

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Eduardo Sanches de Andrade

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de produção 2 / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-570-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.706211910>

1. Engenharia de produção. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de (Organizador). II. Título.

CDD 670

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A obra “Desafios da Engenharia: Engenharia de Produção 2” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 18 capítulos, estudos sobre diversos aspectos que mostram como a Engenharia de Produção pode atender as novas demandas de um mundo globalizado e competitivo.

A evolução da sociedade e da tecnologia no mundo atual impõe novos desafios, tornando urgente a busca de soluções adequadas a esse novo ambiente. O desenvolvimento econômico das cidades e a qualidade de vida das pessoas dependem da eficiência e eficácia dos processos produtivos, objeto dos estudos realizados na Engenharia de Produção.

No contexto brasileiro, num período pós pandemia, a crise econômica se agrava e é necessário procurar novos caminhos para alavancar o crescimento econômico. Assim a Engenharia de Produção pode ser um elemento importante para enfrentar esses novos desafios.

Os trabalhos compilados nessa obra abrangem diferentes perspectivas da Engenharia de Produção.

A gestão de processos e a gestão financeira são abordadas. Diversos outros temas, em português, espanhol e inglês são também abordados, como os impactos ambientais e epidemiológicos do processo produtivo.

Agradecemos aos autores dos diversos capítulos apresentados e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APLICAÇÃO DE UM MODELO DE GESTÃO FINANCEIRA EM UMA ORGANIZAÇÃO DO TERCEIRO SETOR

Antonielli Silva Alencar
Stella Jacyszyn Bachega
Dalton Matsuo Tavares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119101>

CAPÍTULO 2..... 13

GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA AMBEV-CERVEJARIA ÁGUAS CLARAS

Everton Oliveira Santos
Antônio Vieira Matos Neto
Laís Gomes Barbosa da Silva
Marcos Antonio Passos Chagas
Bento Francisco dos Santos Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119102>

CAPÍTULO 3..... 27

ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E EPIDEMIOLÓGICOS A PARTIR DO DESCARTE INADEQUADO DE PNEUS EM ÁREAS NÃO CONTROLADAS

Denise Dantas Muniz
Renata Dantas Muniz de Queiroz
Emerson Nóbrega de Medeiros
Letícia Dantas Muniz Alves
Paulo Roberto Ribeiro Marques
Eduardo Braga Costa Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119103>

CAPÍTULO 4..... 39

ANÁLISE DAS ABORDAGENS DAS EMISSÕES DE CO₂ NO SERVIÇO DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS POR METRÔS

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119104>

CAPÍTULO 5..... 53

ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES EN UN CONCENTRADOR SOLAR PTC USANDO ACEITE TÉRMICO SYL THERM 800 COMO FLUIDO DE TRABAJO

Ernesto Enciso Contreras
Jesús de la Cruz Alejo
Juan Gabriel Barbosa Saldaña
María Belem Arce Vázquez
Irving Cardel Alcocer Guillermo
Sergio Maldonado Mercado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119105>

CAPÍTULO 6	63
ASSIGNMENT MODEL FOR THE PERUVIAN FILM INDUSTRY	
Mario Edison Ninaquispe Soto	
Gianni Michael Zelada García	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119106	
CAPÍTULO 7	71
DEVELOPMENT OF THE TOOL “APERMET” FOR COMPLEMENTING THE ANALYSIS OF STEEL STRUCTURES IN TEACHING	
Jesús Montero Martínez	
Santiago Laserna Arcas	
Jorge Cervera Gascó	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119107	
CAPÍTULO 8	86
DISPENSO DE RAÇÃO EM PÓ DE PEIXES POR PROTÓTIPO DE ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
Rafael Itamar da Silva	
Harthur Guzzi Madalosso	
Carlos Eduardo Zacarkim	
Luciano Caetano de Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119108	
CAPÍTULO 9	96
ESCOAMENTO DE RAÇÃO POR UM DOSADOR AUTOMÁTICO UTILIZANDO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP)	
Rafael Itamar da Silva	
Dircelei Sponchiado	
Maurício Guy de Andrade	
Luciano Caetano de Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119109	
CAPÍTULO 10	107
MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA PyME CON HERRAMIENTAS DE TEORÍA DE RESTRICCIONES	
Jorge Tomás Gutiérrez Villegas	
María Leticia Silva Ríos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191010	
CAPÍTULO 11	117
METODOLOGÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA MATRIZ DE INSUMO-PRODUCTO DE MÉXICO 2014. (MIPM_2014)	
Santiago Marquina Benítez	
Octaviano Juárez Romero	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191011	

