



1

DETERMINACIÓN DE ALGORITMOS DE PRODUCCIÓN, PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN CONFECCIÓN

**Miguel Angel Pardo Gutiérrez
Jonatan Arley Fajardo Buitrago**

PÁGS 6 - 21



DETERMINACIÓN DE ALGORITMOS DE PRODUCCIÓN, PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN CONFECCIÓN

Determination of production algorithms, for the control of production in clothing

Miguel Ángel Pardo Gutiérrez ¹
Jonatan Arley Fajardo Buitrago ²
Nilson Alexander Gómez Castañeda ³

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo la determinación de algoritmos de indicadores, mediante la utilización de matemáticas en contexto, para el control de la producción en el área de confección industrial, al describir la experiencia de formación con el grupo del trimestre IV Tecnología en Confección Industrial, ficha 1960121, Centro de Manufactura Textil y Cuero, Bogotá DC. Se parte de la identificación de los principales indicadores para el control efectivo de la producción, siendo esta competencia fundamental en el perfil de egresado, como supervisores de procesos de confección. Para lo cual, se llega a través de un análisis conceptual de las variables que intervienen en los diferentes indicadores a un algoritmo matemático que permita cuantitativamente controlar dichas variables las cuales servirán como indicadores gestión de los procesos, teniendo como datos de entrada para el análisis, el horario tomado de un operario en su puesto de trabajo realizando una operación determinada, y como datos de salida los resultados de los principales indicadores: rendimiento y eficiencia del operario.

Palabras clave: Algoritmo, control de producción, matemáticas en contexto, indicadores.

ABSTRACT

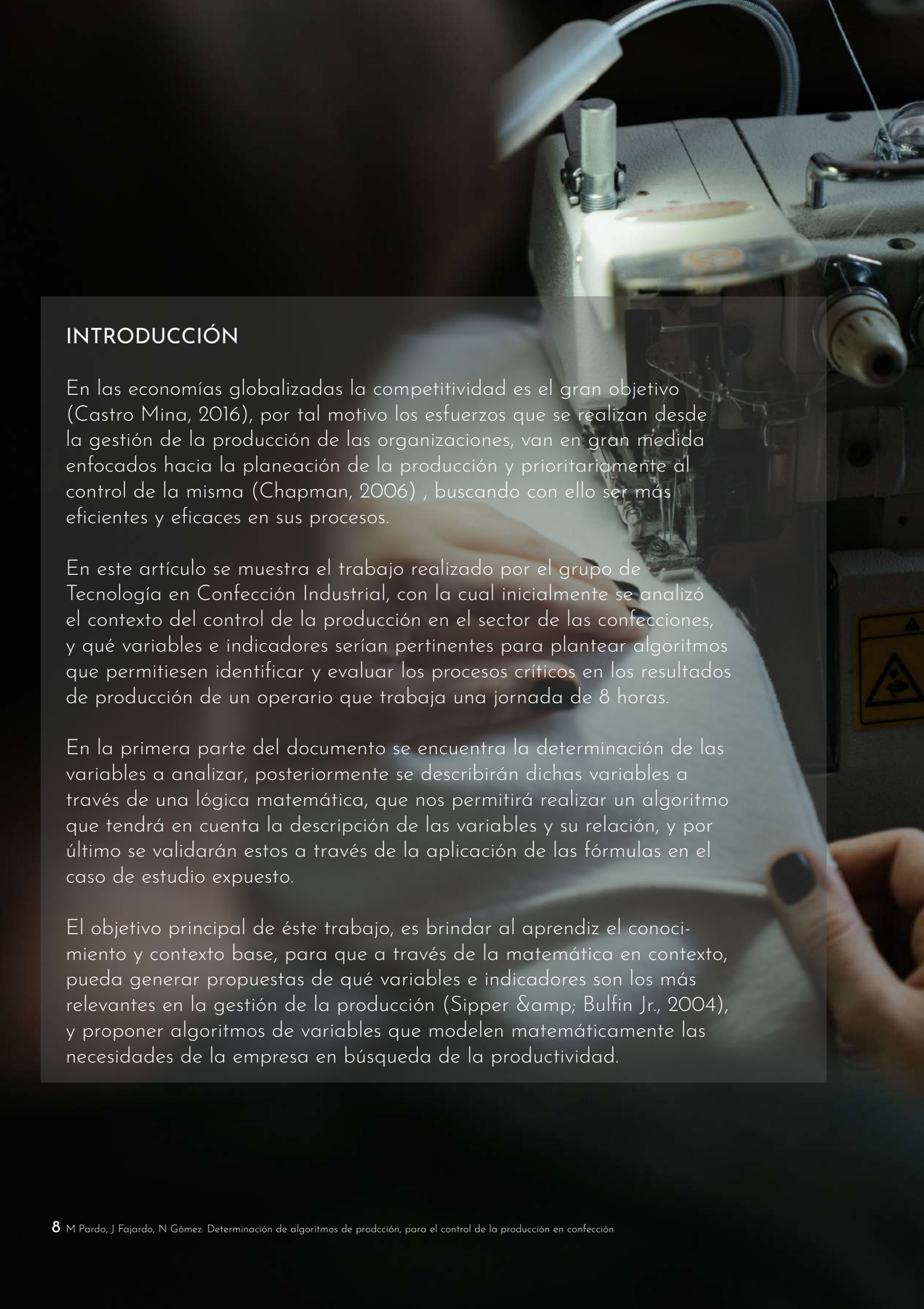
This article aims to determine the algorithms of indicators, through the use of mathematics in context, for the control of production in the area of industrial clothing, by describing the training experience with the group of the fourth quarter Technology in Industrial Clothing, file 1960121, Textile and Leather Manufacturing Center, Bogotá DC. It starts from the identification of the main indicators for the effective control of production, this competence being fundamental in the graduate profile, as supervisors of manufacturing processes. For which, through a conceptual analysis of the variables that intervene in the different indicators, a mathematical algorithm is reached that allows quantitatively controlling said variables which will serve as process management indicators, having as input data for the analysis, the schedule taken from an operator at his job performing a certain operation, and as output data the results of the main indicators: operator performance and efficiency.

