

# La teoría de restricciones (TOC) y su incidencia en los costos de producción. Caso empresa MIVIRN de Riobamba-Ecuador



*The Theory of Constraints (TOC) and its incidence on production costs. Case enterprise MIVIRN from Riobamba-Ecuador*

Freddy Román Guananga Díaz.<sup>1</sup>, Juan Carlos Muyulema Allaica.<sup>2</sup>, Doraliza Isabel Rodríguez Sevilla.<sup>3</sup>, & Bryan Guillermo Guananga Rodríguez.<sup>4</sup>

Recibido: 25-05-2020 / Revisado: 28-06-2020 / Aceptado: 15-07-2020/ Publicado: 07-08-2020

## Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1.1395>

The research article is based on the development of an improvement proposal for the construction machinery production company “MIVIRN” to minimize costs and increase its production capacity through the introduction of methods for identifying restrictions and planning production that achieve a positive impact on the productive improvement of the company. The project focused on the identification of restrictions in the concrete mixer and elevator production processes, a compilation of historical data was carried out and based on this, future demand was projected, standard and takt times were evaluated and determined. time later, the production centers were paid for through process costing and direct costing and with these data, the system restrictions were established applying the methodology proposed by Goldratt to exploit the restriction that prevents achieving a better productive performance using the line balance as a tool. process for which the required calculations were automated through “Excel” and its “Solver” tool. The methodology developed allowed the elaboration of a proposal that allowed the elimination of the restrictive process and with it reduced the productive costs in 5.46% for the concrete mixer and 9.38% for the concrete

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador, nguananga@esPOCH.edu.ec,  <https://orcid.org/0000-0002-5721-4689>

<sup>2</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí (PUCEM), Posgrado MBA. Portoviejo, Ecuador, juanca327@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-9663-8935>

<sup>3</sup> Grupo Consultor Empresarial CAAPTES-Ecuador, Departamento de Gestión de Proyectos de Inversión, Riobamba, Ecuador, dirs\_17@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-6742-0849>

<sup>4</sup> Grupo Consultor Empresarial CAAPTES-Ecuador, Departamento de Gestión de Proyectos de Inversión, Riobamba, Ecuador, bryanr@yahoo.es  <https://orcid.org/0000-0002-5721-4689>

elevator, additionally increased the productive capacity of concrete elevators in a 125%, demonstrating that the methodology of optimization and production improvement with application of the theory of restrictions (TOC) is capable of significantly influencing the reduction of costs and increase of the productive capacity of the company.

**Keywords:** Theory of constraints, demand projection, standard time, Takt time, online balance.

### **Resumen.**

El artículo de investigación radica en la elaboración de una propuesta de mejora para la empresa de producción de maquinaria para la construcción “MIVIRN” para minimizar los costos y aumentar su capacidad de producción por medio de la introducción de métodos de identificación de restricciones y planeación de la producción que logren incidir positivamente en la mejora productiva de la empresa. El proyecto se enfocó en la identificación de las restricciones en los procesos de producción de concretas y elevadores, se llevó a cabo una recopilación de los datos históricos y en base a esta se proyectó la demanda futura, se evaluaron y se determinaron tiempos estándar y takt time posteriormente se costearon los centros de producción mediante el costeo por procesos y costeo directo y con estos datos se establecieron las restricciones del sistema aplicando la metodología propuesta por Goldratt para explotar la restricción que impide alcanzar un mejor desempeño productivo teniendo como herramienta el balance de línea proceso para el cual se automatizó sus cálculos requeridos por medio de “Excel” y su herramienta “Solver”. La metodología desarrollada permitió la elaboración de una propuesta que condujo a la eliminación del proceso restrictivo y con ello disminuyó los costos productivos en 5,46% para la concretera y el 9,38% para el elevador, adicionalmente aumentó la capacidad productiva de elevadores en un 125%, demostrando que la metodología de optimización y mejora productiva con aplicación de la teoría de restricciones (TOC) es capaz de influir significativamente en la reducción de costos y aumento de la capacidad productiva de la empresa.

**Palabras claves:** Teoría de restricciones, proyección de la demanda, tiempo estándar, takt time, balance en línea.

### **Introducción.**

En las últimas dos décadas, el mundo de los negocios se ha visto bombardeado por diversas herramientas gerenciales que buscan facilitar la toma de decisiones por parte de los gerentes (Yépez-Moreira, Muyulema-Allaica, Ormaza-Morejón, & Sánchez-Macías, 2019). En consecuencia, se están llevando a cabo investigaciones sobre diversas herramientas gerenciales, tales como Teoría de las Restricciones (Theory of Constraints, TOC) (Zhu, y

otros, 2020), Balanced Scorecard (BSC) (Quezada, Reinao, Palominos, & Oddershede, 2019), Just in Time (JIT) (Chung, Talluri, & Kovács, 2018), Costos Kaisen (Arriola, Picchi, & Granja, 2016), Costos por Procesos (Muyulema-Allaica, et al., 2020), entre otras, proponen métodos que llevan a maximizar las utilidades como consecuencia del mejoramiento en los procesos y en la asignación de los recursos, mejoras planteadas por cada una de ellas en sus marcos conceptuales.

Dentro de la TOC, la meta de todo negocio es ganar dinero, pero como sostiene Zhu, et al., (2020), de no haber restricciones en los procesos de los negocios, la utilidad de éstos sería infinita; por tanto, todo negocio siempre presentará un cuello de botella, en producción, o una o varias restricciones, en otros tipos de negocios, como los de servicio, que impedirán que esa utilidad sea infinita. En ese sentido, las restricciones se pueden definir como limitaciones, puntos débiles o falta de algún recurso dentro de un proceso, que pueden afectar el desempeño de todo un sistema, entendida la empresa como sistema (Okutmuş, Kahveci, & Kartašova, 2015; Lowalekar & Ravi, 2017).

Las definiciones dadas por Goldratt (1997) no se pueden considerar cuestionables, si tenemos en cuenta que la teoría planteada por él es una herramienta gerencial que busca facilitar la toma de decisiones, ya que muchas veces los gerentes no son expertos en términos contables o financieros, y lo que realmente necesitan es la presentación de informes que de la manera más clara les permitan ver las condiciones del negocio para tomar las mejores decisiones.

Desde la perspectiva TOC, en el caso de la empresa MIVIRN, microempresa localizada en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo-Ecuador, dedicada a la fabricación y comercialización de maquinaria de la construcción desde el año de 1980, refleja un preocupante estancamiento y deterioro productivo, debido a restricciones pueden ser de carácter interno y externo. Las primeras surgen por limitaciones derivadas de los procesos o de las políticas internas de la compañía. Por otro lado, las restricciones externas están relacionadas con factores exógenos que pueden afectar el buen desempeño del negocio. Estas restricciones se relacionan con la disponibilidad de materiales y el comportamiento y la inversión en el sector de la construcción. En ese sentido, las restricciones del sistema se determinaron con la técnica matemática de programación lineal (PL) mediante el enfoque basado en la herramienta Solver de Excel, para la obtención de resultados en tiempo real y determinación sistemática de las necesidades de producción.