CAPÍTULO 12.....	138
OS IMPACTOS DA IMPRESSÃO 3D NA FABRICAÇÃO DE MOLDES PARA INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS	
Marco Aurélio Feriotti	
Davi de Medeiros Marcelino	
José Martino Neto	
Jorge Luiz Rosa	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191012	
CAPÍTULO 13.....	152
PROPOSAL FOR A REPLACEABLE HIGH PRECISION SERUM PERFUSION SYSTEM	
Eliel Eduardo Montijo-Valenzuela	
Elvis Osiel Covarrubias-Burgos	
Darío Soto-Patrón	
Esthela Fernanda Torres-Amavizca	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191013	
CAPÍTULO 14.....	162
UMA PROPOSTA DE MAPEAMENTO DE ESTOQUES: OS DESAFIOS DA GESTÃO DE ESTOQUES EM UMA LOJA DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	
Tainnah Penha Lopes	
Luciano Saad Peixoto	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191014	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	178
ÍNDICE REMISSIVO.....	179

MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA PyME CON HERRAMIENTAS DE TEORÍA DE RESTRICCIONES

Data de aceite: 01/10/2021

Jorge Tomás Gutiérrez Villegas

Catedrático de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México campus Parral Hidalgo del Parral, Chihuahua.
<https://orcid.org/0000-0003-2902-6020>

María Leticia Silva Ríos

Catedrática de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México campus Parral Hidalgo del Parral, Chihuahua
<https://orcid.org/0000-0002-4989-0185>

RESUMEN: Las organizaciones con fines de lucro han sido creadas con el propósito de ganar dinero en el presente y el futuro. La buena administración y un planteamiento de objetivos claros en la producción de bienes son trascendentales en la buena rentabilidad y productividad de las empresas. Las decisiones de mezcla de productos son muy importantes para las organizaciones ya que de ellas dependen los niveles de producción y en consecuencia las utilidades. Este artículo presenta una propuesta metodológica de conceptos de teoría de restricciones para encontrar la mezcla de productos y asignación, que logre maximizar las utilidades y eficiencia en la empresa. Se contrastó el enfoque tradicional de máxima contribución del producto con el de teoría de restricciones que señala la explotación de las limitaciones en función de la máxima contribución en el recurso limitado, llegando a resultados en la PyME que

lograron incrementos de 41.98% en el nivel de utilidades de la empresa y 13.5% en la eficiencia de las operaciones, haciendo a la empresa más rentable y competitiva, todo ello con la aplicación de la metodología y los cinco principios de teoría de restricciones.

PALABRAS CLAVE. Teoría de restricciones, mezcla de productos, limitaciones, recursos con capacidad restringida, cuello de botella

IMPROVEMENT OF THE PRODUCTIVE PROCESS IN A PyME WITH THEORY OF CONSTRAINTS TOOLS

ABSTRACT: For-profit organizations are created for the purpose of making money now and in the future. Good administration and an approach to clear objectives in the production of goods are transcendental in the good profitability and productivity of companies. Product mix decisions are very important for organizations since production levels and consequently profits depend on them. This article presents a methodological proposal of concepts of theory of restrictions to find the mix of products and allocation, which can maximize profits and efficiency in the company. The traditional approach of maximum contribution of the product was contrasted with that of the theory of restrictions that indicates the exploitation of the limitations based on the maximum contribution in the limited resource, reaching results in SMEs that achieved increases of 41.98% in the level of profits of the company and 13.5% in the efficiency of operations, making the company more profitable and competitive, all with the application of the methodology and the five principles of the theory of restrictions.

