360	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			Mano de obra	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			Costos Indirectos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>TOTAL ESTE PROCESO</b>		<b>\$129,200</b>	<b>\$1,360</b>	<b>\$0</b>									
	<b>TOTAL ACUMULADO</b>		<b>\$129,200</b>	<b>\$1,360</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$1,360</b>	<b>\$129,200</b>	<b>\$1,360</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$1,360</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$1,360</b>	
Distribución de costos	Terminados y transferidos			\$127,840	\$127,840	\$127,840	\$127,840	\$127,840	\$127,840	\$127,840	\$127,840		
	Terminados y retenidos			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0		
	En este proceso final	Materiales		\$1,360	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0		
		Mano de obra		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0		
		CIF		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0		
	Procesos anterior				\$0	\$0	\$1,360	\$0	\$0	\$0			
Costo adicional por unidad perdida													
	<b>Total</b>			<b>\$129,200</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$129,200</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$129,200</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$127,840</b>	<b>\$1,360</b>		
				\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0			
<b>Valor Inventario Inicial</b>						\$1,360				<b>\$1,360</b>			
<b>Costo producto terminado</b>				\$127,840	\$0			\$0	\$0	<b>\$127,840</b>			
<b>Valor del inventario final</b>				\$1,360	\$0	\$1,360		\$0	\$0	<b>\$2,720</b>			
<b>Costo total de producción</b>				\$129,200	\$0	\$0		\$0	\$0	<b>\$129,200</b>			

La estructura utilizada permite consolidar el total de costos de unidades de periodos anteriores y el periodo actual, facilitando la cuantificación de los costos en que se incurre en cada estación. La utilidad de esta estructura bajo el enfoque TOC está en poder cargar los costos que se consideran están directamente relacionados con las unidades a fabricar, estos pueden ser los materiales que se agregan desde el inicio del proceso, como materiales que se cargan en unidades más adelante. De igual manera para la mano de obra que se puede considerar directa sobre las unidades y que por lo tanto se debe sumar con cada unidad adicional que se fabrica. También aplica para los costos indirectos de fabricación, sólo se deben considerar costos directos y variables con la producción, que serían los que se cargan como parte de la estructura. De esta manera se podrán obtener los costos en que se incurre en cada estación de trabajo, los valores desagregados por los elementos del costo, así como obtener al valor del inventario final para cada estación, los costos de los productos vendidos y el costo total de la producción; estos últimos consolidados serán el insumo de entrada para la construcción del estado de resultados y el estado de situación financiera. Para este caso, únicamente se considera costo variable directo los materiales requeridos y los niveles de inventarios en proceso son significativamente bajos, \$3700 pesos, debido a la subordinación del proceso al ritmo de la restricción.

#### **4.3.5. Resultados Financieros**

Los resultados operacionales se llevan al estado de resultados principalmente vía costos de producción; inventarios en proceso y de producto terminados entre otros al estado de situación financiera. Sin lugar a dudas hay una gran cantidad de rubros que se ven afectados por las operaciones de producción de la empresa, pero son los inventarios uno de los ítems más relevantes e indicadores principales de la eficiencia operacional y financiera de los procesos.

Con los resultados obtenidos para el periodo de análisis se construyen los estados de resultados y el balance general que serán la base de análisis y comparación entre el sistema TOC y el sistema de costeo tradicional. En la Tabla 30 se presenta

el estado de resultados en la estructura propuesta por TOC. En el caso del estado de situación financiera solo se considera el valor de los inventarios, pero esto se realiza a propósito para la comparación a realizar.

Tabla 30 Estado de resultados TOC

<b>Estado de Resultados TOC</b>			
<b>Ingresos</b>			
	<b>Precio de Venta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
AC	\$ 3,320.00	94	\$ 312,080.00
AF	\$ 3,880.00	25	\$ 97,000.00
AN	\$ 3,000.00	39	\$ 117,000.00
<b>Total Ingresos</b>			<b>\$ 526,080.00</b>

<b>Costos Variables</b>			
AC	\$ 1,360.00	94	\$ 127,840.00
AF	\$ 1,600.00	25	\$ 40,000.00
AN	\$ 1,200.00	39	\$ 46,800.00
<b>Total Costos Variables</b>			<b>\$ 214,640.00</b>

<b>Costos Fijos</b>	
Mano de Obra	\$ 43,560.00
Costos indirectos de fabricación	\$ 152,563.41
Gastos administrativos	\$ 46,034.82
Gastos de ventas	\$ 27,740.00
<b>Total Costos Fijos del Periodo</b>	<b>\$ 269,898.22</b>

<b>Utilidad Operacional</b>	<b>\$ 41,541.78</b>
-----------------------------	---------------------

Impuestos(30%)	\$ 12,463
----------------	-----------

<b>Utilidad Neta</b>	<b>\$ 29,079.24</b>
----------------------	---------------------

#### **4.4. Aplicación Sistema de Costeo por proceso**

Para realizar la comparación entre los resultados obtenidos con TOC y los resultados de acuerdo a los enfoques de los sistemas de costos tradicionales, se realiza la cuantificación de los resultados del proceso a partir de los planteamientos del sistema costeo por procesos(SCP). Las diferencias entre los enfoques de TOC y los sistemas de costeo, radica en que TOC prioriza y establece el orden de la producción de acuerdo al aporte que realiza cada producto por minuto de restricción, mientras que el SCP utiliza de referencia para dar prioridad el margen unitario que se obtiene de calcular el costo unitario del producto, ya sea por costeo estándar o por la acumulación de costos históricos. La otra diferencia radica en el criterio para medir la eficiencia de cada proceso y programar la producción, pues SCP busca mantener en operación cada estación de trabajo para lograr su máxima eficiencia con respecto al tiempo disponible, consumiendo materia prima cada vez que la primera estación finaliza una pieza y así sucesivamente; mientras que TOC sincroniza cada operación a la capacidad del recurso restrictivo y considera que los tiempos muertos u ociosos de las recursos no restrictivos no se constituyen en una pérdida económica, pero si se deben gestionar para su máximo aprovechamiento. De acuerdo a esto se aplica los conceptos del SCP para el ejemplo en análisis.

##### **4.4.1. Priorización de la mezcla de producción según SCP**

El sistema de costeo por procesos no considera las restricciones del proceso para la programación de la producción, por lo que no se identifica previamente cuál es el recurso restrictivo del proceso. La selección de la mezcla de productos para determinar el orden a fabricar, se realiza de acuerdo a la utilidad aportada por producto, a partir de la estimación del costo unitario. De acuerdo a Budd (2010) para estimar los costos adicionales a la materia prima, se estiman los costos mano de obra directa a partir del tiempo que cada operario debe dedicar a la fabricación de una unidad en cada estación de trabajo, cargando el total de los costos acumulados. De igual manera se determinan los costos indirectos de fabricación utilizando un factor de asignación, como el tiempo requerido por unidad, realizando la asignación de manera ponderada, como se observa en la Tabla 31.

Tabla 31 Utilidad por Unidad en sistemas de costo tradicionales, autoría propia.

Producto	AC	AF	AN
<b>Precio de Venta</b>	<b>\$ 3,320.00</b>	<b>\$ 3,880.00</b>	<b>\$ 3,000.00</b>
<b>Costos y Gastos</b>			
<b>Materia prima</b>	<b>\$ 1,360.00</b>	<b>\$ 1,600.00</b>	<b>\$ 1,200.00</b>
<i>Total Horas por lote</i>	<i>3.17</i>	<i>4.42</i>	<i>1.58</i>
<b>Costo MO lote</b>	<b>\$ 263.8</b>	<b>\$ 368.0</b>	<b>\$ 131.9</b>
% de Asignación	35%	48%	17%
<b>CIF</b>	<b>\$ 887.30</b>	<b>\$ 1,043.88</b>	<b>\$ 782.91</b>
<b>Costo Unitario</b>	<b>\$ 2,511.13</b>	<b>\$ 3,011.86</b>	<b>\$ 2,114.83</b>
<b>Margen por Unidad</b>	<b>\$ 808.87</b>	<b>\$ 868.14</b>	<b>\$ 885.17</b>

De acuerdo al margen de utilidad estimado por unidad, el orden de fabricación estaría dado de la siguiente manera: AN, AF, AC. Para el caso de la materia prima que entra al sistema de manufactura, en el modelo de costos tradicional se liberará cuando la estación inicial (ET 1) necesite materia prima, con el objetivo de mantener en todo momento la eficiencia de esta máquina y por consiguiente, alimentar siempre a las estaciones posteriores para mantener la eficiencia de cada estación.

#### 4.4.2. Programación de producción

La programación de la producción se realiza de acuerdo al orden determinado, considerando que se tiene un tiempo disponible de 11520 minutos para el mes de producción de 8 horas diarias 6 días por semana, de forma similar a la aplicación de TOC. La Tabla 32 muestra el estimado de producción para el periodo mencionado.



### 4.4.3. Recopilación de datos

#### 4.4.3.1. Recopilación de tiempos y unidades de proceso

Para imitar el comportamiento del proceso productivo bajo el enfoque del SCP y recopilar la información requerida, se simula el sistema de producción de acuerdo a la información de tiempos de proceso para un periodo de un mes, considerando que se trabaja 8 horas al día, 6 días a la semana, teniendo 11,520 minutos en el mes disponible para producción. Utilizando el mismo aplicativo y condiciones de operación señaladas en el modelo TOC para realizar la simulación del proceso, configurando las diferencias mencionados entre los dos modelos y con la misma estimación del número de réplicas de la simulación para conservar igual base de comparación. La Figura 9 muestra la configuración del proceso bajo el enfoque SCP, siendo una de las principales diferencias que en este caso el ingreso de materia prima al proceso lo marca la primera estación y que no se explota la capacidad del recurso restrictivo, por lo tanto no se utiliza el *buffer*.

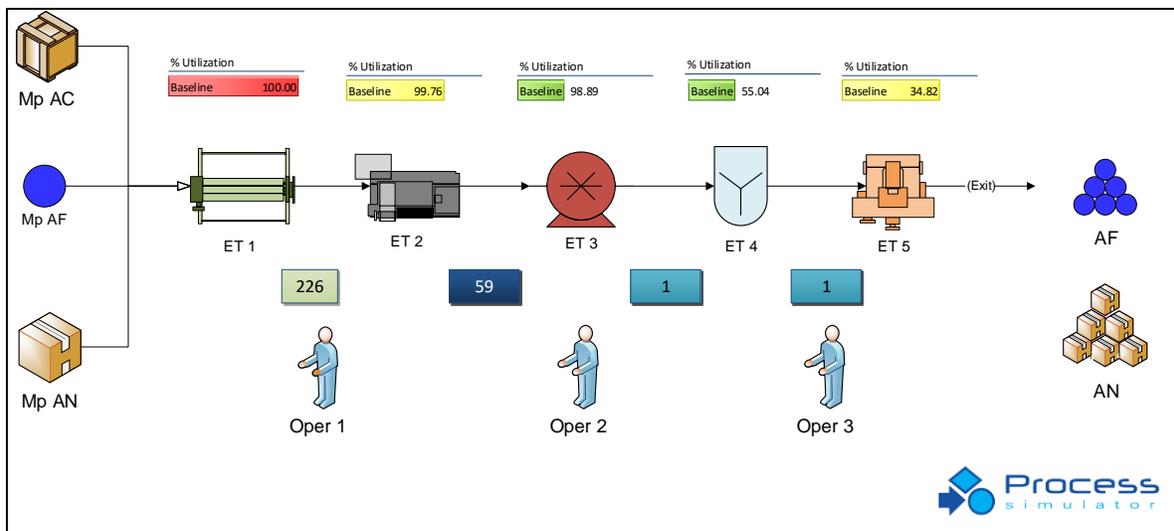


Figura 9 Representación de la simulación del proceso bajo enfoque SCP

En la Tabla 33 se muestra el resumen del movimiento de unidades según los resultados de la simulación, de acuerdo a la información recopilada del producto AN

se terminaron en total 39 unidades de acuerdo al pronóstico de la demanda, quedando 27 unidades en inventario final en la estación uno, 41 unidades en inventario final de la estación dos y 1 unidad en la estación tres, de las cuales 3 unidades de este inventario inicial no quedaron terminadas en su totalidad y su avance en la fabricación corresponde al señalado en la fila % operación de la tabla. Del producto AF se fabricaron 37 unidades considerando la unión de producto en la estación cuatro, quedando 76 unidades en el inventario final de la estación uno, 77 unidades en la estación dos y 1 unidad en la estación tres; por último, del producto AC se terminaron 73 unidades en el periodo simulado, quedando en inventario final 226 unidades en la estación uno, 59 unidades en la estación dos, 1 unidad en la estación tres y una en la estación cinco.

Se evidencia que en la medida que la gestión del proceso se centra en lograr la máxima producción de cada estación de trabajo generando el flujo del proceso a partir de la demanda de materia prima de la primera estación, se irá presentando una acumulación de inventario pues el recurso restrictivo no cuenta con la capacidad de procesar al ritmo que suministran las estaciones de trabajo previas (estaciones 1 y 2), lo que es evidente en la cantidad de unidades acumuladas. De esta manera también se evidencia la limitación del proceso, por lo que debería generarse un replanteamiento para el siguiente periodo.

Esta problemática no es muy evidente en la mayoría de las empresas pues su producción es continua y las acumulaciones de inventario se van compensando con las fluctuaciones en los tiempos de proceso, haciendo que en la medida que transcurra el tiempo los costos ocultos se incrementen, pero se mimeticen de un periodo a otro, por lo que es necesario analizar el comportamiento de los procesos en los cortes de periodo, ya sean semanas, meses, días o turnos; y evaluar si los criterios con los que se toman las decisiones para gestionar los procesos y cuantificarlos, son los adecuados para maximizar las utilidades y el valor que un negocio puede aportar.

Tabla 33 Resultados flujo del proceso SCP

Producto	AN				AF					AC				
	ET1	ET2	ET3	ET4	ET1	ET2	ET3	ET4	ET5	ET1	ET2	ET3	ET4	ET5
<b>U. Terminadas</b>	107	80	39	39	227	151	74			359	133	74	74	73
U. Transferidas	81	40	39	39	152	75	74	37	37	134	75	74	74	73
U. Retenidas	26	40			75	76	0	0	0	225	58	0		0
U. en Operación	1	1	1		1	1	1			1	1	1		1
% Operación	67%	50%	40%		64%	71%	29%			43%	35%	83%		29%

Los resultados obtenidos de la producción lograda en el periodo en que se simuló, son los datos de entrada para estimar los costos en que se incurrió en el proceso; pero también son una fuente importante para analizar el proceso a nivel de tiempos y eficiencia, evidenciando la problemática señalada. También estos resultados obtenidos en el periodo en mención son los datos de entrada para estimar los costos en que se incurrió en el proceso, además de ser una fuente importante para analizar el proceso a nivel de tiempos y eficiencia. Los resultados operativos a nivel de unidades producidas, inventarios, utilización y tiempos promedios de operación obtenidos de la simulación se amplían en la sección 4.4.5 *Comparación de los resultados de la simulación del modelo TOC y el sistema de costos por procesos*, donde se analiza comparativamente el comportamiento de ambos enfoques.