El objeto de este artículo fue centrar el análisis en TOC y específicamente en la identificación de restricciones y planeación de la producción en la empresa MIVIRN para minimizar los costos y aumentar su capacidad de producción, y para cumplirlo se recurrió al apoyo de los siguientes objetivos específicos: (i) establecer la demanda histórica y en base a esta la proyección de la demanda futura, (ii) evaluar y determinar los tiempos estándar estimado el coste por procesos de los centros de producción, y (iii) elaborar una propuesta de mejora para minimizar los costos y aumentar su capacidad de producción.

Finalmente, la importancia del estudio radica en la validación de la metodología utilizada mediante una demostración estadística que permitió evidenciar una reducción de costos de producción, así como el cumplimiento del objetivo del proyecto, se justifica el estudio mediante la creación de la posibilidad de que la metodología utilizada pueda ser extrapolada a otras empresas con la seguridad de una obtención de resultados favorables. En resumen, el método propuesto sin duda tiene la capacidad de identificar adecuadamente los procesos restrictivos de una cadena de producción, resultando ser una herramienta eficaz para determinar la combinación óptima de recursos que conlleven a una reducción de costos y aumento de la capacidad de producción de una empresa manufacturera.

### **Metodología.**

Una de las principales bases para diagnosticar la producción de una empresa manufacturera se base en el accionar de la misma y en su desenvolvimiento en el escenario del mercado potencial del consumo del producto que ofrece al mercado y el grado de participación en el mismo, se partió de las ventas históricas del producto con la finalidad de poder proyectar la demanda del mismo. Las técnicas de pronósticos estadísticos frecuentemente utilizados en la administración de sistemas de producción es el método de promedio, regresión lineal, logarítmica y percentil, se realizó una comparación de los resultados obtenidos de la aplicación de los cuatro métodos de donde se seleccionó al método de percentil ya que envuelve dos análisis, el horizontal y vertical, por lo que conservó una mayor medida de exactitud en el pronóstico. Posteriormente, se elaboró de diagramas, con el fin de establecer el proceso para la construcción de concreteras (500kg) y elevadores (67,50 kg), donde se representa en forma de flujo todas las actividades que conlleva el proceso, estableciendo de forma clara y sistemática el número de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos y almacenamientos que se tiene durante el proceso, información que se considere necesaria para el análisis, como el tiempo requerido y distancias recorridas.

De la técnica de observación aplicada en donde se procedió a dividir el proceso global en estaciones de trabajo, se establecieron cuatro subprocesos que son: trazado y corte, mecanizado, soldadura y ensamble, base para la aplicación de la contabilidad de costos por procesos.

La técnica elegida para la medición de tiempos en el proceso de la fabricación de maquinaria, es el cronometraje, que consiste en la determinación en la determinación del tiempo a emplear para la realización de cada actividad de los procesos. Con un nivel de confianza del 5%, el mismo que tuvo como objetivo determinar el valor promedio representativo para cada actividad dentro del proceso conjunto.

De las diferentes actividades que intervienen en el proceso de fabricación de maquinaria para la construcción, como son: concreteras (500kg) y elevadores (67,50 kg), se procedió a identificar las limitaciones de acuerdo al esquema de la TOC descrita Goldratt, en el cual se

organizaron los recursos para poder determinar el tiempo estándar empleado en cada estación de trabajo, considerando los respectivos porcentajes de valoración tanto del trabajador y tiempos suplementarios contemplados por la Organización Internacional del Trabajo OIT, para posteriormente introducir en el planteamiento del TOC y determinar el recurso restrictivo de manera eficiente con la finalidad de subordinar la restricción. Para este último, se aplicó la metodología BDR (Drum, Buffer, Rope), que sigue cinco pasos específicos que son: (i) identifican la restricción, (ii) deciden cómo explotar la restricción, (iii) subordinan todo a la decisión anterior, (iv) elevan la restricción y una vez eliminada la restricción, (iv) empezar de nuevo.

Una vez establecido el tiempo promedio, se procedió al cálculo del tiempo estándar, tomando en cuenta el porcentaje de valoración del trabajador en cuanto su rendimiento, técnica útil para determinar equitativamente el tiempo requerido por un operador en un entorno normal de trabajo para ejecutar las actividades de manufactura. Consecutivamente, y como herramienta de primer se realizó el cálculo del takt time para que la empresa MIVIRN mida su capacidad de ajustarse a la demanda, esta se determinó mediante la razón de la cantidad demanda para tiempo estándar, dato que sirvió de base para plantear el ritmo de producción requerido para cumplir las cantidades mínimas requeridas por el mercado. Inmediatamente, se organizó el proceso de producción en secciones específicas y fáciles de situar para registrar tiempos con el fin de identificar el recurso restrictivo, tal como la propuesta de Goldratt y su correcta aplicación exige, prosiguiendo así con el fundamento TOC, para adecuarse a la metodología del “Mundo del Valor” propuesta por Goldratt al coste directo, el mismo que está integrado por todos los costos necesarios para la manufactura de los dos productos, clasificados en costo fijo y costo variable, se procedió a establecer el costeo variable de cada uno de los procesos.

Con el precio de venta de la concretera y el elevador, así mismo con los costos variables de cada uno de ellos y los tiempos de producción de las dos líneas de productos objeto de estudio, se procedió a realizar la PL para maximizar o minimizar (optimizar) una función lineal, denominada función objetivo, en tal virtud se utilizó la misma para corroborar los resultados TOC versus costos. Posteriormente, se realizó el análisis considerando el primer principio TOC el cual consistió en determinar el recurso que restringe la producción, para ello se precedió a un análisis metódico que mostro la actividad que mayor tiempo requiere dentro del proceso de producción de los dos productos, mediante el mismo se pudo identificar claramente el recurso que limita la producción. Se procedió a calcular el margen de contribución unitaria que corresponde al recurso restrictivo, cuyo resultado se obtiene dividiendo el margen de contribución para el total del tiempo que concierne al proceso de mecanizado de los componentes, identificado como recurso restrictivo.

A continuación, se propuso la aplicación de una de las herramientas más importantes para el control de la producción, balanceo de línea, puesto que sirve para establecer un equilibrio de

la misma, en sentido de que posee ciertas variables que deben ser equilibradas como es el caso de los tiempos de producción, entregas parciales de producción, inventarios, entre otros, planteado con el objetivo básico de igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso, para ello se requirió de una juiciosa consecución de valores tomados de los datos de observaciones perpetradas en el proceso productivo.

El balanceo de línea, fue realizado en función del tiempo estándar, establecido para cada actividad, tomado en cuenta el número de unidades producidas en una hora. En este sentido, considerando la existencia de dos operadores en cada estación de trabajo (recurso), se procedió a multiplicar el número de unidades por hora, obtenidos por el número de trabajadores, esto permitió conocer la cantidad de unidades procesadas por ciclo. Seguidamente, se determinó la cantidad mínima de unidades realizadas (restricciones), lo que conllevó a la identificación del recurso restrictivo (*Primera fase Goldratt*). Inmediatamente para el balance se actuó en la restricción, estableciendo la acción en reducir el tiempo de operación (incremento de personal), cambiando del método de producción mediante la creación de nuevas estaciones de trabajo o insertando tecnología (*Segunda fase Goldratt*).