KEYWORDS: Theory of Constraints, Product Mix, Limitations, Restricted Capacity Resources, Bottleneck.

1 | INTRODUCCION

En los tiempos actuales se exige que las empresas sean altamente competitivas. El diseño y la implementación de los procesos productivos requieren y exigen una solución que plantee fabricar los productos que más satisfagan al mercado, con la máxima calidad y a un costo y tiempo de respuesta que sean los mínimos para lograr ser lo más competitivo posible. El desarrollo de las nuevas metodologías de la administración de operaciones en las últimas décadas del siglo pasado, se han constituido en una de las áreas más importantes del conocimiento y estudio de esta disciplina. Existen metodologías diversas (unas más populares y utilizadas que otras) que tienen como propósito mejorar los sistemas productivos y la calidad de los productos, entre otras se tiene: seis sigma, manufactura esbelta, teoría de restricciones, justo a tiempo, control total de la calidad, cero defectos.

Dichas estrategias buscan mejorar el desempeño en una gran diversidad de negocios y organizaciones utilizando procesos de mejora continua, esta es también conocida como “*Kaizen*” (mejora continua envolviendo a todos), que es el término japonés. La mejora continua debe ser una actividad a realizarse por periodos de tiempo indefinidos, en el lugar de trabajo y la participación de todos los miembros de la organización. En manufactura, *Kaizen* se relaciona con encontrar y eliminar desperdicios en la maquinaria, mano de obra o métodos de producción. (APICS, 2009).

Teoría de restricciones (TOC, *Theory of constraints*) es una estrategia, la cual permite solucionar problemas de organizaciones independientemente de su giro y tamaño, enfocando su solución en procesos de pensamiento lógicos de causa-efecto mediante la explotación de las restricciones o limitaciones del sistema. Cada sistema tiene al menos una restricción, definida como: “cualquier cosa que limita a un sistema para lograr un mayor desempeño con respecto a su meta” (Goldratt, 1992), si no existiera una restricción, entonces un sistema real como una organización con fines de lucro, podría obtener ganancias ilimitadas.

El doctor en física Eliyahu M. Goldratt es el autor de la teoría de restricciones, a principios de los 80's y en el 84 se dio a conocer estos conceptos mediante una novela llamada “La Meta”. Teoría de restricciones o teoría de las limitaciones, según lo indica Davis et al (2001) representa un método de planificación y control de la producción que intenta optimizar la programación por medio de la maximización en la utilización de los cuellos de botella en un proceso de producción. Cuatrecasas (2009) indica que TOC es una alternativa a la gestión tradicional en masa y a manufactura esbelta, no solamente porque supone un avance claro respecto a la gestión de la producción convencional sino porque, además, es conocida y utilizada de forma universal.

Teoría de restricciones es un método que incrementa las utilidades de la empresa respecto a los métodos tradicionales de costos ya que estos últimos buscan lograr eficiencias individuales altas en los procesos de producción, en contraparte TOC trata de obtener eficiencias globales altas olvidándose de las eficiencias individuales. Krajewski et al (2008) afirman que si crean cuellos de botella no se incrementarían las utilidades en todo el sistema, para aumentar las utilidades, las empresas deben estudiar el panorama general mejorando sus procesos para aumentar los flujos de trabajo de la empresa en su conjunto o reducir sus niveles de inventarios y personal. Se parte del principio de que la operación más lenta del proceso (puede ser o no cuello de botella, en función de que tenga capacidad suficiente) es quien marca el ritmo de producción del sistema independientemente de la capacidad real en los otros centros productivos. Afirman también que para aplicar teoría de restricciones se siguen una secuencia de pasos:

1. Identificar el (los) cuello(s) de botella
2. Explotar el (los) cuello(s) de botella
3. Subordinar las decisiones al paso anterior
4. Elevar el nivel productivo del (de los) cuello(s) de botella
5. Cuidar la inercia

2 | DESARROLLO

2.1 Antecedentes

Teoría de restricciones más que un método de planeación de manufactura, es un método que permite construir e implementar soluciones de sentido común a los problemas de las empresas que atañen a diversas áreas. Goldratt reconoce que toda organización con fines de lucro está hecha para un propósito “ganar más dinero tanto ahora como en el futuro” y toda acción tomada por una parte de la organización debe ser juzgada por su impacto en las utilidades (el propósito general), sin violar ciertas condiciones necesarias. Dos de estas condiciones son (Goldratt, 2007):

1. Proveer un ambiente de trabajo satisfactorio a los empleados tanto ahora como en el futuro.
2. Proveer satisfacción al mercado tanto ahora como en el futuro.

El objetivo del presente estudio fue realizar un diagnóstico de los procesos actuales en la empresa donde se realizó el proyecto que corresponde a una Pequeña y Mediana Empresa (PyME), que permitió detectar oportunidades de mejora y en consecuencia el planteamiento de una propuesta de solución a la oportunidad encontrada en el sistema analizado. El diagnóstico indica la situación actual de la empresa que sirve de base para decidir las estrategias a implementar en la resolución de las áreas de oportunidad de la empresa y llevarla a un estado de mejoramiento tanto en la rentabilidad como en la

eficiencia del sistema productivo.

2.2 Descripción del método

La empresa motivo del estudio es una PyME ubicada en el sur del estado de Chihuahua dedicada al ramo forestal. Igual que para cualquier empresa del sector forestal, esta empresa fabrica una variedad de productos que posiciona en el mercado nacional, de manera que los precios de los artículos se establecen en función de la oferta y la demanda que existe para sus productos. Como resultado de este esquema, la contribución de cada producto a la ganancia total de la empresa cambia de acuerdo a las fluctuaciones del mercado que nunca son menores a 12 metros lineales por día, para cada uno de sus cuatro tipos de molduras (P1, P2, P3, P4). Los cuatro productos son fabricados en 5 centros de trabajo, al ser la mano de obra constante en cada uno de ellos, el costo de la misma se comporta como un costo fijo (5 trabajadores, 2 turnos, \$200/trabajador), además existen gastos generales (\$1,500). Debido al cambio de demandas que se presentan con demasiada frecuencia y un mercado insatisfecho de los productos, hay un efecto marcado en las utilidades de la empresa. El diagrama de proceso para los cuatro productos se presenta en la Figura 1.

Debido a que la empresa es incapaz de satisfacer todo el mercado, la mezcla de productos a fabricar y por consecuencia a vender debe ser elegida con demasiado cuidado. Los datos recolectados de la información contable se muestran en la Tabla 1.