#### 4.4.3.2. Informe de costos de producción

La construcción del informe de costos de producción se realiza de acuerdo a la metodología del SCP, donde se compilan la cantidad de unidades que pasaron por el proceso de fabricación en el periodo, identificando en qué estado se encuentran al final del periodo, de forma similar a cómo se recopiló la información en la aplicación de TOC. Para efectos del análisis de la estructura de costos y de la simulación de los datos no se consideran unidades de un periodo anterior. En la Tabla 34 se muestra como ejemplo el reporte de producción y en la Tabla 35 la cantidad de unidades equivalentes para cada estación del producto AF, en el Anexo 3 se presentan para los demás productos.

Tabla 34 Reporte de producción producto AF con SCP

AF								
Reporte de Producción								
Unidades por distribuir	Del periodo anterior		ET 1	ET 2	ET 3	ET 4	ET 5	
		Terminadas y Retenidas	0	0				
		En proceso	0	0				
	Subtotal	0	0					
	Del periodo actual	Comenzadas	228					
		Recibidas del proceso anterior			152	75	37	37
<b>Total</b>		<b>228</b>	<b>152</b>	<b>75</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	
Distribución de Unidades	Terminadas y transferidas		152	75	74	37	37	
	Terminadas y retenidas		75	76	0	0	0	
	En proceso final		1	1	1	0	0	
	Pérdidas en Producción							
	<b>Total</b>		<b>228</b>	<b>152</b>	<b>75</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	
	% Finalización CIF, MO, MP		64%	71%	29%	0%	0%	

Con las cantidades equivalente se establece los costos que se generan por estación, considerando tanto los costos de materiales como los costos de conversión, mano de obra y costos indirectos de fabricación, pues para el caso del SCP una de sus principales características es la acumulación de los costos de conversión a medida que se lleva a cabo la producción.

Tabla 35 Cantidades equivalentes producto AF

Cantidades Equivalentes - Producto AF						
Costo	Estación de trabajo	Terminadas y transferidas	Terminadas y retenidas	En proceso	Total Un. Equivalentes	Costos Variables directos
Materiales	ET1	152	75	0.64	227.64	\$ 800.00
Mano de Obra	ET1	152	75	0.64	227.64	7.71
CIF	ET1	152	75	0.64	227.64	\$ 27.95
Mano de Obra	ET2	75	76	0.71	151.71	\$ 17.34
CIF	ET2	75	76	0.71	151.71	\$ 174.52
Mano de Obra	ET3	74	0	0.29	74.29	\$ 70.27
CIF	ET3	74	0	0.29	74.29	\$ 176.57
Mano de Obra	ET4	37	0	0	37	\$ 35.61
CIF	ET4	37	0	0	37	\$ 101.71
Mano de Obra	ET5	37	0	0	37	\$ 71.22
CIF	ET5	37	0	0	37	\$ 188.63

Con la información recopilada se construye el consolidado de costos para cada una de las estaciones de trabajo en el periodo analizado. La estructura permite considerar los costos de periodos anteriores, que no se consideran para efectos del análisis. El propósito de esta estructura en el SCP es acumular los tres elementos del costo a cada uno de los productos en las estaciones de trabajo, es aquí donde se marca la diferencia con el enfoque TOC, pues se acumulan los costos de conversión indiferente si son de naturaleza fija, variable, directa o indirecta, que para el caso de TOC solo se acumulan costos directos variables. De acuerdo al acumulación de costos se obtiene el costo unitario por estación y el costo de producción unitario para las unidades terminadas en el periodo; así como los costos del inventario final del periodo tanto para unidades terminadas como en proceso que para el caso del producto AF es de \$143,371 como lo muestra la Tabla 36, significativamente mayor al costo final de inventarios por el enfoque TOC. El informe de costos de los demás productos se muestra en el Anexo 4.

Tabla 36 Informe de costos de producción AC

Informe de Costos de Producción AF													
Fecha			ET 1		ET 2		ET 3		ET 4		ET 5		
			CT	CU	CT	CU	CT	CU	CT	CU	CT	CU	
Costos a distribuir	Del proceso anterior	Recibidos durante el periodo	\$0		\$127,019	\$836	\$77,064	\$1,028	\$47,151	\$1,274	\$52,232	\$1,412	
		Inventario inicial en proceso	\$0										
		<b>Subtotal</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$127,019</b>	<b>\$836</b>	<b>\$77,064</b>	<b>\$1,028</b>	<b>\$47,151</b>	<b>\$1,274</b>	<b>\$52,232</b>	<b>\$1,412</b>	
		Costo ajustado por unidad adicional	\$0										
		Costo ajustado por unidad perdida	\$0										
		<b>TOTAL AL PROCESO ANTERIOR</b>		<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$127,019</b>	<b>\$836</b>	<b>\$77,064</b>	<b>\$1,028</b>	<b>\$47,151</b>	<b>\$1,274</b>	<b>\$52,232</b>	<b>\$1,412</b>
	En este proceso	Inventario inicial en proceso	Materiales										
			Mano de obra										
			Costos Indirectos										
		Costos producción del periodo	Materiales	\$182,112	\$800	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			Mano de obra	\$1,754	\$8	\$2,630	\$17	\$5,220	\$70	\$1,318	\$36	\$2,635	\$71
			Costos Indirectos	\$6,362	\$28	\$26,477	\$175	\$13,117	\$177	\$3,763	\$102	\$6,979	\$189
<b>TOTAL ESTE PROCESO</b>		<b>\$190,228</b>	<b>\$836</b>	<b>\$29,107</b>	<b>\$192</b>	<b>\$18,338</b>	<b>\$247</b>	<b>\$5,081</b>	<b>\$137</b>	<b>\$9,615</b>	<b>\$260</b>		
	<b>TOTAL ACUMULADO</b>		<b>\$190,228</b>	<b>\$836</b>	<b>\$156,127</b>	<b>\$1,028</b>	<b>\$95,401</b>	<b>\$1,274</b>	<b>\$52,232</b>	<b>\$1,412</b>	<b>\$61,846</b>	<b>\$1,672</b>	
Distribución de costos	Terminados y transferidos			\$127,019	\$77,064	\$94,302	\$52,232	\$61,846					
	Terminados y retenidos			\$62,674	\$78,091	\$0	\$0	\$0					
	En este proceso final	Este proceso	Materiales	\$512	\$0	\$0	\$0	\$0					
			Mano de obra	\$5	\$12	\$20	\$0	\$0					
			CIF	\$18	\$124	\$51	\$0	\$0					
	Procesos anterior				\$836	\$1,028	\$0	\$0					
Costo adicional por unidad pérdida													
	<b>Total</b>			<b>\$190,228</b>	<b>\$156,127</b>	<b>\$95,401</b>	<b>\$52,232</b>	<b>\$61,846</b>					
					\$0	\$0	\$0	\$0					
	<b>Valor del inventario final</b>		\$63,209	\$79,063	\$1,099	\$0	\$0	<b>\$143,371</b>					
	<b>Costo producto terminado</b>		\$61,838	\$14,198	\$18,266	\$5,081	\$9,615	<b>\$108,998</b>					
	<b>Costo total de producción</b>		\$190,228	\$29,107	\$18,338	\$5,081	\$9,615	<b>\$252,369</b>					

#### 4.4.4. Resultados Financieros

Con la información recopilada de la producción del periodo se consolidan los resultados en los estados financieros, del informe de costos de producción se obtienen tanto los costos de producción de las unidades vendidas en el periodo que van a conformar el estado de resultados, como los costos de los inventarios del periodo que van a formar parte del estado de situación financiera. En la Tabla 37 se muestra el estado de resultados con el que se realizarán las comparaciones entre los dos enfoques.

Tabla 37 Estado de resultados SCP

<b>Estado de Resultados SCP</b>			
<b>Ingresos</b>			
	Precio de Venta	Cantidad	Total
AC	\$ 3,320.00	73	\$ 242,360.00
AF	\$ 3,880.00	37	\$ 143,560.00
AN	\$ 3,000.00	39	\$ 117,000.00
<b>Total Ingresos</b>			<b>\$ 502,920.00</b>
<b>Costos de producción</b>			
<b>AC</b>	<b>\$ 2,311.16</b>	<b>73</b>	<b>\$ 168,714.93</b>
Materiales	\$ 1,360.00		\$ 99,280.00
Mano de Obra	\$ 281.78		\$ 20,570.10
CIF	\$ 669.38		\$ 48,864.82
<b>AF</b>	<b>\$ 2,945.88</b>	<b>37</b>	<b>\$ 108,997.60</b>
Materiales	\$ 1,600.00		\$ 59,200.00
Mano de Obra	\$ 297.46		\$ 11,005.97
CIF	\$ 1,048.42		\$ 38,791.63
<b>AN</b>	<b>\$ 1,880.11</b>	<b>39</b>	<b>\$ 73,324.26</b>
Materiales	\$ 1,200.00		\$ 46,800.00
Mano de Obra	\$ 104.04		\$ 4,057.44
CIF	\$ 576.07		\$ 22,466.82
<b>Total Costos del Periodo</b>			<b>\$ 351,036.78</b>
<b>Utilidad Bruta</b>			<b>\$ 151,883.22</b>
Gastos Administrativos			\$ 46,034.82
Gastos de Ventas			\$ 27,740.00
<b>Utilidad operacional</b>			<b>\$ 78,108.40</b>
Impuestos			\$ 23,433
<b>Utilidad Neta</b>			<b>\$ 54,675.88</b>

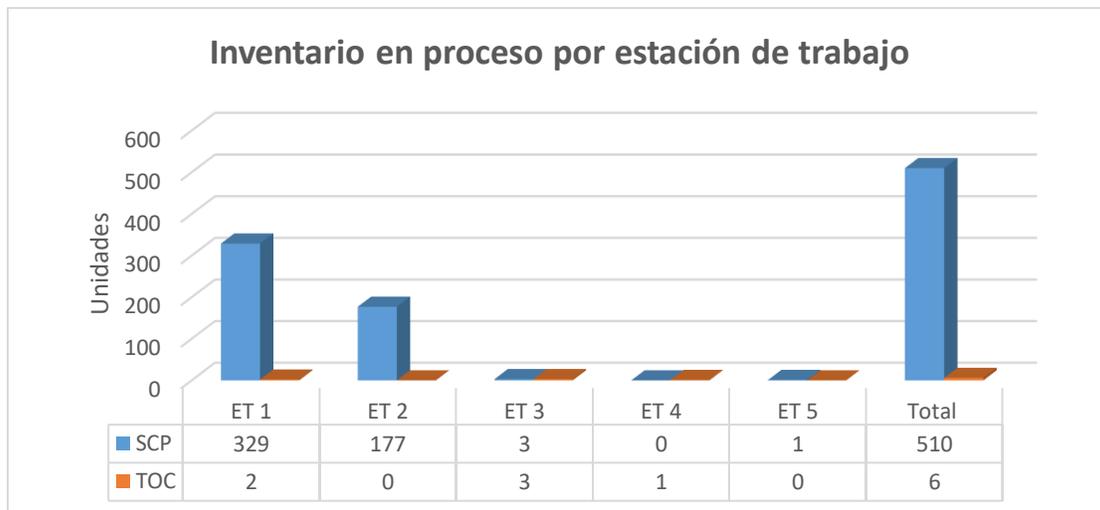
#### 4.4.5. Comparación de los resultados de la simulación del modelo TOC y el sistema de costos por procesos

Los resultados obtenidos para los dos enfoques de gestión en el periodo de simulación permiten identificar el comportamiento que presenta cada uno en cuanto a resultados operacionales. Para su análisis se utilizan las medidas de desempeño operativo que se definieron con anterioridad, realizando una comparación de las mismas entre los enfoques de gestión.

La medida de desempeño operativo del *inventario en proceso por estación de trabajo* permite contrastar la cantidad de inventario que queda dentro del proceso una vez concluye el periodo de simulación. La Tabla 38 y la Figura 10 presenta la información del inventario para cada estación de trabajo tomada del aplicativo Output Viewer en la pestaña Actividad Resumen, en donde se puede observar que en el modelo funcionando bajo el sistema de costos por procesos existen en promedio 510 unidades en proceso al momento de finalizar la simulación, en contraste con las 6 unidades del sistema TOC, incluidas las unidades que componen el *buffer*. En la figura se evidencia que la mayoría de piezas se acumulan en las estaciones 1 y 2 esto por el efecto del recurso restrictivo de represar el flujo del proceso, siendo más evidente estas estaciones pues son en las que las unidades esperan a que la siguiente operación se libere para ser procesadas. De acuerdo a esto el enfoque TOC permite tener una disminución significativa del inventario en proceso.

Tabla 38 Comparación inventario en proceso por estación de trabajo

Inventario en proceso por estación de trabajo						
	ET 1	ET 2	ET 3	ET 4	ET 5	Total
<b>SCP</b>						
AC	226	59	1	0	1	287
AF	76	77	1	0	0	154
AN	27	41	1	0	0	69
<b>Total SCP</b>	<b>329</b>	<b>177</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>510</b>
<b>TOC</b>						
AC	1	0	1	0	0	2
AF	0	0	1	0	0	1
AN	1	0	1	1	0	3
<b>Total TOC</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>6</b>



*Figura 10 Comparación inventario en proceso por estación de trabajo y modelo*

La siguiente medida de desempeño es las *unidades procesadas por estación de trabajo*, que indica la cantidad de unidades que cada estación de trabajo completó al final del tiempo de simulación. En la Tabla 39 y la Figura 11 presenta la información de la cantidad de unidades procesadas por cada enfoque de gestión tomada de los reportes de la simulación; se evidencia que las dos primeras estaciones de trabajo en el enfoque de costos por proceso produjeron más del doble que las mismas estaciones en el enfoque TOC, lo que también se refleja en el número de unidades producidas por el total de estaciones, doblando al SCP la cantidad de unidades procesadas por TOC. Sin embargo, no hay una diferencia sustancial entre el número de unidades terminadas por los dos enfoques, siendo mayor en 11 unidades las terminadas por TOC, incluidas las unidades que componen el *buffer*. Como se ha analizado TOC hace un mejor uso de los recursos al producir una menor cantidad de inventarios y lograr un nivel similar de productos terminados para cubrir la demanda, logrando una eficiencia operativa y financiera superior al enfoque SCP.