Una vez concluidos todos los análisis que anteceden, se inició el desarrollo de la propuesta, en donde se tomó como referencia el esquema TOC que facilitó representar una distribución educada de las estaciones de trabajo para la elaboración de los productos en estudio: concretera (500kg) y elevador (67,50 kg). La representación de la distribución adecuada fue realizada mediante un layout óptimo, donde se logró sintetizar los recorridos del material en las diferentes estaciones de trabajo para considerar eliminar la restricción. El layout obtenido bajo estas condiciones detectó que la principal restricción se encuentra en el reproceso generados por defectos, el cual transportó una pérdida de tiempo.

Con todo ello se repitió la metodología detallada con el fin de obtener comparaciones entre la situación actual y la simulación de la propuesta realizada para lo que una vez más se hizo uso de la PL en Microsoft Excel.

Finalmente se elaboró una prueba estadística t-Student que permitió validar o rechazar cada una de las siguientes hipótesis:

- $H_0$ : Con la aplicación de la TOC en la empresa MIVIRN, no hay reducción en los costos de producción en la fabricación de maquinaria para la construcción
- $H_1$  = Con la aplicación de la TOC en la empresa MIVIRN, hay reducción en los costos de producción en la fabricación de maquinaria para la construcción

Para lo cual se utilizó un nivel de significancia del 5% es decir  $\alpha = 0,05$

## **Resultados.**

### **1. Establecimiento de la demanda histórica y proyección de la demanda futura**

Como se expuso en la metodología, se partió por el análisis histórico de la demanda para la realización de una proyección futura bajo distintas metodologías de proyección de donde se obtuvieron los resultados apreciables en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Demanda proyectada (Análisis Horizontal-Vertical / Concretera)

Periodo (meses)	Promedio	Desviación estándar	COEFICIENTE R <sup>2</sup>	Lineal	Logarítmica	Percentil
Bimestre I	2.00	1.00	0.40	3.2	2.62	3.00
Bimestre II	4.60	1.34	0.35	3,1	3,30	6.00
Bimestre III	4.75	0.50	0.60	5.8	5.48	5.00
Bimestre IV	3.00	1.15	0.20	1.6	2.10	4.00
Bimestre V	5.00	1.15	0.80	2.2	3.35	6.00
Bimestre VI	4.00	1.4	0,83	7.5	6.29	5.00
	<b>23.35</b>			<b>23.4</b>	<b>23.13</b>	<b>29</b>

Del análisis de la demanda y sus estimaciones resulta la cantidad requerida de producción.	Und. 6,00
--	--------------

Fuente: Grupo de Investigación.

Se seleccionó al método de percentil ya que incluye un análisis horizontal y vertical por lo que mantiene mayor exactitud del pronóstico. Se evidencia la demanda mensual de la cantidad de concreteras, que la empresa necesita programar para su demanda, la misma obedece a la ecuación  $y=0,73x+1,2$  base para el ordenamiento de recursos y talento humano necesario para la planificación de la producción.

La Tabla 2, muestra la demanda mensual de la producción de elevadores, esta proyección obedece a la ecuación  $y = -0,353\ln(x) + 2,9378$ . útil para la programación de la producción. así como el aprovisionamiento de recursos.

**Tabla 2:** Demanda mensual proyectada elevadores

Bimestre	Cantidad Und.
1	3,00
2	4,26
3	3,00
4	2,69
5	2,00
6	3,08

Fuente: Grupo de Investigación.

La Tabla 3, estableció el tiempo en días que cada uno de los productos a manufacturarse requieren de tal forma que se logró medir la capacidad de producción de la planta en un tiempo estipulado, así como la capacidad de atender la demanda de productos y frente a un pedido especial, realizar acciones que propendan a cumplir con compromisos con los clientes.

**Tabla 3:** Demanda mensual proyectada concreteras y elevadores

	Concretera	Elevador	
Demanda	6	1	7
T disponible	34,50 días	11,50 días	46 días

Fuente: Grupo de Investigación

En la Tabla 4, se resume y se totaliza cada una de las actividades para el proceso de fabricación de concreteras. Esta facilitó tener en cuenta la cantidad de actividades implicadas que asciende a 132, la distancia de recorrido los materiales de 312 metros y el tiempo total de 9.888 minutos.

**Tabla 4:** Resumen actividades proceso concretera

	Actividades	Actual
□	Inspección	7
○	Operación	70
D	Espera	18
→	Transporte	29
▽	Almacenaje	8
Total	Actividades	132
Distancia	m	312
<b>Tiempo Total</b>	<b>min.</b>	<b>9.888</b>

Fuente: Grupo de Investigación

La tabla 5, resume y totaliza el resultado de las actividades para el proceso de fabricación de elevadores. Esta facilitó tener en cuenta la cantidad de actividades implicadas que asciende a 204, la distancia de recorrido los materiales de 1.678 metros y el tiempo total de 8.407 minutos.

**Tabla 5:** Resumen actividades proceso elevador

	Actividades	Actual
□	Inspección	8
○	Operación	106
D	Espera	5
→	Transporte	75
▽	Almacenaje	10
Total	Actividades	204
Distancia	m	1.678
<b>Tiempo Total</b>	<b>min.</b>	<b>8.407</b>

Fuente: Grupo de Investigación

En la tabla 6, se registró los tiempos cronometrados de los procesos que conlleva la fabricación de cada uno de los productos calculados en base al tiempo estándar, tomado en cuenta los tiempos suplementarios y el % de valoración del trabajo que realizó cada uno de los operarios por acciones individuales y conjuntas.

**Tabla 6:** Cronometraje de procesos de producción de concreteras y elevadores

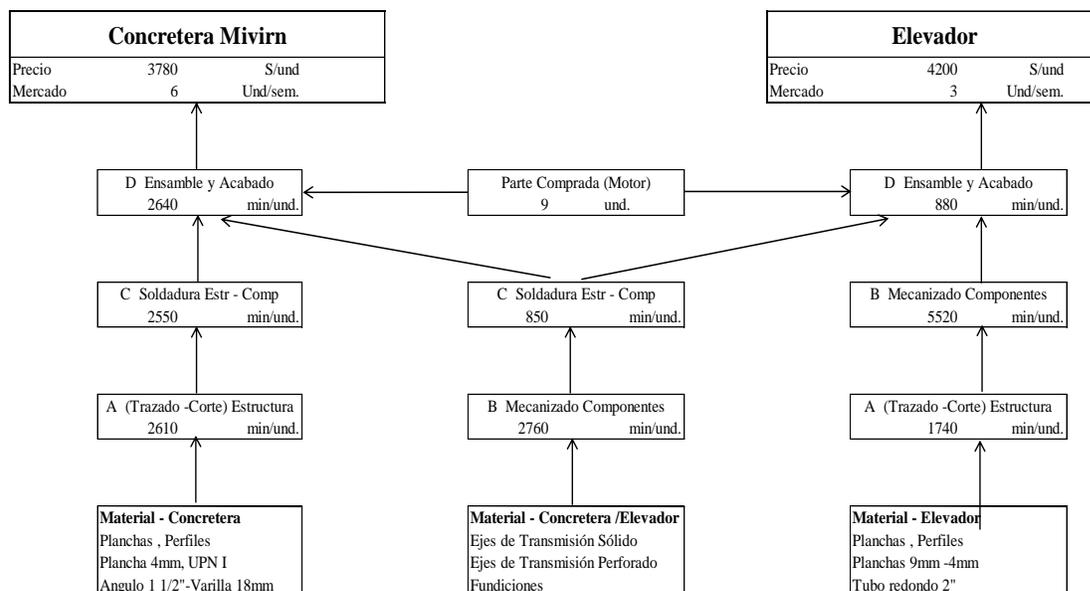
Recurso	Tiempo			
	Concretera		Elevador	
A (Trazado-Corte) Estructura	2610	min	1740	min
B Mecanizado Componentes	2760	min	5520	min
C Soldadura Estr - Comp	2550	min	850	min
D Ensamble y Acabado	2640	min	880	min
<b>Tiempo de ciclo</b>	<b>10560</b>	<b>min / und</b>	<b>8990</b>	<b>min / und</b>