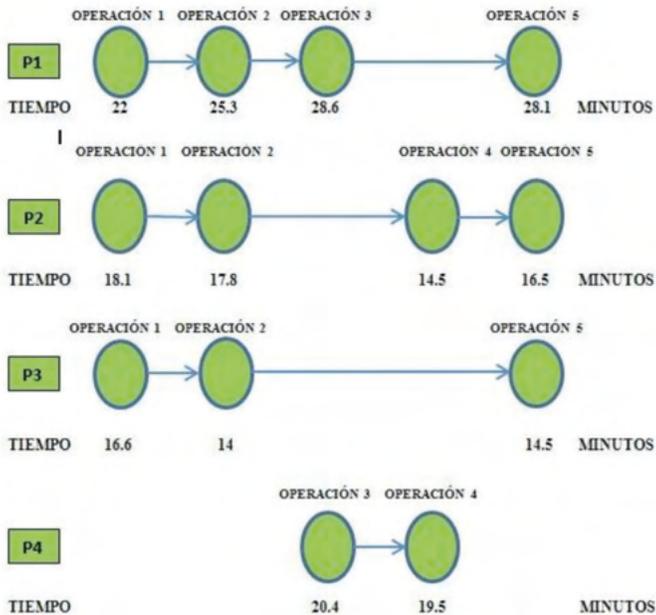


Figura 1. Diagrama de Proceso

Fuente: Elaboración propia

Producto	Precio de venta (\$/Metro lineal)	Costo de materia prima (\$/Metro lineal)	Margen de contribución (<i>Throughput</i>)	Orden de mayor contribución
P1	750	550	200	1
P2	585	390	195	2
P3	540	370	170	4
P4	490	300	190	3

Tabla 1. Información contable.

Fuente: Elaboración propia

La administración fabrica los productos con un enfoque tradicional (los márgenes de utilidad más altos o las mejores ventas unitarias). La relación indica que el producto con mayor contribución P1 es el que debe ser producido en la mayor cantidad, luego el P2, el P4 y finalmente el P3, esto hasta donde la capacidad de las operaciones lo permitan. Umble (2006) sugiere que los sistemas tradicionales contables sean sustituidos por otros que sean capaces de evaluar adecuadamente las causas y efecto de las acciones de gestión en los sistemas productivos y las utilidades de la empresa (ver Tabla 2), se destaca el término *Throughput* como la diferencia entre el precio de venta y el costo de materia prima, representando la velocidad a la que el sistema genera dinero a través de las ventas; el análisis de capacidades del sistema productivo realizado con el sistema tradicional con la mezcla seleccionada se muestra en la Tabla 3.

Producto	Throughput	Demanda	Utilidad por producto
P1	200	20.77	4,154.00
P2	195	12	2,340.00
P3	170	12	2,040.00
P4	190	17.93	3,406.70
Costo de mano de obra			2,000.00
Gastos generales			1,500.00
Utilidad			8,440.70

Tabla 2. Utilidades de la empresa con mezcla por costeo tradicional

Fuente: Elaboración propia

Producto	Demanda	Operación 1	Operación 2	Operación 3	Operación 4	Operación 5
P1	20.77	22	25.3	28.6	0	28.1
P2	12	18.1	17.8	0	14.5	16.5
P3	12	16.6	14	0	0	14.5
P4	17.93	0	0	20.4	19.5	0
Total carga de trabajo (minutos)		873.34	907.081	959.794	523.635	955.637
Tiempo ocioso		86.66	52.919	0.206	436.365	4.363
Eficiencia	Global 0.879	0.910	0.945	1.000	0.545	0.995

Tabla 3. Análisis de Capacidades del sistema productivo con mezcla seleccionada

Fuente: Elaboración propia

Krajewski et al (2008) afirman que la mayoría de los métodos de contabilidad de costos se centran en maximizar la producción de los procesos individuales en el corto plazo, en vez de lograr que los materiales fluyan con rapidez a lo largo del sistema, sin embargo, este método no incrementa las utilidades en todo el sistema si se crean cuellos de botella. Teoría de restricciones propone una metodología que intenta mejorar el proceso hasta lograr la optimización del sistema. En general, los cuellos de botella o recursos con capacidad restringida de un sistema o proceso productivo son los que limitan las utilidades, por lo que es necesario identificarlos y resolverlos antes de lograr mejoras en otro punto del proceso o sistema. Si es posible determinar cuáles son las principales restricciones del sistema y cuáles son las relaciones causa-efecto entre estas restricciones y el resto del sistema, entonces se tiene la clave para mejorar el sistema. La existencia de limitaciones en el sistema son oportunidades de mejora.