Tabla 39 Comparación unidades procesadas por estación de trabajo

Unidades procesadas por estación de trabajo							
	ET 1	ET 2	ET 3	ET 4	ET 5	Unidades Totales	Unidades terminadas
<b>SCP</b>							
AC	359	133	74	74	73	713	73
AF	227	151	74	37	37	526	37
AN	107	80	39	39	0	265	39
<b>Total SCP</b>	<b>693</b>	<b>364</b>	<b>187</b>	<b>150</b>	<b>110</b>	<b>1504</b>	<b>149</b>
<b>TOC</b>							
AC	94	94	94	94	94	470	94
AF	50	50	50	25	25	200	25
AN	40	40	40	39	0	159	39
<b>Total TOC</b>	<b>184</b>	<b>184</b>	<b>184</b>	<b>158</b>	<b>119</b>	<b>829</b>	<b>158</b>

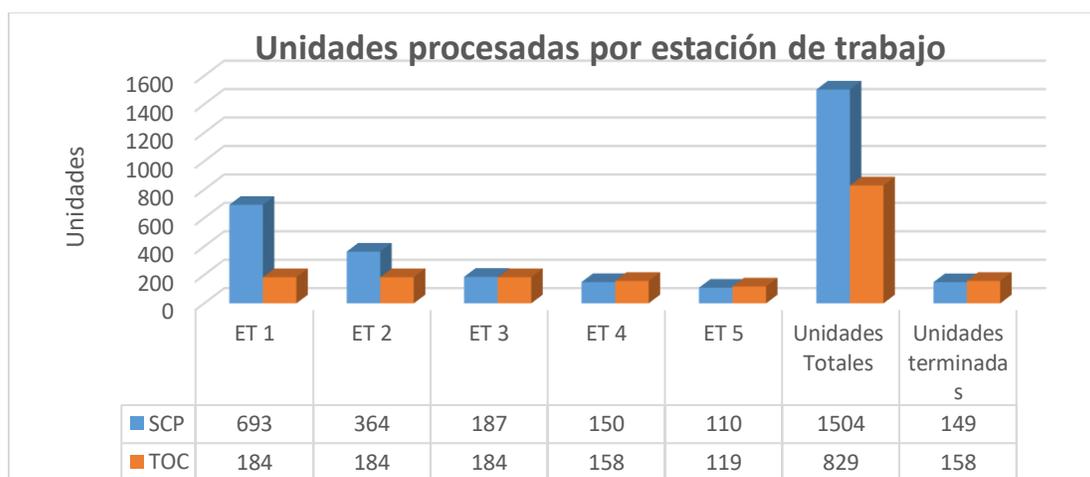


Figura 11 Comparación unidades procesadas por estación de trabajo y modelo

La medida operativa de *Porcentaje de utilización por estación de trabajo* relaciona el tiempo en que la estación de trabajo estuvo en operación con el tiempo que estuvo inactivo. La Tabla 40 y la Figura 12 muestran el comparativo de utilización entre los dos enfoques. Se observa que en el enfoque de costos por proceso las tres primeras estaciones trabajaron muy cercanas a su máxima capacidad, siendo significativamente menor el uso de las restantes estaciones, esto por el efecto del recurso restrictivo. Por otra parte, el enfoque TOC, al hacer uso de las primeras estaciones sincronizado con la capacidad del recurso restrictivo hace un menor uso de las primeras dos estaciones y de manera similar en las dos últimas estaciones. Es de resaltar que el uso del recurso restrictivo presenta una utilización similar por

los dos enfoques, lo que evidencia que en cualquiera de las formas en que se gestione un proceso siempre se va contar con el efecto de un recurso que limite el flujo de producción, lo que hace que la importancia radique en optimizar el uso del recurso. De igual manera es importante resaltar que a pesar de que el enfoque SCP hizo un mayor uso de las estaciones de trabajo, no produjo una mayor cantidad de unidades terminadas. Evidenciando que una mayor utilización de las operaciones dentro de un proceso, al existir un recurso restrictivo, no va asegurar más y mayores resultados por trabajar a máxima capacidad, que por el contrario sí genera mayor cantidad de inventario, lo que repercute en un mayor gasto en la operación de la empresa y por ende una menor liquidez entre otros efectos.

Tabla 40 Comparación porcentaje de utilización por estación de trabajo

Porcentaje de utilización por estación de trabajo					
	ET 1	ET 2	ET 3	ET 4	ET 5
<b>SCP</b>					
AC	100.00%	99.76%	98.89%	55.04%	34.82%
AF	100.00%	99.56%	98.34%	54.62%	48.25%
AN	100.00%	99.08%	97.86%	0.00%	48.35%
<b>Total SCP</b>	<b>100.00%</b>	<b>99.47%</b>	<b>98.36%</b>	<b>36.55%</b>	<b>43.81%</b>
<b>TOC</b>					
AC	21.20%	56.09%	99.43%	55.98%	34.93%
AF	30.75%	45.98%	95.64%	15.78%	46.53%
AN	37.78%	49.52%	100.00%	0.00%	49.30%
<b>Total TOC</b>	<b>29.91%</b>	<b>50.53%</b>	<b>98.36%</b>	<b>23.92%</b>	<b>43.59%</b>

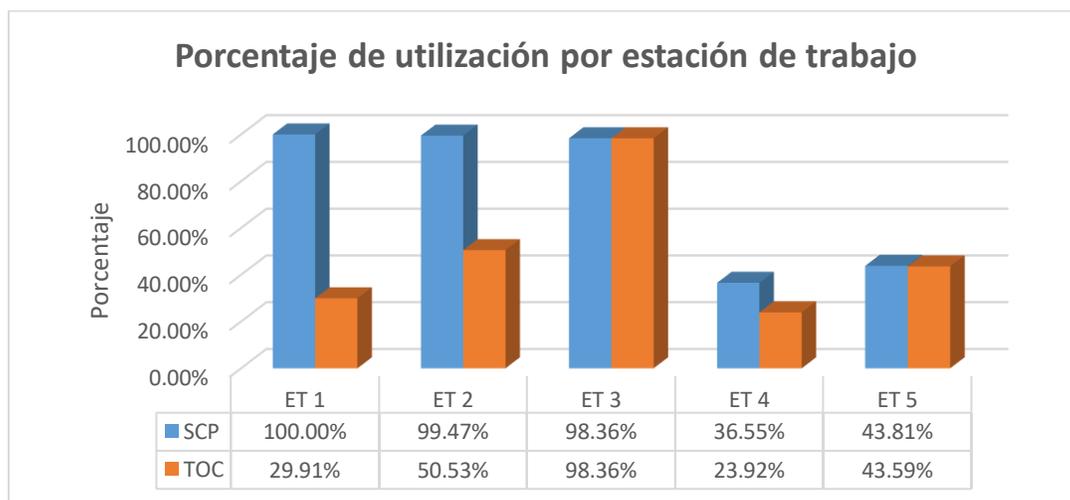
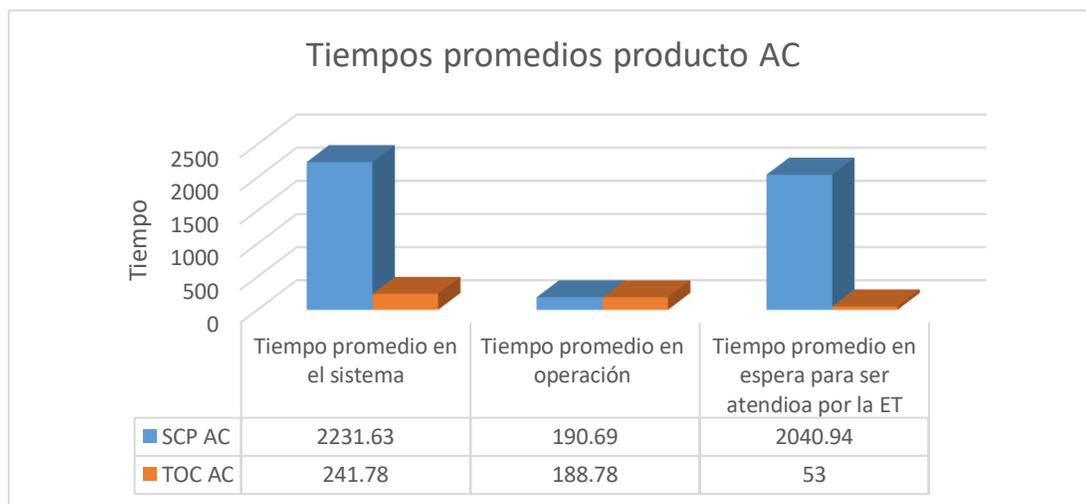


Figura 12 Comparación % de utilización por estación de trabajo y modelo

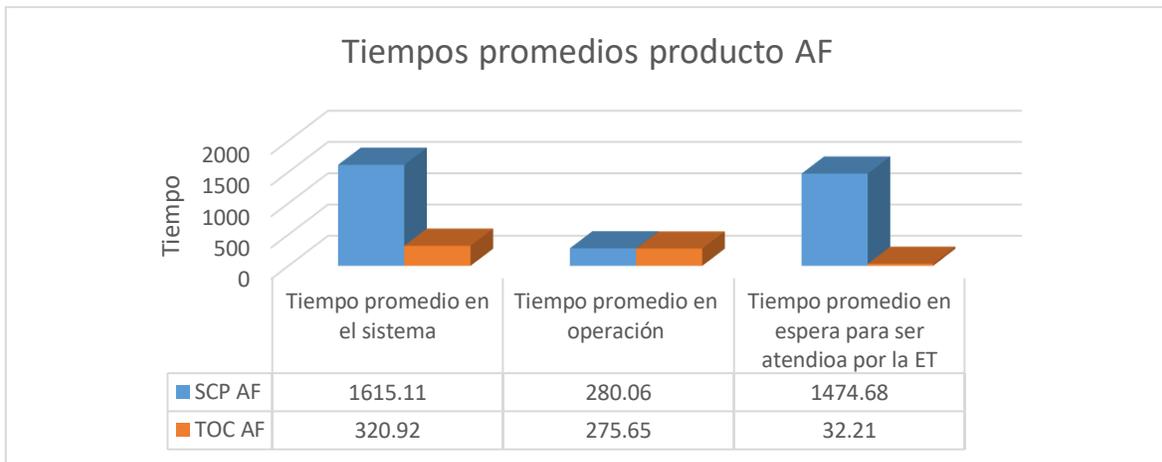
Las medidas de desempeño operativas basadas en el tiempo promedio de las unidades en el proceso, permite conocer que tan eficaz es el proceso en fabricar cada unidad de producto. De manera similar el tiempo promedio de las unidades en operación permite conocer la eficiencia de cada estación de trabajo con respecto al tiempo de proceso estimado para procesar una unidad y el tiempo promedio que las unidades esperan para ser atendidas, es un indicador de la rapidez con la que el sistema es capaz de procesar y gestionar sus colas. La Figura 13 muestra un comparativo de los tiempos promedios para la fabricación del producto AC, se observa que una unidad en el SCP toma significativamente mayor tiempo (2231.63 minutos) en el sistema que en el enfoque TOC (241.78 minutos) , esto a su vez se explica por la cantidad de tiempo en promedio que debe esperar una unidad para ser procesada por una estación de trabajo. El producto AC es el de mayor tiempo el sistema que los demás productos y mayor tiempo de espera, en parte porque es el producto de mayor demanda y el que más se procesa.



*Figura 13 Comparación de tiempos promedio para producto AC*

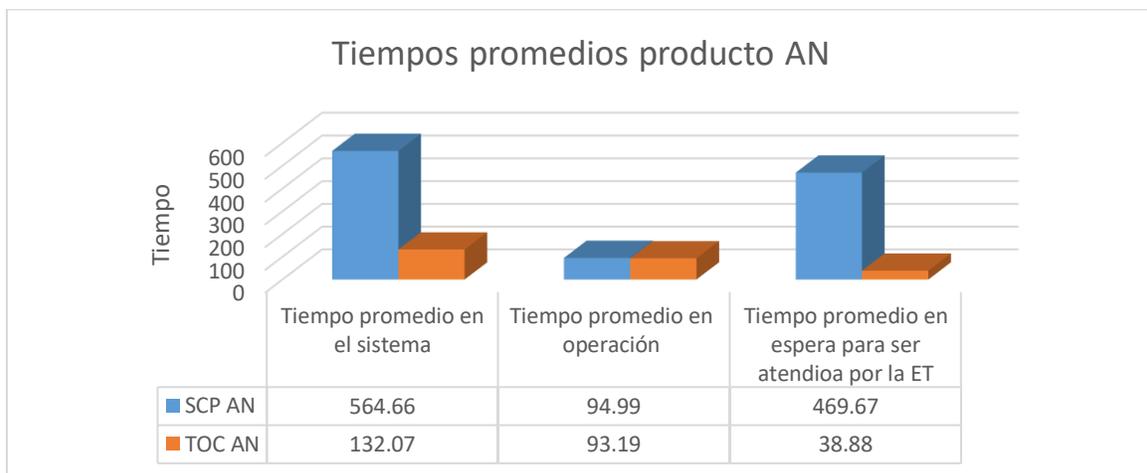
La Figura 14 muestra los tiempos promedios para el procesamiento del producto AF, se observa que se mantiene la tendencia de permanecer un mayor tiempo en el sistema por el enfoque del SCP(1615.11 minutos) frente a TOC (320.92 minutos), reflejando tiempos similares de espera para el procesamiento de una unidad, esto se explica por el tiempo que debe esperar el producto para realizar su ensamble en la estación 4 teniendo que procesarse los dos componentes sobre la misma línea

de producción. El tiempo promedio de operación tiene valores similares para ambos enfoques.



*Figura 14 Comparación de tiempos promedio para producto AF*

La Figura 15 muestra los tiempos promedios para el procesamiento del producto AN, siguiendo la tendencia de los demás productos con un mayor tiempo de procesamiento en el enfoque SCP (564.66 minutos) frente a TOC (132.07 minutos); que se refleja en el tiempo de espera promedio para ser procesada una unidad en una estación de trabajo, sin embargo, los tiempos promedio de operación son similares.



*Figura 15 Comparación de tiempos promedio para producto AN*

En síntesis, se observa a partir de los resultados obtenidos en las condiciones planteadas que el enfoque de gestión basado en TOC presenta mayor eficiencia en

el uso de los recursos del proceso productivo, a pesar de tener una menor utilización de las estaciones de trabajo, hace mejor uso de las materias primas, del tiempo de los operarios y de los gastos conexos a la operación, prácticamente dentro de un mismo nivel de producción que el enfoque SCP.