Fuente: Grupo de Investigación

El takt time que correspondió a la razón de la cantidad demanda para tiempo estándar, este resultó para la concretera en 2.760 minutos y elevador 5.520 minutos (mayor tiempo), siendo la base para plantear el ritmo de producción requerido para cumplir con seis (6) concreteras y un (1) elevador como cantidades mínimas requeridas por la demanda.

En el esquema del problema de Goldratt (Figura 1), se logró identificar el recurso restrictivo, dado que los dos productos requieren similares estaciones de trabajos y por ende un conjunto de operaciones similares, como se visualiza en el bloque central del esquema en las estaciones trazado-corte, mecanizado y soldado y ensamble.

**Figura 1:** Esquema del problema de Goldratt



Fuente: Grupo de Investigación

El coste de cada uno de los procesos fue calculado en base a los tres (3) elementos del costo como es: la materia prima directa, la mano de obra directa y costos indirectos de fabricación. Los costos indirectos de fabricación corresponden a los insumos materiales y mano de obra de tiempo estándar ocupado en cada uno de los procesos, ascendió un valor de \$2.499,75 dólares y \$2824,47 dólares en concretera y elevador respectivamente.

**Tabla 7:** Costeo de los procesos de producción de concreteras y elevadores

Proceso	Productos			
	Concretera	% Avance	Elevador	% Avance
A(Trazado-Corte) Estructura	\$1.148,49	45,9%	\$1.057,49	37,4%
B Mecanizado Componentes	\$355,32	14,2%	\$1.058,04	37,5%
C Soldadura	\$255,86	10,2%	\$85,29	3,0%
D Ensamble y Acabado	\$740,08	29,6%	\$623,65	22,1%
<b>Costo Unitario</b>	<b>\$2.499,75</b>	<b>100%</b>	<b>\$2.824,47</b>	<b>100%</b>

Fuente: Grupo de Investigación

Adicionalmente, los datos que proporciona la Tabla 7, permite realizar un análisis considerando en primer principio TOC el cual consiste en determinar el recurso que restringe la producción. Los datos evidencian que el mecanizado de componentes es el de mayor nivel de uso, esta restricción es la que no permite cumplir de manera íntegra el requerimiento del mercado.

A continuación del cálculo del margen de contribución unitaria que correspondió al recurso restrictivo, se obtuvo \$0,46 y \$0,25 centavos de dólar, al margen de contribución por minuto que ofrece el recurso B, el proceso restrictivo del cual parte escoger la mejor relación. Tal circunstancia determinó como mejor opción de producción el producto concreteras. Se efectuó la combinación óptima de productos concreteras – elevadores, el cual señalo que se debe construir por cada seis (6) concreteras, un (1) elevador, lo que permite maximizar el beneficio.

Con todo ello en la Tabla 8, se evidencian los resultados obtenidos del costo directo según el algoritmo de Goldratt.

**Tabla 8:** Resultados según algoritmo de Goldratt (Costeo directo)

	Concretera	Elevador	
Cantidad	6	1	
Precio de Venta	\$ 3.780,00	\$ 4.200,00	
Costo Totalmente Variable	\$ 2.499,75	\$ 2.824,47	
<b>Costeo directo</b>	<b>Concretera</b>	<b>Elevador</b>	<b>Total</b>
Ingresos inmediatos	\$ 22.680,00	\$ 4.200,00	\$ 26.880,00
Costos de los insumos totalmente variables	\$14,998.50	\$ 2.824,47	\$17,822.97
Ganancia total	\$ 7.681,50	\$1,375.53	\$ 9.057,03
Gastos operativos fijos			\$ 2.651,86
<b>Utilidad operativa</b>			<b>\$ 6.405,17</b>

Fuente: Grupo de Investigación

Del conjunto de datos obtenidos se logró realizar la PL haciendo uso de la función objetivo:

$$Z_{Max} = 1280,3 (x) + 1375,50(y)$$

Siendo:

x = cantidad de concreteras

y = cantidad de elevadores

En la Tabla 9, se evidencian las ecuaciones que representan las restricciones utilizadas para la regresión lineal.

**Tabla 9:** Programación lineal (PL) situación inicial

Procesos	Concreteras	Elevadores		Requerimiento	Restricciones
A (Trazado -Corte) Estructura	2610	1740	=	17400	≤ 22080
B Mecanizado Componentes	2760	5520	=	22080	≤ 22080
C Soldadura	2550	850	=	16150	≤ 22080
D Ensamble y Acabado	2640	880	=	16720	≤ 22080
Concretera	1	0	=	6	≤ 6
Elevador	0	1	=	1	≤ 3

Fuente: Grupo de Investigación

En la Tabla 10, se muestra similitud con el método Goldratt, el mismo que encuentra la misma relación de producción que maximiza los beneficios, por lo que la PL estableció un margen de contribución igual al proceso del Mundo del valor

**Tabla 10:** Utilidad operacional en la cantidad óptima de concreteras y elevadores

Productos	Concretera	Elevador	
Cantidad	6	1	
Precio de Venta (\$)	3780,00	4200,00	
Costo Totalmente Variable (\$)	2499,75	2824,47	
<b>Costeo directo</b>			
			<b>Total</b>
Ingresos inmediatos	22680	4200	26880,00
Costos de los insumos totalmente variable (\$)	14998,5	2824,5	17822,97
Ganancia total (\$)	7681,5	1375,53	9057,03
Gastos operativos fijos (\$)			2651,86
<b>Utilidad Operacional(\$)</b>			<b>6405,17</b>

Fuente: Grupo de Investigación

La utilidad operacional de la producción de la cantidad optima de cada producto, multiplicada por el precio de venta se obtuvo el ingreso por ventas, restado los costos variables y fijos ascendió a \$ 6405,17 para 6 concreteras y un elevador.

La Tabla 11, indica el resultado de cada uno de los parámetros después de balancear la línea por producto de fabricación como eficiencia por hora, la concretera tiene un 100% de eficiencia mayor al del elevador, un rendimiento que superó en el 39,22% del elevador y una productividad mayor en un 24,82% con respecto a elevador, por lo que se reitera la función que maximiza las utilidades se encuentran en relación 6 a 1, es decir por la producción de cada 6 concreteras fabricar un elevador.