Keywords: Algorithm, production control, mathematics in context, indicators.

1. miguelpg@misena.edu.co, SENA CMTC, Instructor, Bogotá.

2. lafajardo55@misena.edu.co, SENA CMTC, Instructor, Bogotá.

3. nagomez10@misena.edu.co, SENA CMC, Instructor, Cundinamarca, Soacha.



INTRODUCCIÓN

En las economías globalizadas la competitividad es el gran objetivo (Castro Mina, 2016), por tal motivo los esfuerzos que se realizan desde la gestión de la producción de las organizaciones, van en gran medida enfocados hacia la planeación de la producción y prioritariamente al control de la misma (Chapman, 2006) , buscando con ello ser más eficientes y eficaces en sus procesos.

En este artículo se muestra el trabajo realizado por el grupo de Tecnología en Confección Industrial, con la cual inicialmente se analizó el contexto del control de la producción en el sector de las confecciones, y qué variables e indicadores serían pertinentes para plantear algoritmos que permitiesen identificar y evaluar los procesos críticos en los resultados de producción de un operario que trabaja una jornada de 8 horas.

En la primera parte del documento se encuentra la determinación de las variables a analizar, posteriormente se describirán dichas variables a través de una lógica matemática, que nos permitirá realizar un algoritmo que tendrá en cuenta la descripción de las variables y su relación, y por último se validarán estos a través de la aplicación de las fórmulas en el caso de estudio expuesto.