## **5. Capítulo 5: Comparativo de la creación de valor del modelo propuesto.**

Toda actividad productiva busca aumentar sus ganancias y poder sostenerse en el tiempo, para ello es necesario medir su desempeño, pues lo que no se mide no se controla. Eso implica que cualquier actividad que se realice dentro de la empresa va tener repercusiones directas sobre su situación financiera y la manera de evidenciarlo es a través de sus estados financieros donde se consolida la información.

Aunque dentro de las empresas se tiende a trabajar bajo estructuras funcionales, muchas veces de manera aislada, todos los esfuerzos tienen una repercusión financiera, por lo que se hace necesario desterrar de las empresas los comportamientos aislados donde cada departamento busca su propia eficiencia sin considerar las repercusiones que sus decisiones tengan sobre el todo de la empresa. De aquí la importancia de evaluar como las decisiones que se consideran de gestión tienen una repercusión económica significativa, como es el caso de algo que se podría considerar sencillo y rutinario dentro de una planta de producción, ¿qué producir?; hasta la manera en que se cuantifica, registran y tramita la información referente a las erogaciones de dinero que implicó la producción, pues de un enfoque a otro presenta variaciones, que si no se consideran conducen a decisiones erróneas, por esta razón comparar los estados financieros tanto del enfoque TOC como del SCP, permite evidenciar realidades que no parecieran verse a simple vista.

### **5.1. Comparativo de Estados Financieros**

En la Tabla 41 se comparan los estados de resultados para el enfoque TOC y el enfoque SCP, de acuerdo a las operaciones realizadas en el periodo de evaluación y a la información recopilada.

Tabla 41 Comparación Estados de Resultados TOC vs. SCP

Estado de Resultados TOC			
Ingresos			
	Precio de Venta	Cantidad	Total
AC	\$3,320.00	94	\$312,080.00
AF	\$3,880.00	25	\$97,000.00
AN	\$3,000.00	39	\$117,000.00
<b>Total Ingresos</b>			<b>\$526,080.00</b>

Costos Variables			
	Precio de Venta	Cantidad	Total
AC	\$1,360.00	94	\$127,840.00
AF	\$1,600.00	25	\$40,000.00
AN	\$1,200.00	39	\$46,800.00
<b>Total Costos Variables</b>			<b>\$214,640.00</b>

**\$311,440.00**

Costos Fijos	
Mano de Obra	\$43,560.00
Costos indirectos de fabricación	\$152,563.41
Gastos administrativos	\$46,034.82
Gastos de ventas	\$27,740.00
<b>Total Costos Fijos del Periodo</b>	<b>\$269,898.22</b>

<b>Utilidad Operacional</b>	<b>\$41,541.78</b>
-----------------------------	--------------------

Impuestos(30%)	\$12,462.53
----------------	-------------

<b>Utilidad Neta</b>	<b>\$29,079.24</b>
----------------------	--------------------

Estado de Resultados SCP			
Ingresos			
	Precio de Venta	Cantidad	Total
AC	\$3,320.00	73	\$242,360.00
AF	\$3,880.00	37	\$143,560.00
AN	\$3,000.00	39	\$117,000.00
<b>Total Ingresos</b>			<b>\$502,920.00</b>

Costos de producción			
	Precio de Venta	Cantidad	Total
<b>AC</b>	<b>\$2,311.16</b>	<b>73</b>	<b>\$168,714.93</b>
Materiales	\$1,360.00		\$99,280.00
Mano de Obra	\$281.78		\$20,570.10
CIF	\$669.38		\$48,864.82
	\$0.00		
<b>AF</b>	<b>\$2,945.88</b>	<b>37</b>	<b>\$108,997.60</b>
Materiales	\$1,600.00		\$59,200.00
Mano de Obra	\$297.46		\$11,005.97
CIF	\$1,048.42		\$38,791.63
<b>AN</b>	<b>\$1,880.11</b>	<b>39</b>	<b>\$73,324.26</b>
Materiales	\$1,200.00		\$46,800.00
Mano de Obra	\$104.04		\$4,057.44
CIF	\$576.07		\$22,466.82
<b>Total Costos del Periodo</b>			<b>\$351,036.78</b>

<b>Utilidad Bruta</b>	<b>\$151,883.22</b>
-----------------------	---------------------

Gastos Administrativos	\$46,034.82
Gastos de Ventas	\$27,740.00

<b>Utilidad operacional</b>	<b>\$78,108.40</b>
-----------------------------	--------------------

Impuestos(30%)	\$23,432.52
----------------	-------------

<b>Utilidad Neta</b>	<b>\$54,675.88</b>
----------------------	--------------------

Según la mezcla de producción de cada método es la composición de los ingresos, la mezcla de TOC produce una mayor cantidad de unidades en el periodo, 158 unidades frente a las 149 unidades producidas por SCP, lo que resulta en una mayor generación de ingresos por el enfoque TOC, eso puede ser coincidencia y no necesariamente una regla en la aplicación de TOC.

La presentación de los costos en que se incurrió en el periodo analizado obedece a la diferencia de conceptos en cuanto al manejo de la información. El enfoque TOC presenta la información de costos desagregada en costos variables y costos fijos, en sintonía con el planteamiento de no acumular los costos de conversión que no tengan una relación directa con el nivel de producción, sino a través de esta división especificar claramente la cantidad de dinero que se puede generar para un determinado nivel de operación, para este caso \$311,440 pesos, con el cual se cubrirán los costos y gastos que se consideren fijos para llegar a la utilidad operacional, como lo muestra la Tabla 41.

El enfoque SCP en sintonía con el concepto de acumular en cada unidad producida el correspondiente valor de conversión, tanto para mano de obra como para costos indirectos de fabricación; determina para cada producto el costo de fabricación de acuerdo al costo unitario calculado a partir de la distribución de los costos de conversión en todas las unidades producidas en el periodo, tanto las unidades transferidas, retenidas, en proceso o pérdidas en producción.

El referente de comparación de ambos enfoques es la utilidad operacional que es mayor para el enfoque SCP, con \$78,108 frente a los \$41,541.78 del enfoque TOC. Resultado contrario al planteamiento teórico de TOC que señala que al priorizar la producción de acuerdo al *throughput* generado por minuto de restricción generará una mayor utilidad operacional en los resultados del periodo, frente a cualquier otra priorización en que no se considere el aporte del recurso restrictivo, postulado que se contraría con los resultados obtenidos en este planteamiento. Sin embargo, es necesario desglosar las operaciones para tratar de establecer una explicación a los resultados obtenidos.

Los ítems que continúan a la utilidad operacional, como es el resultado integral de financiamiento (interés ganados, intereses pagados, pérdidas cambiarias, instrumentos financieros, entre otros) e impuestos, no tienen una incidencia directa sobre la operación, ni se ven directamente afectados por la misma, por lo que no se presentan diferencias entre los enfoques y las utilidades obtenidas se mantienen en la proporción de la utilidad operacional, para el enfoque TOC \$29,079.24 y para SCP \$54,675.88.

Para complementar la comparación de los estados de resultados, se presenta en la tabla un esquema de estado de situación financiera con los resultados obtenidos a nivel de inventarios en cada uno de los enfoques, para establecer el comportamiento de los ítems directamente relacionados con los resultados de las operaciones ejecutadas en el periodo de evaluación.

*Tabla 42 Comparación de balance general TOC vs SCP*

Balance General TOC			
Activo		Pasivo	
Activo Corriente	\$11,520	Pasivo Corriente	\$11,520
Inventarios en Proceso		Proveedores	\$11,520
AC	\$2,720		
AF	\$1,600		
AN	\$7,200		
Activo No Corriente	\$0	Pasivo No Corriente	\$0
Activos Fijos	\$0	<b>Total Pasivo</b>	<b>\$11,520</b>
		Patrimonio	\$0
		Capital	\$0
		<b>Total Patrimonio</b>	<b>\$0</b>
<b>Total Activo</b>	<b>\$11,520</b>	<b>Total Pasivo+Patrimonio</b>	<b>\$11,520</b>

Balance General SCP			
Activo		Pasivo	
Activo Corriente	\$790,574	Pasivo Corriente	\$790,574
Inventarios en Proceso		Proveedores	\$790,574
AC	\$421,104		
AF	\$147,606		
AN	\$221,863		
Activo No Corriente	\$0	Pasivo No Corriente	\$0
Activos Fijos	\$0	<b>Total Pasivo</b>	<b>\$790,574</b>
		<b>Patrimonio</b>	<b>\$0</b>
		Capital	\$1,000,000
		Total Patrimonio	\$0
<b>Total Activo</b>	<b>\$790,574</b>	<b>Total Pasivo+Patrimonio</b>	<b>\$790,574</b>

La comparación entre la composición del estado de situación financiera con los inventarios en proceso, permite identificar otra cara de los resultados de las operaciones y es donde queda el dinero que se invirtió en el proceso, pero que no ha hecho parte del cierre del ciclo del dinero a través de las ventas. El hecho que en el enfoque SCP no se considere la capacidad del recurso restrictivo, fabricando

en cada operación en pro de la búsqueda del óptimo local, hace que los inventarios crezcan considerablemente, demandando recursos que aumentan el capital de trabajo necesario para la operación del negocio, lo que a su vez repercute en la necesidad de financiar este capital, que de acuerdo a su origen puede ser con o sin costo de financiamiento. Sin costo de financiamiento, o no aparente, para el caso que el financiamiento lo otorgue el proveedor vía días de crédito; pero si el financiamiento del activo corriente es a partir de deuda de corto o largo plazo con costo, esto tendrá repercusión en los gastos financieros sacrificando utilidad y aumentando el costo promedio ponderado de capital. Es así que el enfoque SCP aumenta el costo de financiamiento, castigando la utilidad neta y por ende la disponibilidad de efectivo para mantener la operación.

Para el enfoque TOC su estrategia de gestión optimiza el uso del capital, al no fabricar unidades en exceso, por encima de la capacidad del recurso restrictivo, y también en la forma en que establece la cuantificación de los recursos evita la acumulación de costos de conversión en inventarios en el estado de situación financiera, cargando la totalidad de los costos de mano de obra y costos indirectos de fabricación al periodo de operación.

## 5.2. Análisis del margen operacional

Analizar el comportamiento de la utilidad operacional de acuerdo al comportamiento del costo del total de unidades que pasaron por el proceso de fabricación, permite identificar cuál es el margen operacional real resultante en el periodo, pues como lo expresa Goldratt el objetivo de la empresa es aumentar la generación de dinero como resultado de su operación. La Tabla 43 muestra un comparativo de la utilidad operacional al considerar los costos directos tanto de las unidades terminadas y vendidas como de las unidades que quedan en inventario.

Tabla 43 Comparación estados de resultados incluyendo costos de unidades vendidas y en inventario

Unidades por TOC		Unidades por SCP		Resultados TOC		Resultados SCT	
Ingresos				<b>P.V.</b>			
AC	94		73	\$ 3,320.00	\$ 312,080.00		\$ 242,360
AF	25		37	\$ 3,880.00	\$ 97,000.00		\$ 143,560
AN	39		39	\$ 3,000.00	\$ 117,000.00		\$ 117,000
<b>Tota Ingresos</b>					<b>\$ 526,080.00</b>		<b>\$ 502,920.00</b>
<b>Costo Materia prima</b>							
AC		AC			\$ 1,360		
Unidades Terminadas	94	Unidades Terminadas	73		\$ 127,840		\$ 99,280
Unidades en inventario	2	Unidades en inventario	287		\$ 2,720		\$ 390,320
AF		AF			\$ 1,600		
Unidades Terminadas	25	Unidades Terminadas	37		\$ 40,000		\$ 59,200
Unidades en inventario	1	Unidades en inventario	154		\$ 1,600		\$ 246,400
AN		AN			\$ 1,200		
Unidades Terminadas	39	Unidades Terminadas	39		\$ 46,800		\$ 46,800
Unidades en inventario	3	Unidades en inventario	69				\$ 82,800
<b>Total</b>		<b>Total</b>					
<b>Unidades Terminadas</b>	<b>158</b>	<b>Unidades Terminadas</b>	<b>149</b>		<b>\$ 214,640</b>		<b>\$ 205,280</b>
<b>Unidades en inventario</b>	<b>6</b>	<b>Unidades en inventario</b>	<b>510</b>		<b>\$ 4,320</b>		<b>\$ 719,520</b>
	164		659				
<b>Mano Obra</b>					<b>\$ 43,560.00</b>		<b>\$ 43,560.00</b>
<b>CIF</b>					<b>\$ 152,563.41</b>		<b>\$ 152,563.41</b>
<b>Utilidad operativa</b>					<b>\$ 115,316.59</b>		<b>\$ 101,516.59</b>

Para la comparación los ingresos se consideran iguales que en el estado de resultados anteriormente planteado; cada enfoque genera los ingresos a partir de las unidades que se consideraron se vendieron en el periodo. Para el cálculo del costo se incluyen tanto las unidades terminadas y vendidas, como las unidades que quedaron en inventario, pero sólo se estima su costo considerando el costo unitario de materiales que para el ejercicio es el único costo directo variable, es decir, el único costo que tiene una relación directa con el número de unidades producidas.

Se puede observar cómo, aunque las unidades que quedan en inventario fueron procesadas en el periodo en cuestión, en un sistema de costos tradicional, su costo no se lleva como una erogación al estado de resultados del periodo, sino que se capitaliza en el estado de situación financiera como inversión en activo corriente, lo que tiene repercusiones directas en la utilidad teórica registrada en el periodo, la cual no evidencia la capacidad real de generación de dinero de las operaciones de la empresa.

En el enfoque SCP se incurrió en un mayor costo de materiales en el periodo, debido a la mayor cantidad de unidades procesadas, lo que al descontar la totalidad de costos que se incurrieron en el periodo por mano de obra y costos indirectos de fabricación evidencia claramente que el enfoque SCP genera una menor utilidad operativa que el enfoque TOC en contraste con los resultados presentados anteriormente, lo que permite argumentar a favor del planteamiento de TOC de que una mezcla de producción a partir de la capacidad de *throughput* generado por el recurso restrictivo aumenta la utilidad operacional de las empresas al producir acorde al límite natural del flujo del proceso.

¿Pero entonces que sucede en el SCP que lleva a registrar información artificial en el estado de resultados? la Tabla 44 muestra un estado de resultados construido a partir del costo unitario de fabricación, calculando el costo unitario de la mano de obra y de los costos indirectos de fabricación en relación a las unidades producidas.



el efecto que muestra la Tabla 44, aparentemente SCP presenta una mayor utilidad a pesar de hacer un uso inadecuado del capital y de los recursos para la fabricación.