**Tabla 11: Balance en línea**

<b>Concreteira</b>		
Rendimiento / Hora	= 0,0434783	Unidades
Tiempo	= 138,00	Horas
Trabajadores	= 8	Personas
Productividad	= 0,00543	Unidades
Eficiencia	= 95,65%	Porciento
Horas/Hombre	= 1104,00	Dólares
<b>Costos Total</b>	= <b>14998,5</b>	<b>Dólares</b>
<b>Elevador</b>		
Rendimiento / Hora	= 0,021739	Unidades
Tiempo	= 92,00	Horas
Trabajadores	= 5	Personas
Productividad	= 0,00435	Unidades
Eficiencia	= 56,43%	Porciento
Horas/Hombre	= 460,00	Dólares
Costos Total	= 5648,94	Dólares
Total Horas/hombre	= 1564,00	Horas
<b>Costo Total</b>	= <b>20647,44</b>	<b>Dólares</b>

Fuente: Grupo de Investigación

## 2. Propuesta de mejora para minimizar los costos y aumentar su capacidad de producción.

Para seguir con la metodología propuesta por el método Goldratt, es necesario elevar la capacidad de las restricciones. En atención a lo anterior se procedió a elevar la restricción en el proceso de mecanizado de materiales, en el cual se detectó que requiere mayores recursos para su funcionamiento debido al término de su vida útil, a más de ocasionar pérdidas de tiempo en la producción, defectos y desperdicio de material, por lo que fue imprescindible el reemplazo de la máquina con la finalidad de aumentar la capacidad del sistema; por tanto la propuesta valoró la implementación de un nuevo torno a fin de generar mayores ganancias para afrontar la inversión.

El esquema de Goldratt, tomado como referencia facilitó visualizar una distribución correcta de las estaciones de trabajo para la elaboración de los productos en estudio: concreteira (500kg) y elevador (67,50 kg), para considerar eliminar la restricción existente, para ello se procedió a estructurar un layout óptimo que sintetizó los recorridos del material en las diferentes estaciones de trabajo. El layout obtenido bajo estas condiciones facilitó realizar una simulación de tiempos de las actividades consideradas en el proceso para la fabricación de las piezas y componentes mecánicas que constituyeron los productos elaborados por la empresa, tomando en cuenta que la principal restricción fue evitar el reproceso por defectos, el cual trajo una consiguiente pérdida de tiempo. La simulación proporcionó un resultado inmediato identificando el recurso que presentó la restricción. El caso el recurso restrictivo

fue el mecanizado, y se contempló como solución el remplazo de la máquina (Torno), el mismo que ya se encontraba en el fin de su vida útil, alargando el tiempo de fabricación y constituyéndose en el cuello de botella en la producción de la maquinaria para construcción.

La Tabla 12, refleja los nuevos tiempos con la inserción de un nuevo torno al proceso productivo, una reducción de 552 minutos en la concretera y 1104 minutos en el elevador, que lógicamente, tendrá su efecto en el costo unitario de producción para los dos productos, en estudio.

**Tabla 12:** Datos de entrada (Propuesta)

Recurso	Tiempo			
	Concretera		Elevador	
A (Trazado -Corte) Estructura	2610	min	1740	min
B Mecanizado Componentes	2208	min	4416	min
C Soldadura	2550	min	850	min
D Ensamble y Acabado	2640	min	880	min
<b>Tiempo de ciclo</b>	<b>10008</b>	<b>min / und.</b>	<b>7886</b>	<b>min / und.</b>

Fuente: Grupo de Investigación

La inserción de un nuevo torno al proceso productivo, permitió establecer nuevos costos en cada uno de los procesos, y con eliminación de la restricción en el proceso de mecanizado de piezas se evidencia un ahorro de 552 minutos en la fabricación de concretera y 1.044 minutos en la fabricación del elevador, además de ello, se redujo un 20% de desperdicios en los ejes de transmisión que requería el tono producto de la obsolescencia. Las mejoras realizadas permitieron reducir los costos variables en la concretera el 2.8% y el costo variable del elevador el 10%. Se incrementó el valor de los costos fijos, éste incremento corresponde al valor de la depreciación del torno que se adquiriría cuya depreciación mensual asciende a \$225,00 dólares puesto que su valor de compra es de \$27.000 dólares, influyendo levemente en el incremento al valor de los costos fijos inicialmente cuantificados.

La Tabla 13, presenta el cálculo del margen de contribución tomado de la diferencia del total del precio de venta menos los costos variables y divididos para el tiempo del recurso restrictivo en la producción, del cálculo efectuado se tuvo que la contribución del recurso restrictivo es \$0,61 y \$ 0,36 centavos de dólar por minuto para la concretera y elevador respectivamente.

**Tabla 13:** Contribución / recurso restrictivo.

	Concretera	Elevador
Precio de venta	\$ 3.780,00	\$ 4.200,00
Costo unitario variable	\$ 2.428,76	\$ 2.612,87
Margen de contribución	\$ 1.351,24	\$ 1.587,13
Tiempo de la restricción	2,208.00	4,416.00
<b>Contribución / recurso restrictivo</b>	<b>\$ 0,61 / min</b>	<b>\$ 0,36 / min</b>

Fuente: Grupo de Investigación

La Tabla 14, establece los tiempos de cada proceso al realizar seis (6) unidades de concretas y tres (3) unidades de elevadores, a un tiempo disponible de 23.174,40 minutos, se estableció el nivel de uso de cada uno de los procesos, en el mecanizado de componentes aun elevando la restricción, se obtuvo una reducción del tiempo en un 35,67%. Los demás procesos se encontraron en menores niveles. La subordinación del recurso restrictivo mostro claramente el recurso que limita la producción, el mismo que se identificó al recurso B (Mecanizado Componentes) por su alto nivel de uso correspondiente al valor 114,33%.

**Tabla 14:** Subordinación del recurso restrictivo.

Recursos	Concretera 6 und	Elevador 3 und	T requerido (min.)	Tt Disponible (min.)	Nivel de uso
A (Trazado -Corte) Estructura	15660.00	5220.00	20880.00	23174.40	90,10%
B Mecanizado Componentes	13248.00	13248.00	26496.00	23174.40	114,33%
C Soldadura	15300.00	2550.00	17850.00	23174.40	77,02%
D Ensamble y Acabado	15840.00	2640.00	18480.00	23174.40	79,74%

Fuente: Grupo de Investigación

Posterior a la subordinación del recurso restrictivo, se procedió a calcular la ganancia unitaria correspondiente al recurso restrictivo. Ganancia/und. del recurso B restrictivo superior al 100%, se estableció que no es posible efectuar de manera íntegra al requerimiento del mercado. Al identificar el margen de contribución del recurso restrictivo, se evidencia que el de mayor la contribución corresponde al recurso B que representó la concretera con \$0,61 por minuto, respecto a \$0,36 por minuto del elevador.

Seguidamente, con el método del costo directo, tomado de la metodología de Goldratt, se determinó la Utilidad operativa, que ascendió a \$8.798.20 dólares por la producción en línea de 6.00 concretas y 2.25 elevadores, esto indica 2 elevadores terminados y el 25% en avance de manufactura de otro elevador.

Con todo ello se recurrió a la PL para evaluar la propuesta, aplicando la PL con el programa de complemento de análisis de Microsoft Excel, y maximizando la función objetivo, se encontró con un resultado igual, donde XC representó la cantidad óptima de concretas y XE que corresponde a la cantidad de elevadores. Como se presenta en la Tabla 15.