Contrariamente al pensamiento convencional, teoría de restricciones ve las limitaciones como algo positivo en lugar de verlo de manera negativa ya que considera a las restricciones la base del desempeño de un sistema y por consecuencia el lugar donde deberá iniciar la mejora, una elevación gradual de las restricciones incrementará el desempeño de todo el sistema. La rentabilidad de una empresa puede alcanzar mejores niveles si se explotan las limitaciones para determinar la mezcla de productos. Si se quiere hacer más productivo el proceso, una manera es explotar la restricción del sistema una vez encontrada. Es necesario seleccionar la mezcla de productos de acuerdo con el margen de utilidad en el cuello de botella o recurso con capacidad restringida (R.C.R.) con respecto al tiempo de procesamiento, aprovechando los principios que se describen en teoría de restricciones, en la aplicación práctica (5 etapas de un proceso de enfoque). Para encontrar la restricción del sistema es necesario hacer un análisis de la capacidad individual del mismo (Tabla 4).

Producto	Operación 1	Operación 2	Operación 3	Operación 4	Operación 5
P1	22	25.3	28.6	0	28.1
P2	18.1	17.8	0	14.5	16.5
P3	16.6	14	0	0	14.5
P4	0	0	20.4	19.5	0
Total carga de trabajo (minutos)	56.7	57.1	49	34	59.1

Tabla 4. Análisis de Capacidad

Fuente: Elaboración propia

Una vez identificada la restricción del proceso (operación 5), que es la que tiene mayor tiempo de procesamiento (59.1 minutos), se procede a explotar la misma por medio de la selección de mezcla de productos más adecuada, para lograr esto se determina cuáles productos son los que aportan mayor contribución en función de la restricción del sistema (ver Tabla 5).

Producto	Precio de venta	Costo de M.P.	Throughput (T)	Tiempo en restricción (OP 5)	T/OP 5	Orden
P1	750	550	200	28.1	7.12	4
P2	585	390	195	16.5	11.82	2
P3	540	370	170	14.5	11.72	3
P4	490	300	190	0	∞	1

Tabla 5. Determinación mayor contribución con respecto al tiempo en la restricción.

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso en el proceso de mejora es subordinar todo el sistema a la decisión anterior, esto consiste en fabricar la mayor cantidad de productos 4, posteriormente de productos 2, Productos 3 y finalmente si es necesario llenar la capacidad del sistema con Productos 1. Los cálculos para determinar la cantidad de unidades de P4 se muestra en la Tabla 6.

Producto	Demanda	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5
P1	12	22	25.3	28.6	0	28.1
P2	12	18.1	17.8	0	14.5	16.5
P3	12	16.6	14	0	0	14.5
P4	12	0	0	20.4	19.5	0
Tiempo de carga de trabajo (minutos)		680.4	685.2	588	408	709.2
Tiempo ocioso (minutos)		279.6	274.8	372	552	250.8
Producción adicional		∞	∞	18.23	28.30	∞

Tabla 6. Determinación de Producto 4 a fabricar (enfoque TOC).

Fuente: Elaboración propia

El valor menor es 18.23 metros lineales que aunado a la producción inicial de 12, indica que es necesario fabricar 30.23 metros lineales del producto 4. Para lograr los mejores resultados se continúa incrementando el volumen de unidades del P2, según lo indicado en el orden de contribución de los productos, los cálculos se muestran en la Tabla 7.

Producto	Demanda	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5
P1	12	22	25.3	28.6	0	28.1
P2	12	18.1	17.8	0	14.5	16.5
P3	12	16.6	14	0	0	14.5
P4	30.23	0	0	20.4	19.5	0
Tiempo de carga de trabajo (minutos)		680.4	685.2	959.89	763.48	709.2
Tiempo ocioso (minutos)		279.6	274.8	0.11	196.52	250.8
Producción adicional		15.44	15.43	∞	13.55	15.2

Tabla 7. Determinación de Producto 2 a fabricar (enfoque TOC).