### 5.3. Estimación y comparación del EVA entre TOC y SCP

El objetivo básico financiero de cualquier empresa es maximizar el valor generado para sus accionistas, por lo que debería ser el valor generado el concepto que permita evaluar si la gestión de una empresa está alineada con la creación de valor o por el contrario está destruyéndolo. Esto es importante ya que la sola generación de utilidades operacionales o netas no se convierte en un indicador que evidencie la realidad operacional de la empresa, que demuestre que efectivamente el objeto principal para el que fue creada la empresa logra generar suficiente dinero para cubrir los costos no relacionados con las operaciones, con el financiamiento, con los compromisos con el estado y adicional deja valor para sus dueños, para los que su interés se basa en generar una rentabilidad superior al coste de oportunidad del capital que han invertido en la empresa.

En la Tabla 45 se muestra una comparación del cálculo del EVA para el enfoque TOC y SCP, a partir de la utilidad operacional obtenida en los resultados financieros comparativos de los dos enfoques y asumiendo como capital el monto requerido que se capitaliza en el estado de situación financiera como inventarios, a manera de ejemplificar el efecto sobre el valor generado por cada enfoque.

Tabla 45 Comparación del EVA por enfoques TOC y SCP

Comparación del EVA			
	TOC		SCP
<b>Utilidad Operacional</b>	<b>\$ 41,541.78</b>		<b>\$ 78,108.40</b>
<i>Tasa de Impuestos</i>	<i>30%</i>		
NOPAT	<b>\$ 29,079</b>		<b>\$ 54,676</b>
WACC	<i>13.83%</i>		
Capital	\$ 11,520.00		\$ 790,573.69
<b>EVA</b>	<b>\$ 27,486.03</b>		<b>-\$ 54,660.46</b>

Para la tasa de impuestos se considera una tasa genérica del 30% que por legislación aplica en México. Para el cálculo del costo promedio ponderado de capital (*WACC* por sus siglas en inglés) se toman de referencia como tasa libre de riesgo el bono a 10 años del Gobierno de México, el valor de beta desapalancada para el sector alimentos de acuerdo a los cálculos de Damodaran (Damodaran, 2018) y el riesgo país estimado a partir de la relación de los mercados entre Estados Unidos y México ajustado por inflación para obtener el costo de capital (*Ke* por sus siglas en inglés) de 13.83% como lo muestra la Tabla 46. Para efectos de este primer cálculo se asume que no se cuenta con financiación, por lo que no se considera el costo por financiamiento en el cálculo del *WACC*.

*Tabla 46 Costo de Capital*

Rf BonoM10Y	7.70%
Beta	0.62
Rp	9.95%
<b>Ke</b>	<b>13.83%</b>

De acuerdo a los cálculos realizados se evidencia que en el enfoque SCP el uso excesivo del capital destruye valor por el costo de capital que implica el mayor uso de recursos invertidos en inventario, a pesar de presentar en el periodo una mayor utilidad operativa. El enfoque TOC presenta una mayor creación de valor como resultado del enfoque de gestión basado en la explotación del recurso restrictivo, a su vez este resultado evidencia una vez más que la priorización basada en la gestión de este recurso genera un mayor margen operacional en relación a los recursos invertidos para ejecutar la operación, a pesar que a primera vista pareciera que los enfoques tradicionales de costo generan una mayor utilidad.

### **5.3.1. Análisis de Sensibilidad EVA vs. WACC**

El EVA tiene una relación inversamente proporcional con la tasa de *WACC*, por lo que dependiendo del costo que tenga el capital para la empresa puede variar la generación de valor. La Figura 16 y la Tabla 47 muestra un comparativo de los cambios en el *WACC* y las repercusiones sobre el valor económico agregado para los dos enfoques de gestión, mostrando los cambios que presentaría el EVA al

cambiar el valor del WACC por variaciones en el costo de la deuda, del capital o del nivel de riesgo.

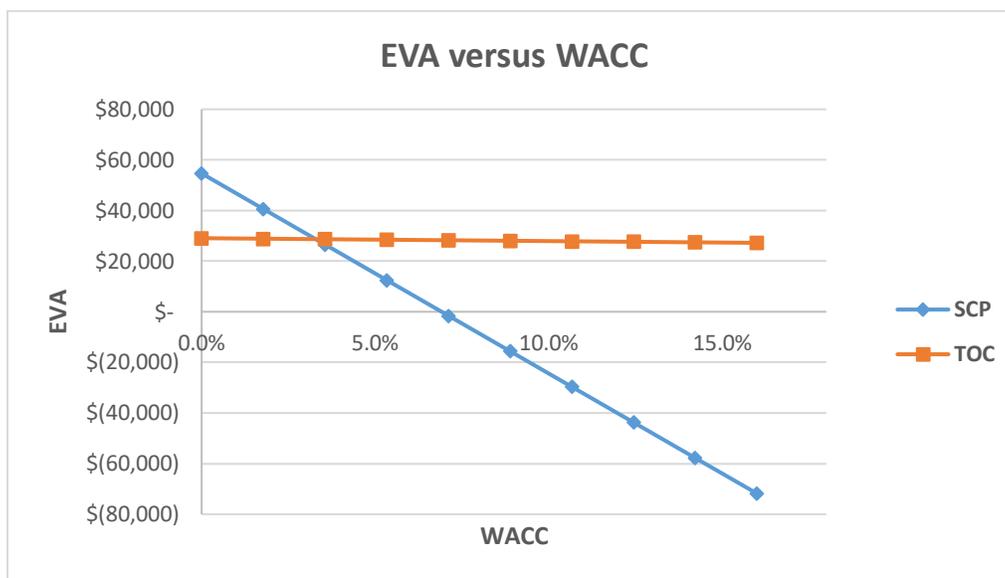


Figura 16 Comparativo de comportamiento EVA vs. WACC

La tasa de WACC en la que el EVA generado se iguala para ambos enfoques, en las condiciones analizadas, es de 3.28%; para tasas menores a esta el enfoque SCP generaría valores superiores de EVA al enfoque TOC, es decir, que si el costo del capital es menor al 3.28% el valor generado por el enfoque SCP sería superior al TOC, esto es poco probable considerando que, en las tasas utilizadas para el cálculo del costo de capital, solo la tasa libre de riesgo es del 7.70%. Para tasas mayores a 3.28%, al existir un aumento del WACC los valores de EVA tienden a disminuir para ambos enfoques, pero en una mayor proporción para el enfoque SCP, acentuando su disminución al utilizar una mayor cantidad de recursos de capital para la operación de la empresa. Por lo que en la medida que el enfoque SCP requiera mayor capital, frente al utilizado por el enfoque TOC, la destrucción de valor será más pronunciada ante aumentos del WACC. Mientras que, para un nivel menor de recursos de capital, los cambios en el en el EVA generado, aunque disminuyen, tienden a ser menos acentuados y a mantenerse cercanos a su valor inicial, lo que evidencia una clara ventaja para el enfoque TOC al hacer un mejor uso de los recursos de capital.

Tabla 47 Valores comparativo para cada enfoque del WACC vs EVA

SCP		TOC	
WAACC	EVA	WAACC	EVA
0.0%	\$54,675.88	0.0%	\$ 29,079.24
1.8%	\$40,621.24	1.8%	\$ 28,874.44
3.6%	\$26,566.59	3.6%	\$ 28,669.64
5.3%	\$12,511.95	5.3%	\$ 28,464.84
7.1%	-\$1,542.69	7.1%	\$ 28,260.04
8.9%	-\$15,597.34	8.9%	\$ 28,055.24
10.7%	-\$29,651.98	10.7%	\$ 27,850.44
12.4%	-\$43,706.62	12.4%	\$ 27,645.64
14.2%	-\$57,761.27	14.2%	\$ 27,440.84
16.0%	-\$71,815.91	16.0%	\$ 27,236.04

### 5.3.2. Análisis considerando el efecto de la financiación

Si los recursos utilizados para la fabricación son captados a través de deuda con costo, la tasa a la cual se toma la deuda tendrá un efecto directo sobre el costo promedio ponderado de capital y este a su vez tendrá un efecto sobre el valor económico generado. Para analizar este efecto se define una estructura de capital asumiendo un capital de un millón de pesos y el monto de la deuda según el valor registrado por inventarios, como deuda neta. Como costo de la deuda se toma una tasa de referencia de financiación del sector alimenticio en el año 2018 de 7.83% después de impuestos, para calcular del costo de capital debido a que inicialmente se tomó un valor de beta desapalancado, se debe realizar el ajuste al valor de beta considerando el monto de la deuda para reflejar el riesgo que implica asumir deuda. Para esto se debe calcular el valor de beta apalancado para cada uno de los enfoques utilizando la siguiente formula:

$$\beta_u = \beta(1 + ((1 - T) * \left(\frac{D}{C}\right))$$

Donde  $\beta$  es el valor de beta desapalancado(0.62), T es la tasa de impuestos, D es el valor de la deuda y C es el monto del capital; a partir del beta estimado para cada enfoque, se calcula el valor el costo de capital( $Ke$ ) para cada uno. La Tabla 48

muestra la estructura de capital tomada de referencia con el respectivo cálculo de WACC para cada enfoque.

Tabla 48 Estructura de capital para cada enfoque

TOC		SCP	
ESTRUCTURA DE CAPITAL		ESTRUCTURA DE CAPITAL	
<b>Ke</b>	<b>13.88%</b>	<b>Ke</b>	<b>17.23%</b>
<b>Beta</b>	<b>0.622</b>	<b>Beta</b>	<b>0.958</b>
<b>Kd</b>	<b>7.83%</b>	<b>Kd</b>	<b>7.83%</b>
We = E/(D+E)	98.86%	We = E/(D+E)	55.85%
Wd = D/(D+E)	1.14%	Wd = D/(D+E)	44.15%
<b>WACC =</b>		<b>WACC =</b>	
<b>Ke*We +</b>		<b>Ke*We +</b>	
<b>Kd*Wd</b>	<b>13.81%</b>	<b>Kd*Wd</b>	<b>13.08%</b>
Deuda Total Bruta \$		Deuda Total Bruta \$	
D=	11,520	D=	790,574
Capital		Capital	
E=	1,000,000	E=	1,000,000

Para el enfoque TOC el efecto del monto de la deuda aumenta el valor de beta a 0.622 y se establece que el costo del capital es de 13.88%, que al considerar la estructura de capital con un peso de la deuda del 1.14% y del capital de 98.86%, se obtiene un valor de WACC de 13.81%. Para el enfoque SCP, el efecto de un mayor monto de deuda eleva beta a 0.958 y un costo de capital de 17.23%, significativamente mayor que el valor de TOC, esto debido que la expectativa del inversionista se eleva al asumir el riesgo de mayor apalancamiento; sin embargo, el tener una estructura de capital con un mayor peso de la deuda, 44.15%, que implica un menor costo, el WACC es ligeramente menor al valor de TOC, 13.08%. A pesar de que el valor del WACC se afecta por la incidencia del menor costo de la deuda, se evidencia que cuando se aumenta el uso de recursos y estos son financiados con deuda, el nivel de riesgo que implica la operación de la empresa también aumenta, generando un alza en las expectativas de los inversionistas, lo que encarece la operación y de requerirse podría encarecer la consecución de recursos. Por otra parte, el hecho de que en el enfoque SCP genere un menor valor de WACC, no necesariamente implica un menor riesgo asociado a la operación, ni un uso óptimo de los recursos de capital.

El efecto sobre el EVA causado por el costo de la financiación, se analiza para cada enfoque considerando los cambios de las tasas del costo de la deuda y del valor de beta desapalancado, pues es el que tienen una incidencia directa sobre el costo del capital. Para analizar cuál sería el comportamiento del EVA ante los cambios generados por las variaciones en los costos de financiación, se utiliza el aplicativo @Risk 7.5 que hace uso de la simulación de Montecarlo para identificar diferentes escenarios y construir gráficos de distribución que permiten describir cuál sería el comportamiento de una variable en las condiciones configuradas.

Para ejecutar la simulación se define para cada uno de los valores, una distribución de probabilidad que refleja el posible comportamiento que puedan asumir estas variables. Para el valor de beta se utiliza una distribución de probabilidad normal con media en 0.62 y una desviación estándar del 10% sobre el valor de la media, y para el costo de la deuda se considera un rango de tasas del mercado. La Figura 17 muestra la distribución para beta y la Figura 18 muestra la distribución para el costo de la deuda.

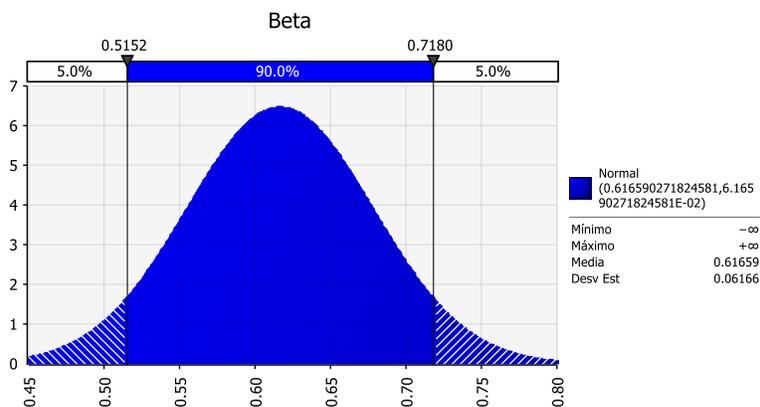


Figura 17 Distribución de probabilidad del costo de capital

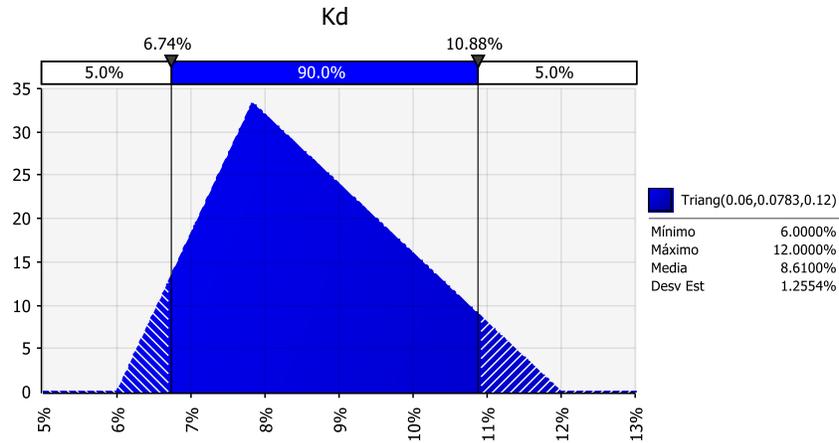


Figura 18 Distribución de probabilidad del costo de la deuda

El valor de beta asume un comportamiento entre 0.5152 y 0.7180, y el costo de la deuda se moverá desde el 6% hasta el 12%. Ejecutando el proceso de simulación se puede identificar el comportamiento que las variables tienen sobre el EVA en cada tipo de enfoque. La Figura 19 y la Figura 20 muestra la relación entre las variables mencionadas y el EVA para el enfoque TOC; la Figura 21 y Figura 22 la relación entre las variables y el EVA para el enfoque SCP.