**Tabla 15:** Datos de entrada propuesta (Programación lineal - PL)

Procesos	Requerimiento			Restricciones		
	Concretera	Elevador				
A (Trazado -Corte) Estruct	2610	1740	=	19571	≤	23174.4
B Mecanizado Componente	2208	4416	=	23174	≤	23174.4
C Soldadura Estr - Comp	2550	850	=	17211	≤	23174.4
D Ensamble y Acabado	2640	880	=	17818	≤	23174.4
Concretera	1	0	=	6	≤	6
Elevador	0	1	=	2.25	≤	3
Cantidad de Productos	6	2,478				

**Función Objetivo**

$$Z \text{ Máx} = 1280,25 \quad 6 + 1375,5 \quad 2,25 = 10773,45$$

Fuente: Grupo de Investigación

La Tabla 16, muestra el cálculo el valor de la utilidad operacional basado en el valor de costo directo, calculado mediante los resultados de la PL mediante Solver-Excel, maximizando así la función objetivo cuyo resultado fue calculado a un valor de \$8798,20 dólares.

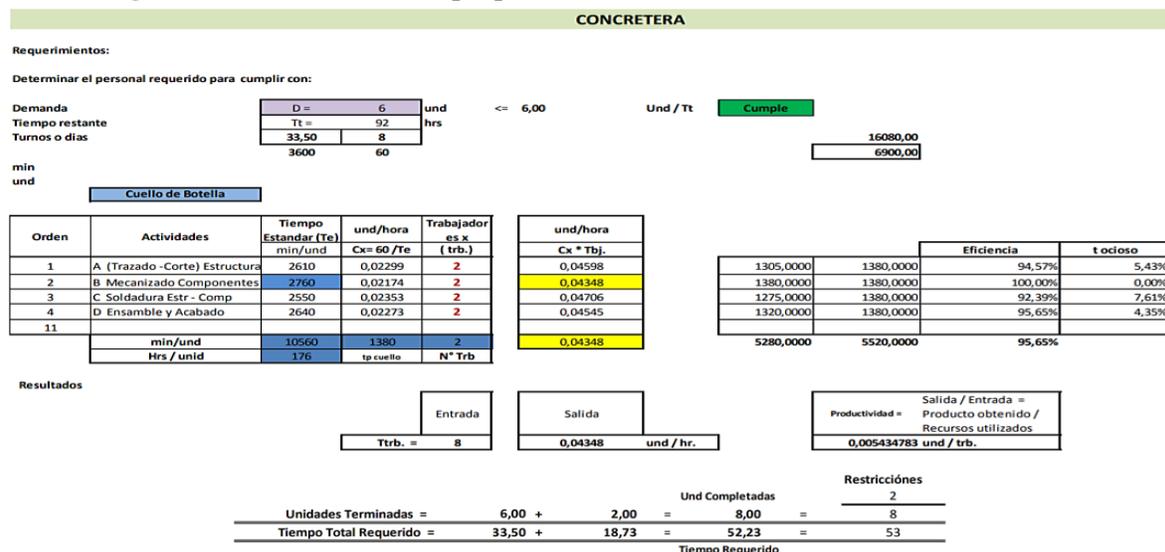
Tabla 16: Utilidad operativa propuesta

Resultados según El mundo del valor (Costeo Directo)			
	Concretera	Elevador	
Cantidad	6	2.25	
Precio de Venta	\$3,780.00	\$4,200.00	
Costo Totalmente Variable	\$2,428.76	\$2,612.87	
<b>Costeo directo</b>			
	Concretera	Elevador	Total
Ingresos inmediatos	\$22,680.00	\$9,440.87	\$32,120.87
Costos de los insumos totalmente va	\$14,572.53	\$5,873.28	\$20,445.81
Margen de contribución	\$8,107.47	\$3,567.59	\$11,675.06
Costos operativos fijos			\$2,876.86
<b>Utilidad Operativa</b>			<b>\$8,798.20</b>

Fuente: Grupo de Investigación

En la Figura 2 y 3, se presenta el balance de línea, donde se tomó como base los tiempos estándar de los productos examinados. El balanceo de líneas de concretas y elevadores, consistió en la agrupación secuenciales de las actividades de trabajo en los centros de trabajo, esto permitió maximizar el aprovechamiento del recurso humano disponible, con la finalidad de reducir o eliminar el tiempo ocioso.

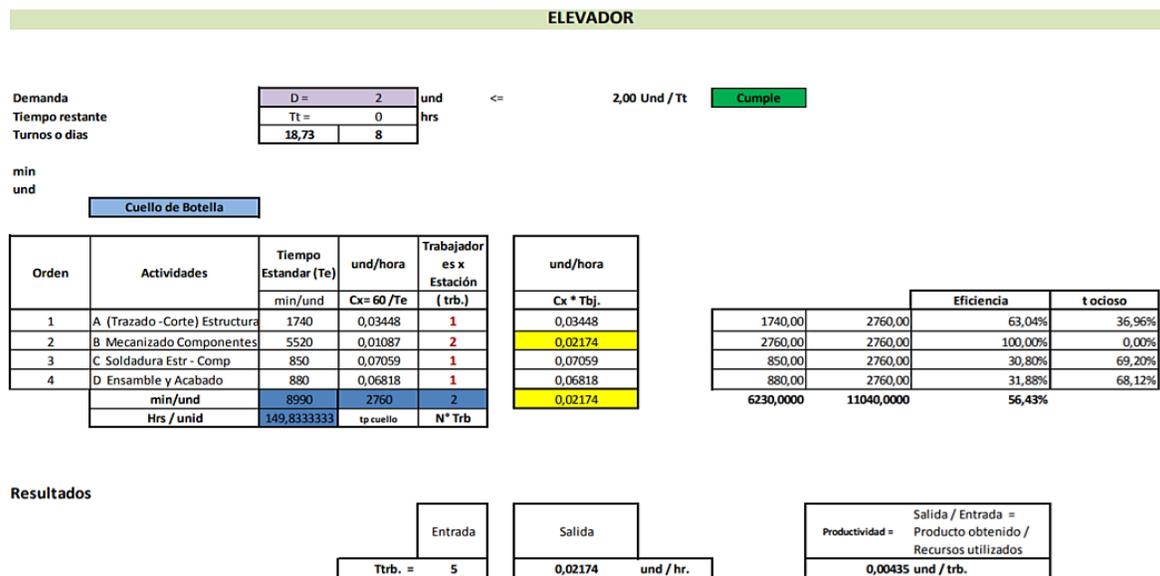
Figura 2: Balance de línea propuesta CONCRETERA (Asistido con Excel)



Fuente: Grupo de Investigación

Los productos examinados incurren en procesos repetitivos y en ambos casos la línea tuvo que ser balanceada en base a la demanda ya establecida que son: 6 concreteras y 2,25 elevadores, el mismo que procura con un mínimo de tiempo ocioso, para el caso de las concreteras en el recurso de corte y mecanizado de piezas se obtuvo un tiempo ocioso del 5.48%, en soldado el 7,61% y en ensamble el 4,13%, con la ventaja de la gran utilización del personal que se calculó 2 por estación de trabajo. En el elevador se tuvo en el corte y mecanizado un tiempo improductivo de 36,96% en el soldado 68,20% y 68,12% en el ensamble, por lo que se le asignó uno (1) por estación de trabajo, a excepción del recurso B mecanizado de componentes que no asumió tiempo ocioso.