Fuente: Elaboración propia

El valor menor corresponde a 13.55 metros lineales que sumado a la producción inicial del P2, indica que se fabricaran 25.55 metros lineales. La asignación de productos P3 y P1 corresponde a 13.87 y 12 unidades respectivamente para cada producto dada la capacidad de las máquinas. El análisis de carga con las asignaciones de productos adicionales a la demanda inicial de 12, se muestra en la tabla 8.

Producto	Demanda	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5
P1	12	22	25.3	28.6	0	28.1
P2	25.55	18.1	17.8	0	14.5	16.5
P3	13.87	16.6	14	0	0	14.5
P4	30.23	0	0	20.4	19.5	0
Tiempo de carga de trabajo (minutos)		956.69	952.57	959.89	959.96	959.89
Eficiencia	Global .998	0.997	0.992	1.0	1.0	1.0

Tabla 8. Análisis de cargas con asignaciones, enfoque TOC

Fuente: Elaboración propia

3 | COMENTARIOS FINALES

3.1 Resultados y conclusiones

La mezcla de productos obtenido bajo un enfoque TOC, garantiza la mayor cantidad de utilidades en la organización, ya que se logra la máxima capacidad o el nivel más alto de producción, una vez que fue programada la limitación. Las utilidades con la mezcla encontrada con el enfoque de TOC se muestran en la Tabla 9.

Producto	Throughput	Demanda	Utilidad por producto
P1	200	12	2,400.00
P2	195	25.55	4,982.25
P3	170	13.87	2,357.90
P4	190	30.23	5,743.70
Costo de mano de obra			2,000.00
Gastos generales			1,500.00
Utilidad			11,983.85

Tabla 9. Utilidades con enfoque TOC

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar claramente que hay mejoras evidentes en las operaciones y ganancias (ver Figura 2). Por un lado las operaciones en los procesos están en los límites incrementando la eficiencia 13.50%, por otro lado las utilidades aumentaron en un 41.98% al pasar de \$8,440.7 a \$11,983.85 por día, esto se logró implementando acciones que permitieron explotar los recursos con capacidad restringida y con ello todo el ritmo del sistema. La ganancia es grande comparada con lo muy poco que cuesta implementarla sin la necesidad de aumentar la capacidad del R.C.R.

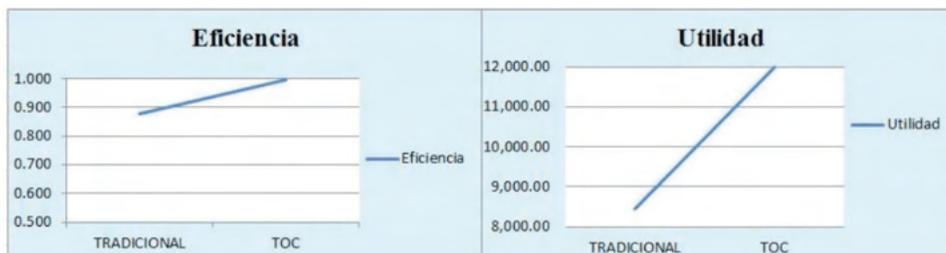


Figura 2. Comportamiento de eficiencia y utilidades

Fuente: Elaboración propia

TOC assume que la meta de toda organización es ganar dinero hoy y en el futuro. Así pues, la administración de las limitaciones del sistema aporta mejoras sustanciales en la productividad y eficiencia de los procesos. Cuando se pretende mejorar la productividad de los procesos, se hace con los recursos existentes focalizando los esfuerzos en la restricción del sistema, ya que si se mejoran estos se alcanza una mayor eficiencia y competitividad. TOC se puede considerar una metodología que busca mejoras realizadas en base a su aplicación y que proporcionen un impacto en las utilidades de la empresa.