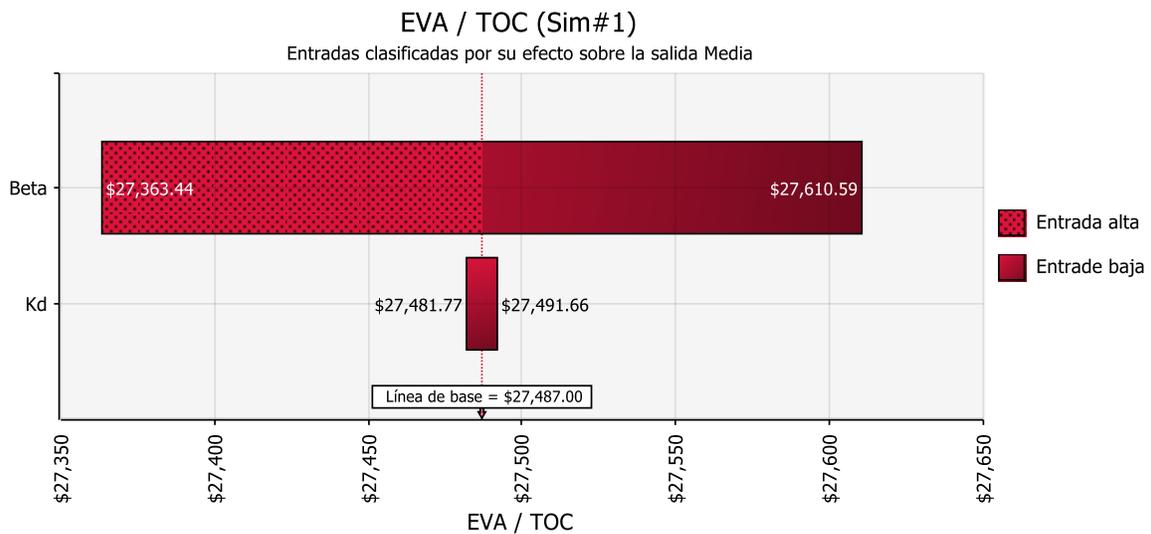
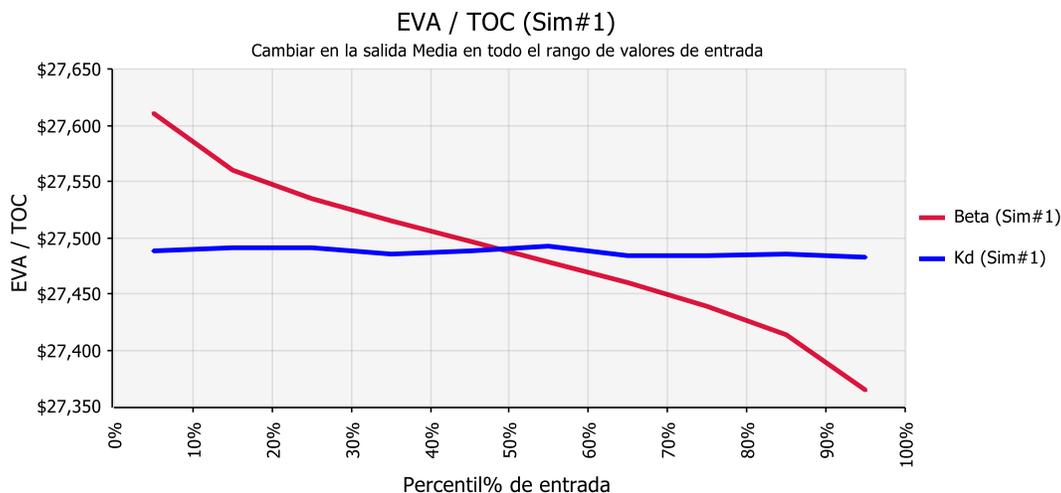


Figura 19 Relación Beta, Kd y EVA para el enfoque TOC



*Figura 20 Relación comparativa entre Beta y el costo de deuda con EVA para el enfoque TOC*

Para el caso del enfoque TOC la repercusión sobre el EVA es más significativa por los cambios que puede presentar el valor de beta y por ende el costo del capital ( $K_e$ ), haciendo que a medida que cambia esta tasa el EVA oscile entre \$ 27,363.44 y \$ 27,610.59, un rango de amplitud de \$247.15; mientras que los cambios por el efecto de la variación del costo de la deuda generan un movimiento en un rango significativamente menor, entre \$ 27,481.77 y \$ 27,491.66, con una amplitud de \$ 9.89, representando solo el 4% del efecto del costo del capital. Este efecto se explica por los bajos niveles de inventario del enfoque TOC, reflejado en el monto de capital, y una menor proporción de deuda dentro de la estructura de capital, lo que repercute en un menor efecto del costo de la deuda sobre los posibles valores de EVA que se pueda obtener en un periodo en el que se requiera financiación. De manera similar se puede observar en la Figura 20 el efecto sobre el EVA a medida que van cambiando los valores de entrada (Beta y Kd), pues ante aumentos de beta y por ende el costo de capital, el EVA disminuye en proporción similar, es decir, que en la medida que se asuma mayor riesgo, por mayor financiamiento, se obtendrán menores valores de EVA. Mientras que los efectos por los cambios en la tasa de financiación generarán en proporción una menor variación sobre el EVA, debido a una menor participación de la deuda en la estructura de capital.

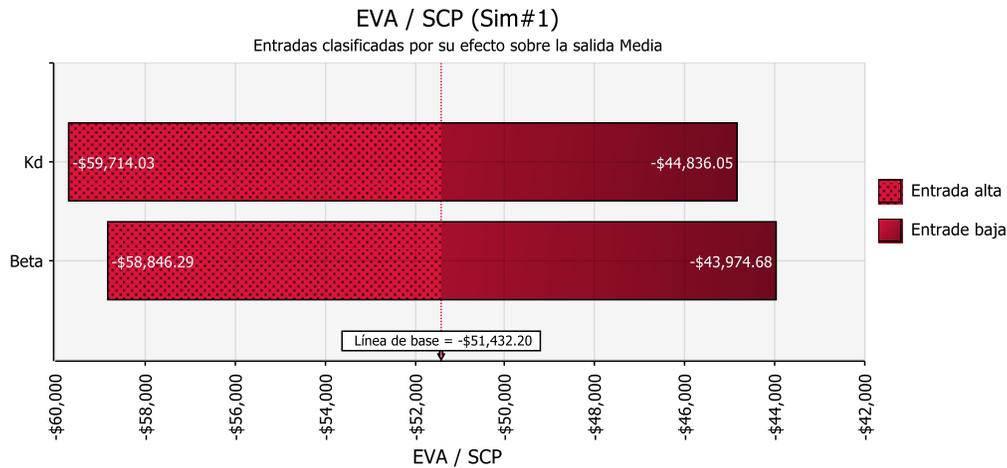


Figura 21 Relación Beta, Kd y EVA para el enfoque SCP

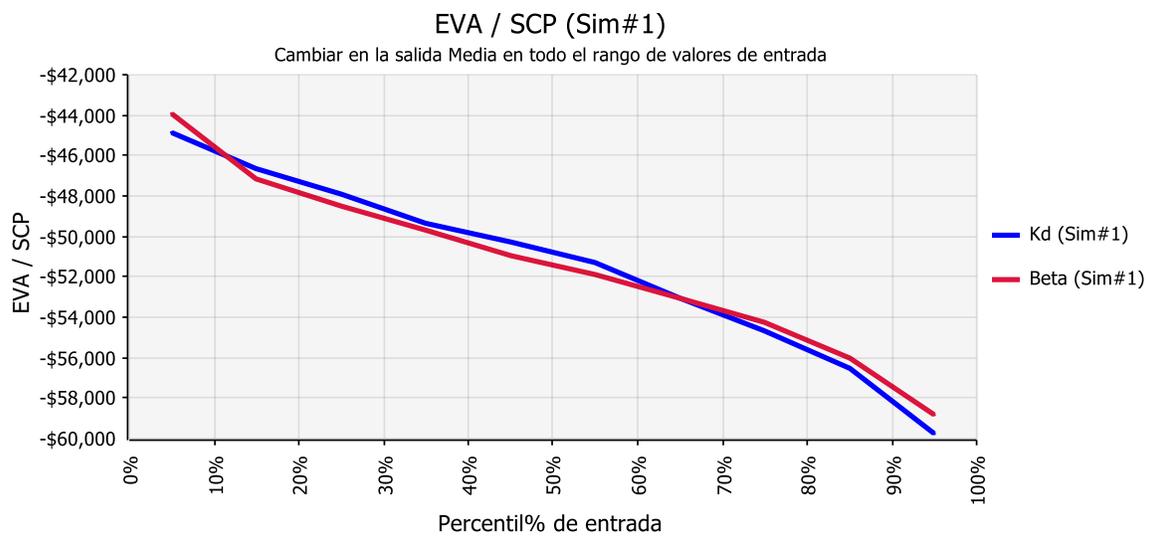


Figura 22 Relación comparativa entre Beta y el costo de deuda con EVA para el enfoque SCP

Para el enfoque SCP la mayor repercusión sobre el EVA lo genera el costo de la deuda, pues en la medida que esta tasa varía el EVA puede presentarse en valores más negativos frente los valores generados por el valor de beta, oscilando desde -\$ 59.714.03 hasta -\$ 44,836.05, lo que representa una variación de 14,877.98 puntos. Las variaciones en el costo de capital por los cambios en los valores de beta, podrían llevar a disminuir el valor del EVA de -\$ 58.846.29 a -\$ 43.974.68, siendo este último el mejor valor de EVA que se podría presentar, esto con una

amplitud de 14 871,61 muy similar a la amplitud que presenta beta, por lo tanto, la afectación por ambas variables sobre el EVA sería similar. Confirmándose en el comportamiento paralelo en la Figura 22 que presenta la afectación en el EVA a medida que las variables aumentan en su valor, es decir, en la medida que el costo de la deuda y el costo de capital aumenten, tenderán a generar un menor valor de EVA en proporción similar, a diferencia del enfoque TOC que no presenta proporciones similares por el efecto de la deuda, y ante tasas más altas el menor valor de EVA se deberá a una mayor proporción de deuda en la estructura de capital. Lo que evidencia que en la medida que la participación de la deuda es mayor en la estructura de capital y aumenta su costo, hay una disminución considerable del EVA destruyendo valor; debido a un mayor uso de capital por el tipo de consumo de recursos que tiene el enfoque SCP y una mayor percepción de riesgo, reflejado en el aumento del valor de beta en el costo de capital. De esta manera el efecto de una mayor utilización de recursos y la financiación de los mismos, genera en proporción una mayor destrucción de valor, que el menor uso de recursos que emplea el enfoque TOC.

Al realizar el análisis a nivel operativo y financiero tanto del enfoque propuesto por TOC y el enfoque de los sistemas de costeo tradicional, utilizando los planteamientos del sistema de costos por procesos, se evidencia que la gestión de un proceso basado en TOC permite asegurar resultados financieros más sólidos, garantizando el uso apropiado de los recursos con los que se puedan generar utilidades al final del ejercicio, logrando periodo a periodo un aporte real al crecimiento económico de la empresa, los accionistas y la sociedad.

## 6. Conclusiones

La modelo TOC presenta un enfoque sencillo de gestión al utilizar una cantidad limitada de datos a partir de la capacidad del recurso restrictivo que permite gestionar el comportamiento del proceso, asegurando un mayor control y certeza en su capacidad productiva, lo que se puede evidenciar en la aplicación del modelo TOC al partir de la capacidad del recurso restrictivo para priorizar(ítem 4.3.2), programar producción(ítem 4.3.3) y estimar la capacidad de generación de utilidades(Ítem 4.3.5), facilitando la gestión al obtener mayor certeza en las decisiones a tomadas, y aunque pocos, al utilizar datos más precisos. Pues la medición de gran cantidad de datos del proceso no asegura la validez de la información y si requiere mayor operación y desgaste. Sin embargo, la dependencia de los pronósticos de ventas es un problema y puede restar validez al modelo, por lo que se hace necesario que en la implementación de TOC se establezca una metodología apropiada para la construcción de los pronósticos, que permita equilibrar el flujo del proceso y evite las acumulaciones de inventario, para no caer en producción de excedentes innecesarios.

La gestión de costos en el enfoque TOC puede basarse en las estructuras de costos por proceso por tener características similares, como se evidencio al recopilar la información de costos en el enfoque TOC dentro de la misma estructura utilizada para el sistema de costos por proceso pero manteniendo los principios de TOC (Ítem 4.3.4.2 y 4.4.3.2); la variación radica en el tratamiento que se da a los costos que se cargan a cada producto, pues para efecto de lograr evidenciar el verdadero aporte de utilidad por producto únicamente se cargan costos directamente ligados a cada producto y que su cuantificación no implique una estimación de su valor o el uso de costos predeterminados. Por tal razón la acumulación de los costos de conversión desvirtúa la calidad de la información, como se evidenció en la comparación de los enfoques (Ítem 5.2), lo que hace que los cálculos de costos unitarios no sea un referente adecuado para la toma de decisiones gerenciales.

La problemática de la acumulación de inventarios por no sincronizar el flujo de proceso con la capacidad del recurso restrictivo, no es evidente en la mayoría de

las empresas pues su producción es continua y las acumulaciones de inventario se van compensando con las fluctuaciones en los tiempos de proceso, lo que es evidente en la acumulación de inventarios en los estados de situación financiera(Ítem 5.1), por lo que es necesario analizar el comportamiento de los procesos en los cortes de periodo, ya sean semanas, meses, días o turnos.

El enfoque SCP, procesa una mayor cantidad de unidades en las estaciones de trabajo, generando mayores inventarios, más uso de las estaciones de trabajo y mayores tiempos de espera en la fabricación, frente al enfoque TOC, y genera un número similar de unidades terminadas en el horizonte de tiempo definido. Por lo que se evidencia al comparar los resultados operacionales dentro del periodo de simulación (ítem 4.4.5 ) que una mayor utilización de las operaciones dentro de un proceso, al existir un recurso restrictivo, no va asegurar más y mayores resultados por trabajar a máxima capacidad, pues por el contrario genera mayor cantidad de inventario, lo que repercute en un mayor gasto en la operación de la empresa, mayor uso de capital y por ende una menor liquidez, y al final una menor generación de valor, entre otros efectos.