Figura 3: Balance de línea propuesta elevador (Asistido con Excel)



Fuente: Grupo de Investigación

Se elaboró una prueba estadística t-Student que permitió validar o rechazar cada una de las siguientes hipótesis:

- $H_0$ : Con la aplicación de la TOC en la empresa MIVIRN, no hay reducción en los costos de producción en la fabricación de maquinaria para la construcción.
- $H_1$  = Con la aplicación de la TOC en la empresa MIVIRN, hay reducción en los costos de producción en la fabricación de maquinaria para la construcción.

Se obtuvo los resultados expuestos en la Tabla 14.

$x_1$  = costos de producción iniciales

$x_2$  = costos de producción con la propuesta

$H_0$ :  $x_1 \leq x_2$

$H_1$ :  $x_1 > x_2$

**Tabla 14:** Prueba de muestras independientes T-Student

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig.(bilateral)	Diferencia de medias	Error tip.de la diferencia	95 Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
VAR00002	Se han asumido varianzas Iguales	1,615E+17	0.0	1.02	2	,414	355.30	346.97	•1137,57	1848.172
	No se han asumido varianzas Iguales			1.02	1.52	,441	355.30	346.97	•1689,63	2400.230

Fuente: Grupo de Investigación

La prueba estadística t-Student arrojó un nivel de significancia de:  $0,000 < 0,05$ : por tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aprobó la hipótesis de investigación, que indica que con la aplicación de la TOC en la empresa MIVIRN, hay reducción en los costos de producción en la fabricación de maquinaria para la construcción, puesto que se evidenció la existencia de diferencias significativas en los costos iniciales y los costos después de eliminar la restricción del sistema de producción.

## Discusión

En esta investigación donde se aplicó la TOC y su influencia en los costos de producción de concreteras y elevadores, se comprobó mediante la prueba estadística t-Student (p-valor de 0,00 con un nivel de significancia de:  $0,000 < 0,05$ ), el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de los hipótesis alternativa, concluyéndose que los costos iniciales disminuyeron después de eliminar la restricción del sistema de producción determinado en el proceso de mecanizado de materiales debido a que se invirtió mayor tiempo de trabajo y recursos, el mismo que por tratarse de maquinaria obsoleta y de inadecuada posición en la planta produce demoras y problemas de calidad en la mecanización por cuanto se hace necesario el reproceso de partes y piezas. Estos resultados son corroborados por Juiña, Cabrera, & Reina (2017), que indican que la TOC es una herramienta para evaluar inicialmente las oportunidades de mejora e implementarlas. Así mismo Jablonsky & Skocdopolova (2017), comentan que la optimización del proceso de producción es una tarea importante que debe resolverse en la planificación estratégica y/u operativa de cada empresa industrial. En tal sentido y bajo lo referido anteriormente al analizar los resultados es de vital importancia realizar una división del proceso global en subprocesos para poder medirlos, analizarlos y cuantificarlos, determinando así, cuál de ellos posee la o las restricciones del sistema de producción.

Al evaluar la proyección de la demanda, se pudo determinar la ecuación  $y = 0,7328\ln(x) + 4,1678$  calculada por bimestre a través del método de percentiles, la misma que fue base para la programación de la producción enfocada a reducir los costos de manufactura. Ardila, et

al., (2020) en su investigación sobre programación de la producción evidencia que la no proyección de la demanda, genera reprocesos o retardos en la programación de la producción e incumplimiento en las fechas de entrega a los clientes. Por otro lado, Chi, Wang & Hagedorn (2019) mencionan que el inconveniente en los procesos de adquisición de insumos, esta dada por el desconocimiento del tiempo de anticipación y entrega de las órdenes solicitadas a los proveedores. En tal virtud, la proyección de la demanda representa un pilar de gran importancia para la planificación tanto operativa y presupuestaria en las organizaciones manufactureras, puesto que gracias a esta herramienta se puede determinar los recursos necesarios para atender satisfactoriamente al segmento de clientes lo que conlleva a la productividad empresarial.

La técnica del cronometrado sirvió para el cálculo de los tiempos estándar, utilizando el tiempo normal y el porcentaje de tiempo suplementario dispuesto por la Organización Mundial del Trabajo (OIT), los mayores porcentajes de suplementos se encontró en el mecanizado de materiales, dado que ocupaban la misma estación de trabajo los dos productos y soldadura, esto se causó por el esfuerzo físico y mental y la irradiación de calor, así como a las erogaciones de limaduras de metales. Se evaluó que el tiempo estándar de la fabricación de la concretera fue de 10.560 minutos y el elevador con 8.990 minutos, información, antes de identificada la restricción del sistema de producción, eliminada la restricción y simulando los datos se redujo del sistema 1.656 minutos de producción en mecanizado de materiales y soldadura, esto admitió aumentar la manufactura en un 125% en elevadores cada bimestre, disminuyendo significativamente los costos en un total de \$ 902,11 dólares mensuales e incrementando una utilidad en \$2.393,03 dólares mensuales. Tejada, Gisbert, & Pérez (2017) explican que el propósito de medir el tiempo estándar, radica en determinar la forma cómo se realizó una operación individual o un grupo de operaciones dentro del lugar de trabajo. Estos datos proporcionan a la administración la información clave que evaluó la eficiencia del recurso humano y la maquinaria que intervino en la manufactura. Por tanto, la medición del tiempo proporciona un indicador clave en la producción en relación directa de la eficiencia del talento humano, eficiencia en la maquinaria, métodos de trabajo y distribución en planta.

Al evaluar el costo de la concretera y el elevador se aplicó el costeo por procesos e identificó cada uno los elementos del costo donde se llegó a determinar el costo unitario total de la concretera de \$2.831,23 dólares y del elevador de \$3.487,44 dólares, siendo que al costo de la concretera con el 11,5% antes de eliminada la restricción del proceso, eliminado la restricción del proceso el costo de la concretera \$2.702,06 dólares y del elevador 3.160,15 dólares, por lo que se redujo en la concretera 4,56% y elevador el 9,38%. Al simular la propuesta, se obtuvo la función objetivo, donde se incrementó los recursos para producir 1 elevador a un 25% de avance en la construcción, por la eliminación del 25% de tiempo ocioso. Para Arellano, et al., (2017); Rodríguez (2018) el costeo basado en actividades (ABC) permite identificar el subproceso más costoso en el tiempo de manufactura

horas/hombre, base para el cambio de método de trabajo de mayor eficiencia y menor costo. Bajo este contexto, es evidente que se evalúa la optimización de los recursos que intervienen en la producción en base a la cantidad de recursos económicos que representan cada uno en la fabricación de los productos.

Es importante señalar que la herramienta que se utilizó para los cálculos pertinentes al balance de línea en búsqueda de automatizar el proceso de cálculo, fue el popular software “Microsoft Excel” mismo que facilitó la tarea de crear una interfaz de usuario, amigable e intuitiva en conjunto con el uso de su herramienta “Solver”. Los resultados obtenidos permitieron obtener una herramienta capaz de adaptarse a futuros cambios de la empresa MIVIRN. Usca-Veloz, et al., (2019) mencionan las ventajas de la creación de aplicaciones de software para estos fines que suelen abarcar el proceso completo, dado que permite hallar la mejor solución a un problema, modificando sus valores e incluyendo condiciones o restricciones. Por otro lado García-Jacobo & Romero-Guerrero (2020) comentan que las técnicas informáticas permiten crear modelos dinámicos, que posteriormente servirán para analizar el comportamiento de ese modelo en diferentes circunstancias, analizando los posibles cambios y sus consecuencias, de tal manera que permite comprobar las hipótesis antes de implementarlas en la realidad.