REFERENCIAS

APICS, *Strategic management of resources reference sourcebook*, Custom Pearson, 2009.

Cuatrecasas Arbos Lluís, *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*, Primera Edición, Profit editorial, Barcelona, 2009.

Davis, M Mark. Aquilano, J. Nicholas. Chase, Richard B, *Fundamentos de dirección de operaciones*, Primera edición, Mc Graw Hill interamericana de España, Madrid, 2001.

Goldratt, Eliyahu M., *Goldratt's Theory of Constraints*, IBM Press, USA, 2007

Goldratt, Eliyahu M y Jeff Cox, *La meta, un proceso de mejora continua*, Ediciones Castillo, Primera edición, México, 1992.

Krajewski, Lee J., Ritzman, Larry P., Malhotra, Manoj, *Administración de Operaciones Estrategia y Análisis*, Octava edición, Editorial PersonEducation, México, 2008.

Umble, M., Umble, E. and Murakami S., *Implementing theory of constraints in a traditional Japanese manufacturing environment: The case of Hitachi Tool Engineering*, International Journal of Production Research, 44: 10, 1863 — 1880, 2006.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Atualização de matriz de insumo-producto 117

Aquicultura 86, 87, 88, 96, 97, 98, 105

Armazenagem de Materiais 162

Assignment 5, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70

Automação 86, 88, 96, 97, 98, 106, 150

Automóveis 39, 40, 44, 45, 46, 48

C

Cartas de controle 96, 99, 101, 102, 103, 104, 106

CO₂ 4, 20, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51

Concentrador de canal parabólico 53, 55

CTE 71, 72, 74, 80, 83, 84, 85

Cuello de botella 107, 109, 112

D

Doenças epidemiológicas 27, 33, 36, 37

Dosador 5, 86, 96, 98, 99, 104, 105

E

Emissões 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 178

Endereçamento Logístico 162, 166, 167, 172, 173, 175, 176

Energía Solar 53, 54, 55

F

Ferramentas da Qualidade 13, 14, 15, 17, 25, 26

Flujo de calor perdido 53, 58, 59, 60

G

Gestão de Estoques 6, 162, 165, 176

Gestão Financeira 3, 4, 1, 2, 3, 4, 10, 11

Grupo de Melhoria de Resultados 13, 20

I

Impressão 3D 6, 138, 139, 140, 141, 142, 145

Innovation Cells 152

L

Limitaciones 107, 108, 112, 116, 125, 126

Logística 31, 36, 162, 165, 176

M

Manufatura aditiva 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 147, 148, 150

Mapeamento de Estoques 6, 162, 163, 170, 175

Meio ambiente 2, 15, 27, 29, 30, 32, 34, 36

Método RAS básico 127

Metrôs 4, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

Mezcla de productos 107, 110, 112, 113, 115

Modelo de insumo-producto 117

Movie 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

O

Ônibus 39, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 178

Optimization 63, 64, 69, 72

Organizações Sem Fins Lucrativos 1, 2, 4, 11

P

PDCA 13, 14, 17, 20, 24, 25, 26

Pneus 4, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

Precision 6, 75, 97, 152, 153, 157, 158

Produção de molde para injeção de termoplásticos 138

R

Reciclabilidade 27

Recursos con capacidad restringida 107, 112, 115

Replaceable System 152

S

Saúde pública 27, 30

Self-Study 71, 72

Serum perfusion 6, 152

Software 71, 72, 73, 74, 75, 91, 96, 97, 99, 162, 163

Steal Structures 72

T

Teaching 5, 71, 72, 73, 84, 85

Teoría de restricciones 5, 107, 108, 109, 112

Terceiro Setor 4, 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2

- 
- 🌐 www.atenaeditora.com.br
 - ✉ contato@atenaeditora.com.br
 - 📷 @atenaeditora
 - 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br