De manera similar, el enfoque SCP aumenta el costo de financiamiento, castigando la utilidad neta y por ende la disponibilidad de efectivo para mantener la operación. Para el enfoque TOC su estrategia de gestión optimiza el uso del capital, al no fabricar unidades en exceso, por encima de la capacidad del recurso restrictivo, y también en la forma en que establece la cuantificación de los recursos evita la acumulación de costos de conversión en inventarios en el estado de situación financiera, cargando la totalidad de los costos de mano de obra y costos indirectos de fabricación al periodo de operación.

A pesar de que TOC es un modelo funcional, el hecho que parte de los costos del periodo se asuma que permanecerán fijos dentro de un horizonte de tiempo y se les dé un tratamiento de costos fijos para la planeación de la producción en ese horizonte de tiempo(Ítem 4.3.3), hace que no sea un modelo adecuado para la planeación de producción de largo plazo, es decir, para periodos en que por la naturaleza del proceso se presenten cambios significativos en el comportamiento

de los costos fijos, se debe replantear los postulados de TOC. También es necesario considerar como se comportaría el modelo planteado en diferentes escenarios entre eso en el que se consideran pérdidas en la producción, tiempos de preparación, paradas por averías de maquinaria, entre otras contingencias que pueden afectar los tiempos y cantidades resultantes de la operación.

El planteamiento teórico de TOC que señala que al priorizar la producción de acuerdo al *throughput* generado por minuto de restricción obtendrá una mayor utilidad operacional en los resultados del periodo, frente a cualquier otra priorización en que no se considere el aporte del recurso restrictivo, no se cumple directamente en los resultados obtenidos de la utilidad como se evidencia al realizar la comparación entre ambos enfoques de gestión (Ítem 4.4.4). También es de resaltar que al final del proceso no se logran terminar, en el tiempo disponible de producción, la misma cantidad de unidades que proceso el recurso restrictivo, por lo que la cantidad de unidades terminadas no es exactamente la cantidad de unidades procesadas por el recurso restrictivo como se observa una vez finalizado el periodo de evaluación (Ítem 4.3.41 y 4.4.3.1).

La capitalización en el activo corriente de los inventarios resultantes al final del periodo, tiene repercusiones directas en la utilidad teórica registrada en el periodo, la cual no evidencia la capacidad real de generación de dinero de las operaciones de la empresa (Ítem 5.1 y 5.2).

Por lo que se evidencia en el enfoque SCP que el uso excesivo del capital destruye valor por el costo de capital que implica el mayor uso de recursos invertidos en inventario al comparar los valores obtenidos de EVA y analizar la sensibilidad del EVA ante cambios del WACC (Ítem 5.3 y 5.3.1), a pesar de presentar en el periodo una mayor utilidad operativa. Mientras que el enfoque TOC presenta una mayor creación de valor como resultado del enfoque de gestión basado en la explotación del recurso restrictivo, a su vez este resultado evidencia que la priorización de acuerdo a la capacidad del recurso restrictivo genera un mayor margen operacional en relación a los recursos invertidos(Ver Tabla 43).

La financiación de las operaciones con recursos de terceros, de menor costo al costo de capital, no significa una disminución del valor económico agregado de las operaciones del periodo; por el contrario, pueden generar un aumento del valor al disminuir el valor de la financiación por dejar de utilizar recursos propios. Sin embargo, en la medida que la participación de la deuda es mayor en la estructura de capital y se dan aumentos en su costo, hay una disminución considerable del EVA destruyendo valor para los inversionistas; debido a un mayor uso de capital por el tipo de consumo de recursos que tiene el enfoque SCP y una mayor percepción de riesgo, reflejado en el aumento del valor de beta en el costo de capital lo que se evidencia al simular escenarios de variación del costo de la deuda y del capital con respecto al EVA para cada uno de los enfoques(Ítem 5.3.2). De esta manera el efecto de una mayor utilización de recursos y la financiación de los mismos, genera en proporción una mayor destrucción de valor, que el menor uso de recursos que emplea el enfoque TOC. Logrando como resultado del enfoque operacional y financiero de TOC, crear más riqueza para los inversionistas, que los enfoques de gestión basados en los planteamientos de los sistemas de costo tradicionales.

Con el modelo, comparación y análisis realizados se aporta evidencia a favor de las hipótesis planteadas, por lo que se puede concluir que:

- Con respecto a la hipótesis principal que al establecer y describir un modelo que relacione la gestión operacional con la gestión financiera basada en la explotación de la capacidad del recurso restrictivo, se evidencia que la aplicación de TOC genera resultados financieros más sólidos demostrados en una mayor creación de valor (Ítem 5.3).
- Con respecto a la primer hipótesis secundaria, que el uso de pronósticos de ventas, la identificación del recurso restrictivo, la priorización de la mezcla de producción a partir de la capacidad de generación de *throughput* del recurso restrictivo, basados en los procesos de registros planteados por el sistema de costos por proceso, al hacer una clara separación de los costos directamente relacionados a la fabricación de los productos, permite

determinar e identificar la realidad financiera de una empresa usando TOC(Ítem 5.2).

- En relación a la segunda hipótesis secundaria, que la implementación del modelo propuesto a través de replicar el comportamiento de un proceso productivo haciendo uso de la simulación, permitió demostrar la superioridad financiera del uso de la gestión de procesos basado en la gestión de restricciones (Ítem 4.45 y 5.1).
- En relación a la tercera hipótesis secundaria, que la comparación entre los enfoques de gestión permitió demostrar que no considerar el impacto de las restricciones en los resultados de los procesos productivos, así como la cuantificación y cargo de los costos de conversión al inventario, destruye valor limitando el crecimiento empresarial; que por el contrario al hacer uso de la gestión basada en la explotación del recurso restrictivo y los costos directamente relacionados con la fabricación cargados objetivamente en el periodo de evaluación, crea valor superior para los inversionistas(Ítem 5.3).

De acuerdo a esto se da cumplimiento al objetivo planteado de modelar la relación entre la optimización de procesos basada en la gestión de las restricciones y la estructura correcta de la información para evidenciar las mejoras logradas en el flujo del proceso, proveyendo información confiable para la toma de decisiones y evidenciar la verdadera capacidad de generación de valor de la empresa.

A su vez, se da paso para ampliar las líneas de investigación para analizar el efecto que tendría en los resultados financieros la inclusión de variables como paradas por fallas, cambios en los pronósticos de ventas para el periodo analizado, tasas de desperdicios, entre otros aspectos operacionales que afectan el flujo de operación; por otra parte a nivel financiero considerar otros componentes en la determinación del capital para el cálculo del EVA, efectos fiscales que puedan tener incidencia en el mismo, así como la comparación con sistemas de costos basados en nuevas corrientes de manufactura. También ampliar el análisis de las relaciones financieras en la aplicación de la gestión de restricciones en procesos de servicios.

## 7. Bibliografía

- Alsmadi, M., Alamani, A., & Khan, Z. (2014). Implementing an integrated ABC and TOC approach to enhance decision making in a Lean Context. *Internacional Journal of Quality & Reliability Management*, 31(8), 906 - 920.
- Al-Zu'bi, Z. M., & Khamees, B. A. (2014). Activity-Based Costing vs Theory of Constraints: An Empirical Study into Their Effect on the Cost Performance of NPD Initiatives. *International Journal of Economics and Finance*, 6(12), 157 - 165.
- Baldwin, R., & Venables, A. (2013). Spiders and Snakes: Offshoring and Agglomeration in the Global Economy. *Journal of International Economics* 90, 2.
- Bhatia, N., & Drew, J. (2007). Applying lean production to the public sector. *The McKinsey Quartely: The Online Jorunal of McKinsey & Co*, 7, 97 - 110.
- BID. (2014). *Fabricas Sincronizadas: America Latina y el Caribe en la era de las cadenas globales de valor*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Botero, E. A., & Maldonado, C. (2016). La teoría de restricciones(TOC) y la contabilidad del trúput(TA): herramientas administrativas clave para el diseño de un sistema de información contable y financiero. *Memorias*, 14(25), 7 - 14.
- Brito, J., Ferreiro, V. V., & López, C. E. (2010). Sistemas de costos basado en actividades en la fabricación de campanas industriales: Aplicación del modelo ABC como herramienta de gestión. *XV Congreso de Internacional de Contaduría, Administración e Informática* (págs. 2 - 33). Ciudad de México: Facultad de Contaduría y Adminstración UNAM.
- Budd, C. S. (2010). *Theory of Constraints HandBook, Chapter 13, "Traditional Measures in Finance and Accounting, Problems, Literature Review, and TOC Measures"*. McGraw-Hill.

- Chase, R. B., & Jabobs, F. R. (2014). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros* (13a ed.). México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Christopher, M. (2011). *Logistics & Supply Chain Management*. London: Pearson Education Limited.
- Costas, J., Ponte, B., De la Fuente, D., Pino, R., & Puche, J. (2015). Applying Goldratt's Theory of Constraints to reduce the Bullwhip Effect through agent-based modeling. *Expert Systems with Applications*, 42(4), 2049-2060.
- Damodaran, A. (6 de Agosto de 2018). *Damodaran Online*. Obtenido de <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- Darlington, J., Francis, M., Found, P., & Thomas, A. (2015). Design and implementation of a Drum-Buffer-Rope pull-system, *Production Planning & Control*. *Production Planning & Control*, 26(6), 489-504.
- Duque, M. I., Osorio, J. A., & Agudelo, D. M. (2011). Los costos estándar y su aplicación en el sector manufacturero colombiano. *Cuadernos de Contabilidad*, 12(31), 521 - 545.
- Ehrhardt, M., & Brigham, E. (2007). *Finanzas corporativas*. México D. F. : Cengage Learning Editores, S.A.
- Garcia Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Goldratt, E. M. (1990). *El Síndrome del Pajar: Cómo extraer información del océano de datos*. Monterrey: Ediciones Castillo.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (2003). *La Meta* (Segunda ed.). Monterrey, México: Ediciones Castillo.
- González G., P., & Escobar V., J. W. (2008). Teoría de las restricciones (TOC) y la mecánica del Throughput Accounting (TA). Una aproximación a un modelo gerencial para toma de decisiones: caso compañía de Cementos Andino S.A. *Cuadernos de Contabilidad*, 7(24), 209 - 228.

- Grasso, L. (2005). Are ABC and RCA accounting systems compatible with lean management?". *Management Accounting Quarterly*, 7(1), 12 - 27.
- Gupta, M. C., & Boyd, L. H. (2008). Theory of constraints: a theory for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 28(10), 991-1012.
- Gupta, M. C., Kaur Sahi, G., & Chahal, H. (2013). Improving market orientation: the theory of constraints-based framework. *Journal of Strategic Marketing*, 21(4), 305 - 322.
- Gupta, M., Chahal, H., Kaur, G., & Sharma, R. (2010). Improving the weakest link: A TOC-based framework for small businesses. *Total Quality Management & Business Excellence*, 863 - 883.
- Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2007). *Administración de Costos, Contabilidad y Control*. Ciudad de México: Cengage Learning.
- Hilmola, O.-P., & Gupta, M. (2015). Throughput accounting and performance of a manufacturing company under stochastic demand and scrap rates. *Expert Systems With Applications*, 42, 8423 - 8431.
- Hilmola, O.-P., & Li, W. (2016). Throughput accounting heuristics is still adequate: Response to criticism. *Expert Systems with Applications*, 58(1), 221-228.
- Hornigren, C. T., Foster, G., & Datar, S. M. (2007). *Contabilidad de Costos: Un Enfoque Gerencial*. Ciudad de México: Pearson Educación.
- Huang, S.-Y., Chen, H.-J., Chiu, A.-A., & Chen, C.-P. (2014). The application of the theory of constraints and activity-based costing to business excellence: the case of automotive electronics manufacture firms. *Total Quality Management*, 25(5), 532 - 545.
- Íñiguez, R., & Poveda, F. (2000). Medidas de creación de valor para los accionistas: EVA vs. Beneficios. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 30(107), 83 - 104.

- Jafarnejad, A., Mehregan, M. R., Namazi, M., & Abtahi, S. M. (2016). A mathematical programming model of Activity-Based Costing in order to improve profitability and optimal production orders. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(6), 4100-4108.
- Leon Garcia, O. (2003). *Valoración de empresas, gerencia del valor y EVA*. Cali: Bernalibros S.A.S.
- Manotas, D. F., Manyoma, P. C., & Rivera, L. (2000). Hacia una nueva métrica financiera basada en la teoría de restricciones. *Estudios Gerenciales*, 16(76), 61-75.
- Matthews, J., Pellew, L., Phua, F., & Rowlinson, S. (2000). Quality relationships: partnering in the construction supply chain. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17(4/5), 493 - 510.
- Mehra, S., Inman, R., & Tuite, G. (2005). A simulation-based comparison of TOC and traditional accounting performance measures in a process industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(3), 328-342.
- Naor, M., Bernardes, E., & Coman, A. (2013). Theory of constraints: is it a theory and a good one? *International Journal of Production Research*, 51(2), 542 - 554.
- Orjuela Castro, J. A., Suárez Camelo, N., & Chichilla Ospina, Y. (2016). Costos logísticos y metodologías para el costeo en cadenas de suministro: una revisión de la literatura. *Cuadernos de contabilidad*, 377 - 420.
- Ortiz, F., Nuño de la Parra, P., Torres, R., & Báez, O. (2008). Comparación del Sistema de costos estándar y la teoría de restricciones para el control del flujo de materiales mediante un modelo de simulación. *Revista de Ingeniería Industrial*, 2(1), 1 - 14.
- Pabón, H. (2012). *Fundamentos de costos*. Bogotá: Alfaomega.

- Parkhi, S., & Punjabi, L. (2015). Throughput accounting: An overview and framework. *International Journal of Services and Operations Management*, X(Y), 1-19.
- Pinto, J., Henry, E., Robinson, T., & Stowe, J. (2007). *Equity Asset Valuation*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. .
- Pretorius, P. (2004). Long term decision-making using throughput. *2004 IEEE Africon. 7th Africon Conference in Africa*, 2, págs. 861-866.
- Sheu, C., Chen, M.-H., & Kovar, S. (2003). Integrating ABC and TOC for better manufacturing decision making. *Integrated Manufacturing Systems*, 14(5), 433-441.
- Taylor, L. J., & Asthana, R. (2016). Apllying theory of constraints principles and Goldratts Thinking process to the problems associated whith inventory control. *Franklin Business & Law Journal*, 2016(4), 83 -104.
- Tsai, W.-H., Chang, Y.-C., Lin, S.-J., Chen, H.-C., & Chu, P.-Y. (2014). A green approach to the weight reduction of aircraft cabins. *Journal of Air Transport Management*, 40, 65-77.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2005). *Lean Thinking*. Madrid: Gestión 2000.
- Wu, H.-H., Huang, H.-H., & Jen, W.-T. (2012). A study of the elongated replenishment frequency of TOC supply chain. *International Journal of Production Research*, 50(19), 5567–5581.
- Wu, H.-H., Liao, M.-Y., Tsai, C.-H., Tsai, S.-C., Lu, M.-J., & Tai-Ping, T. (2013). A Study of Theory of Constraints Supply Chain Replenishment System. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 3(3), 78–88.