### **Conclusiones.**

- La aplicación de la teoría de restricciones (TOC) probó ser una metodología con la capacidad de identificar adecuadamente los procesos restrictivos de una cadena de producción, resultando ser una herramienta eficaz para determinar la combinación óptima de recursos que conlleven a una reducción de costos y aumento de la capacidad de producción de una empresa manufacturera.
- En la proyección de la demanda se concluyó que el método que se ajustó para determinar apropiadamente la demanda futura fue el método percentil, dado que el mismo incluyó un análisis horizontal y vertical de las variables tiempo (bimestres) y cantidad de unidades.
- En el caso de la investigación el takt time en comparación con el tiempo estándar permitió evaluar la capacidad de la empresa para cumplir con el pronóstico de la demanda, por lo tanto, se puede asegurar que el takt time es una herramienta significativa para el planteamiento del ritmo de producción necesario para cumplir con las cantidades mínimas requeridas por la demanda y permitió a la empresa medir su capacidad de ajuste a la misma.
- Los resultados de los costos de producción fueron fundamentales para validar la metodología de optimización y mejora productiva de la empresa, probando que existe una estrecha relación entre la eliminación de procesos restrictivos con disminución de los costos de producción, que para el caso la eliminación del mecanizado como proceso restrictivo se tradujo en la concretera 4,56% y elevador el 9,38%.Asi como la

clasificación de los costos en fijos y variables, para determinar que el “el Mundo del valor” determinado por Goldratt puede determinar la utilidad operativa en el lapso del bimestre.

- La metodología de Goldratt apoyada por el balance de línea estableció una herramienta de mejora continua significativa en la producción, mediante la simulación de los datos y entrega de resultados en tiempo real, base primordial en la toma de decisiones gerenciales a corto, mediano y el largo plazo.
- Microsoft Excel demostró ser un software de programación amigable y flexible en cálculos de balance de línea, con capacidad de generar una simulación en tiempo real de los diferentes escenarios para la toma de decisiones.

### Referencias bibliográficas.

- Ardila, B. N., Gonzales, C. O., Mantilla, N. M., Silva, R. M., & Suárez, C. L. (2020). Planeación de la producción de la empresa Panadería Curití Centro. *EIEI*, 15(20), 1-10.
- Arellano, O., Quishpe, G., Ayaviri, N., & Escobar, F. (mar de 2017). Estudio de la Aplicacion de Método de Costos ABC en las Myoes del Ecuador. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(1), 33 - 46. doi:http://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.253
- Arriola, O. B., Picchi, F. A., & Granja, A. D. (2016). Directrices iniciales para la adopción del costeo kaizen en la construcción civil. *Proceedings of the VII Elagec*, 17, 1-11.
- Chi, G., Wang, D., & Hagedorn, A. D. (2019). Future interstate highway system demands: Predictions based on population projections. *Case Studies on Transport Policy*, 7(2), 384-394. doi:https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.03.001
- Chung, W., Talluri, S., & Kovács, G. (2018). Investigating the effects of lead-time uncertainties and safety stocks on logistical performance in a border-crossing JIT supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 118, 440-450. doi:https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.03.018
- García-Jacobo, S., & Romero-Guerrero, J. A. (2020). Diseño de un modelo de simulación, utilizando un software de eventos discretos, en una línea de producción de tejido industrial. *RIIT. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 8(44), 1-19.
- Goldratt, E. M. (1997). *Cadena crítica*. North River Press: Great Barrington.
- Jablonsky, J., & Skocdoplova, V. (2017). Análisis y Optimización del Proceso de Producción en una Empresa Procesadora de Leche. *Información Tecnológica*, 28(4), 39-46. doi: 10.4067/S0718-07642017000400006
- Juiña, L., Cabrera, V., & Reyna, S. (2017). Aplicación de la teoría de restricciones en la implementación de un Sistema de Manufactura CAD-CAM en la industria Metalmecánica-Plástica. *Enfoque UTE*, 8(3), 56 -71.

- Lowalekar, H., & Ravi, R. (2017). Revolutionizing blood bank inventory management using the TOC thinking process: An Indian case study. *International Journal of Production Economics*, 186, 89-122. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.02.003>
- Muyulema-Allaica, C. A., Muyulema-Allaica, J. C., Pucha-Medina, P. M., & Ocaña-Parra, S. V. (2020). Los costos de producción y su incidencia en la rentabilidad de una empresa avícola integrada del Ecuador: caso de estudio. *Visionario Digital*, 4(1), 43-66. doi:<https://doi.org/10.33262/visionariodigital.v4i1.1089>
- Okutmuş, E., Kahveci, A., & Kartaşova, J. (2015). Using theory of constraints for reaching optimal product mix: An application in the furniture sector. *Jekaterina*, 19(2), 138-149. doi:<https://doi.org/10.1016/j.intele.2016.02.005>
- Quezada, L. E., Reinao, E. A., Palominos, P. I., & Oddershede, A. M. (2019). Measuring Performance Using SWOT Analysis and Balanced Scorecard. *Procedia Manufacturing*, 39, 786-793. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.430>
- Rodríguez, A. A. (2018). El costeo basado en actividades: una tendencia actual. *Cofín Habana*, 12(2), 204-21.
- Tejada, D. N., Gisbert, S. V., & Perez, A. I. (2017). Metodología de estudio de tiempo y movimiento: Introducción al GSD. *3C Empresa (Edición Especial)*, 39 –49. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.39-49>
- Usca-Veloz, R. B., Muyulema-Allaica, J. C., Espinosa-Ruiz, C. G., Sánchez-Macías, R. A., Velasteguí-Bósquez, G. A., & Caspi-Pilamunga, W. M. (2019). La interconexión digital de objetos habituales con internet y sus aplicaciones para la empresa y la Industria 4.0: Review. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica – RIIT*, 7(41), 1-19.
- Yépez-Moreira, R. I., Muyulema-Allaica, J. C., Ormaza-Morejón, F. M., & Sánchez-Macías, R. A. (2019). Instrumento de diagnóstico para el análisis y mejora de las operaciones de confección. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica – RIIT*, 7(39), 1-24.
- Zhu, L., Zhang, C. Z., Zhang, Z., Zhou, X., Liu, W., & Zhu, B. (2020). A new and reliable dual model- and data-driven TOC prediction concept: A TOC logging evaluation method using multiple overlapping methods integrated with semi-supervised deep learning. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 188, e106944. doi:<https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.106944>

**PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.**

Guananga Díaz, F. R., Muyulema Allaica, J. C., Rodríguez Sevilla, D. I., & Guananga Rodríguez, B. G. (2020). La teoría de restricciones (TOC) y su incidencia en los costos de producción. Caso empresa MIVIRN de Riobamba-Ecuador. *ConcienciaDigital*, 3(3.1), 285-306. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1.1395>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