## Anexo 1 Reporte de producción

AN								
Reporte de producción								
Unidades por distribuir	Del periodo anterior		ET 1	ET 2	ET 3	ET 4	ET 5	
		Terminadas y Retenidas	0	0				
		En proceso	0	0	1			
	<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>				
	Periodo actual	Comenzadas	41					
		Recibidas del proceso anterior			40	40	40	
<b>Total</b>		<b>41</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	
Distribución de Unidades	Terminadas y transferidas		40	40	40	39	0	
	Terminadas y retenidas		0	0	0	0	0	
	En proceso final		1	0	1	1	0	
	Perdidas en Producción							
	<b>Total</b>		<b>41</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>0</b>
	% Finalización CIF, MO, MP		67%	0%	50%	40%	0%	

AF								
Reporte de producción								
Unidades por distribuir			ET 1	ET 2	ET 3	ET 4	ET 5	
		Terminadas y Retenidas	0	0				
		En proceso	0	0	1			
		<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Comenzadas	50					
		Recibidas del proceso anterior			50	50	25	25
<b>Total</b>		<b>50</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>25</b>	<b>25</b>		
Distribución de Unidades	Terminadas y transferidas		50	50	50	25	25	
	Terminadas y retenidas		0	0	0	0	0	
	En proceso final		0	0	1	0	0	
	Perdidas en Producción							
	<b>Total</b>		<b>50</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	
	% Finalización CIF, MO, MP		0%	0%	71%	0%	0%	



Informe de Costos de Producción AF												
		ET 1		ET 2		ET 3		ET 4		ET 5		
Fecha		CT	CU	CT	CU	CT	CU	CT	CU	CT	CU	
Costos a distribuir	Del proceso anterior	Recibidos durante el periodo	0		\$ 40,000	\$ 800	\$ 40,000	\$ 800	\$ 40,000	\$ 800	\$ 20,000.00	\$ 800
		Inventario inicial en proceso	0				\$ 800					
		<b>Subtotal</b>	\$ -	\$ -	\$ 40,000	\$ 800	\$ 40,800	\$ 800	\$ 40,000	\$ 800	\$ 20,000	\$ 800
		Costo ajustado por unidad adicional	0									
		Costo ajustado por unidad perdida	0									
		<b>TOTAL AL PROCESO ANTERIOR</b>	\$ -	\$ -	\$ 40,000	\$ 800	\$ 40,800	\$ 800	\$ 40,000	\$ 800	\$ 20,000	\$ 800
	En este proceso	Inventario inicial en proceso	Materiales									
			Mano de obra									
			Costos Indirectos									
		Costos producción del periodo	Materiales	\$ 40,000	\$ 800	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
			Mano de obra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
			Costos Indirectos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>TOTAL ESTE PROCESO</b>	\$ 40,000	\$ 800	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -		
<b>TOTAL ACUMULADO</b>	\$ 40,000	\$ 800	\$ 40,000	\$ 800	\$ 40,800	\$ 800	\$ 40,000	\$ 800	\$ 20,000	\$ 800		
Distribución de costos	Terminados y transferidos		\$ 40,000	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00		
	Terminados y retenidos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -		
	En este proceso final	Este proceso	Materiales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -		
			Mano de obra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -			
			CIF	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -				
	Procesos anterior			\$ -	\$ 800.00	\$ -	\$ -	\$ -				
Costo adicional por unidad perdida												
<b>Total</b>		\$ 40,000	\$ 40,000	\$ 40,000	\$ 40,800	\$ 40,000	\$ 40,000					
<b>Valor inventario Inicial</b>		\$ -	\$ -	\$ -	\$ 800.0	\$ -	\$ -					
<b>Costo producto terminado</b>		\$ 40,000.0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -					
<b>Valor del inventario final</b>		\$ -	\$ -	\$ 800.0	\$ -	\$ -	\$ -					
<b>Costo total de producción</b>		\$ 40,000.0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -					

### Anexo 3 Reporte de producción y unidades equivalentes SCP

AN								
Reporte de producción								
Unidades por distribuir	Del periodo anterior		ET 1	ET 2	ET 3	ET 5	ET 5	
		Terminadas y Retenidas	0	0				
		En proceso	0	0				
		Subtotal	0	0				
		Comenzadas	108					
	Recibidas del proceso anterior		81	40	39			
<b>Total</b>		<b>108</b>	<b>81</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
Distribución de Unidades	Terminadas y transferidas		81	40	39	39	0	
	Terminadas y retenidas		26	40	0	0	0	
	En proceso final		1	1	1	0	0	
	Perdidas en Producción							
	<b>Total</b>		<b>108</b>	<b>81</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	% Finalización CIF, MO, MP		67%	50%	40%	0%	0%	

Cantidades Equivalentes - Producto AN						
Costo	Estación de trabajo	Terminadas y transferidas	Terminadas y retenidas	En proceso	Total Unid. Equivalentes	Costos Variables directos
Materiales	ET1	81	26	0.67	107.67	\$ 1,200
Mano de Obra	ET1	81	26	0.67	107.67	\$ 7.54
CIF	ET1	81	26	0.67	107.67	\$ 27.95
Mano de Obra	ET2	40	40	0.5	80.5	\$ 13.45
CIF	ET2	40	40	0.5	80.5	\$ 174.52
Mano de Obra	ET3	39	0	0.4	39.4	\$ 54.98
CIF	ET3	39	0	0.4	39.4	\$ 176.57
Mano de Obra	ET4	39	0	0	39	\$ 27.77
CIF	ET4	39	0	0	39	\$ 188.63

AC								
Reporte de producción								
Unidades por distribuir	Del periodo anterior		ET 1	ET 2	ET 3	ET 4	ET 5	
		Terminadas y Retenidas	0	0				
		En proceso	0	0				
		Subtotal	0	0				
		Comenzadas	360					
		Recibidas del proceso anterior		134	75	74	74	74
<b>Total</b>		<b>360</b>	<b>134</b>	<b>75</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	
Distribución de Unidades	Terminadas y transferidas		134	75	74	74	73	
	Terminadas y retenidas		225	58	0	0	0	
	En proceso final		1	1	1	0	1	
	Perdidas en Producción							
	<b>Total</b>		<b>360</b>	<b>134</b>	<b>75</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>
	% Finalización CIF, MO, MP		43%	35%	83%	0%	29%	

Cantidades Equivalentes - Producto AC						
Costo	Estación de trabajo	Terminadas y transferidas	Terminadas y retenidas	En proceso	Total Un. Equivalentes	Costos Variables directos
Materiales	ET1	134	225	0.43	359.43	\$ 1,360.00
Mano de Obra	ET1	134	225	0.43	359.43	5.45
CIF	ET1	134	225	0.43	359.43	\$ 27.95
Mano de Obra	ET2	75	58	0.35	133.35	\$ 39.15
CIF	ET2	75	58	0.35	133.35	\$ 174.52
Mano de Obra	ET3	74	0	0.83	74.83	\$ 122.10
CIF	ET3	74	0	0.83	74.83	\$ 176.57
Mano de Obra	ET4	74	0	0	74	\$ 70.56
CIF	ET4	74	0	0	74	\$ 101.71
Mano de Obra	ET5	73	0	0.29	73.29	\$ 44.52
CIF	ET5	73	0	0.29	73.29	\$ 188.63

### Anexo 4 Informe de costos de producción SCP

Informe de Costos de Producción AN											
		ET 1		ET 2		ET 3		ET 4			
Fecha		CT	CU	CT	CU	CT	CU	CT	CU		
Costos a distribuir	Del proceso anterior	Recibidos durante el periodo	0		\$ 100,075	\$ 1,235	\$ 56,939	\$ 1,423	\$ 64,546	\$ 1,655	
		Inventario inicial en proceso	0								
		<b>Subtotal</b>	\$ -	\$ -	\$ 100,075	\$ 1,235	\$ 56,939	\$ 1,423	\$ 64,546	\$ 1,655	
		Costo ajustado por unidad adicional	0								
		Costo ajustado por unidad perdida	0								
	<b>TOTAL AL PROCESO ANTERIOR</b>	\$ -	\$ -	\$ 100,075	\$ 1,235	\$ 56,939	\$ 1,423	\$ 64,546	\$ 1,655		
	En este proceso	Inventario inicial en proceso	Materiales								
			Mano de obra								
			Costos Indirectos								
		Costos producción del periodo	Materiales	\$ 129,204	\$ 1,200	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
			Mano de obra	\$ 812	\$ 7.54	\$ 1,083.10	\$ 13.45	\$ 2,166	\$ 54.98	\$ 1,083.10	\$ 27.77
			Costos Indirectos	\$ 3,009	\$ 27.95	\$ 14,049.24	\$ 174.52	\$ 6,957	\$ 176.57	\$ 7,356.60	\$ 188.63
	<b>TOTAL ESTE PROCESO</b>	\$ 133,026	\$ 1,235	\$ 15,132	\$ 188	\$ 9,123	\$ 232	\$ 8,440	\$ 216		
		108		81		39		39			
	<b>TOTAL ACUMULADO</b>	\$ 133,026	\$ 1,235	\$ 115,207	\$ 1,423	\$ 66,062	\$ 1,655	\$ 72,985	\$ 1,871		
Distribución de costos	Terminados y transferidos			\$ 100,075	\$ 56,938.91	\$ 64,545.79	\$ 72,985.49				
	Terminados y retenidos			\$ 32,122.83	\$ 56,938.91	\$ -	\$ -				
	En este proceso final	Este proceso	Materiales	\$ 804.00	\$ -	\$ -	\$ -				
			Mano de obra	\$ 5.05	\$ 6.73	\$ 21.99	\$ -				
			CIF	\$ 18.73	\$ 87.26	\$ 70.63	\$ -				
	Procesos anterior				\$ 1,235.49	\$ 1,423.47	\$ -				
Costo adicional por unidad perdida											
	<b>Total</b>	\$ 133,026	\$ 1,235	\$ 115,207	\$ 1,423	\$ 66,062	\$ 1,655	\$ 72,985	\$ 1,871		
				\$ -		\$ -		\$ -			
	<b>Valor del inventario final</b>	\$ 32,950.6	\$ 58,268.4	\$ 1,516.1	\$ -	\$ 92,735.1					
	<b>Costo producto terminado</b>	\$ 48,184.2	\$ 7,331.2	\$ 9,030.3	\$ 8,439.7	\$ 72,985.5					
	<b>Costo total de producción</b>	\$ 133,025.6	\$ 15,132.3	\$ 9,123.0	\$ 8,439.7	\$ 165,720.6					

Informe de Costos de Producción AC													
Fecha			ET 1		ET 2		ET 3		ET 4		ET 5		
			CT	CU	CT	CU	CT	CU	CT	CU	CT	CU	
Costos a distribuir	Del proceso anterior	Recibidos durante el periodo		0	\$ 186,715	\$ 1,393	\$ 120,531	\$ 1,607	\$ 141,025	\$ 1,906	\$ 153,772.61	\$ 2,078	
		Inventario inicial en proceso		0									
		<b>Subtotal</b>		\$ -	\$ -	\$ 186,715	\$ 1,393	\$ 120,531	\$ 1,607	\$ 141,025	\$ 1,906	\$ 153,773	\$ 2,078
		Costo ajustado por unidad adicional		0									
		Costo ajustado por unidad perdida		0									
		<b>TOTAL AL PROCESO ANTERIOR</b>		\$ -	\$ -	\$ 186,715	\$ 1,393	\$ 120,531	\$ 1,607	\$ 141,025	\$ 1,906	\$ 153,773	\$ 2,078
	En este proceso	Inventario inicial en proceso	Materiales										
			Mano de obra										
			Costos Indirectos										
		Costos producción del periodo	Materiales	\$ 488,825	\$ 1,360	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
			Mano de obra	\$ 1,958	\$ 5.45	\$ 5,221.09	\$ 39.15	\$ 9,137	\$ 122.10	\$ 5,221.09	\$ 70.56	\$ 3,263.18	\$ 44.52
			Costos Indirectos	\$ 10,046	\$ 27.95	\$ 23,272.87	\$ 174.52	\$ 13,213	\$ 176.57	\$ 7,526.46	\$ 101.71	\$ 13,824.76	\$ 188.63
		<b>TOTAL ESTE PROCESO</b>		\$ 500,828	\$ 1,393	\$ 28,494	\$ 214	\$ 22,349	\$ 299	\$ 12,748	\$ 172	\$ 17,088	\$ 233
			359		133		75		74				
<b>TOTAL ACUMULADO</b>		\$ 500,828	\$ 1,393	\$ 215,209	\$ 1,607	\$ 142,880	\$ 1,906	\$ 153,773	\$ 2,078	\$ 170,861	\$ 2,311		
Distribución de costos	Terminados y transferidos			\$ 186,715	\$ 120,530.55	\$ 141,025.06	\$ 153,772.61	\$ 168,714.93					
	Terminados y retenidos			\$ 313,514.12	\$ 93,210.29	\$ -	\$ -	\$ -					
	En este proceso final	Este proceso	Materiales	\$ 584.80	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -					
			Mano de obra	\$ 2.34	\$ 13.70	\$ 101.34	\$ -	\$ 12.91					
		Procesos anterior	CIF	\$ 12.02	\$ 61.08	\$ 146.55	\$ -	\$ 54.70					
	Procesos anterior				\$ 1,393.40	\$ 1,607.07	\$ -	\$ 2,078					
Costo adicional por unidad perdida													
<b>Total</b>			\$ 500,828	\$ 215,209	\$ 142,880	\$ 153,773	\$ 170,861						
			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -						
<b>Valor del inventario final</b>			\$ 314,113.3	\$ 94,678.5	\$ 1,855.0	\$ -	\$ 2,145.6	\$ 412,792.3					
<b>Costo producto terminado</b>			\$ 101,717.9	\$ 15,598.5	\$ 21,802.9	\$ 12,575.3	\$ 17,020.3	\$ 168,714.9					
<b>Costo total de producción</b>			\$ 500,828.4	\$ 28,494.0	\$ 22,349.5	\$ 12,747.6	\$ 17,087.9	\$ 581,507.3					