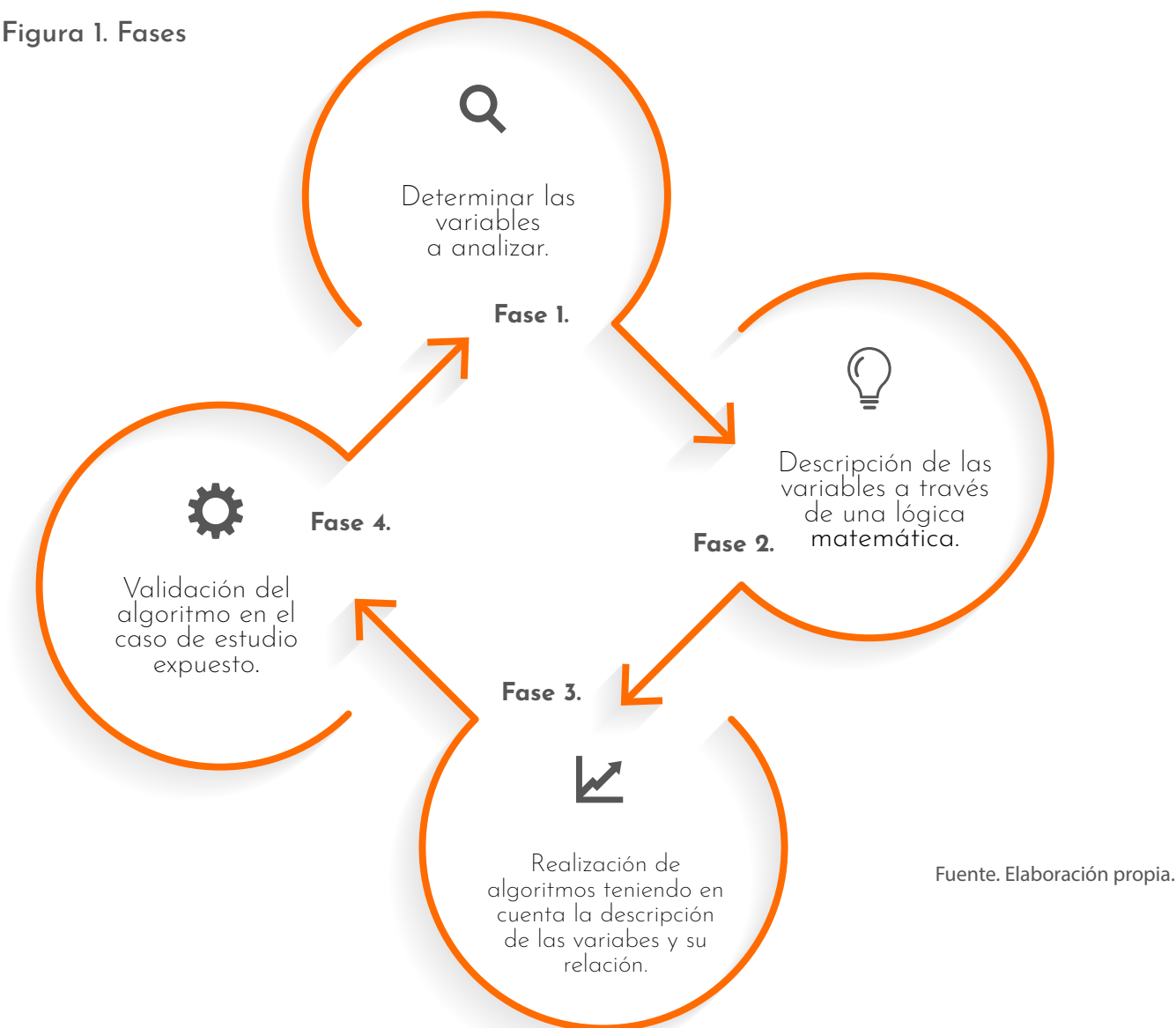
El objetivo principal de éste trabajo, es brindar al aprendiz el conocimiento y contexto base, para que a través de la matemática en contexto, pueda generar propuestas de qué variables e indicadores son los más relevantes en la gestión de la producción (Sipper & Bulfin Jr., 2004), y proponer algoritmos de variables que modelen matemáticamente las necesidades de la empresa en búsqueda de la productividad.

Descripción de la experiencia de formación

Metodología:

Para la creación de algoritmos de producción, para el control de la producción en confección, se proponen 4 fases principales:

Figura 1. Fases



• Fase 1. Determinar las variables a analizar

Para ello se toma la producción realizada por un operario en un día de trabajo, la cual realiza 2 operaciones diferentes A y B, lo cual influye en el tiempo de la operación y por tal motivo en el objetivo de producción. Es importante tener en cuenta que la información es tomada en una jornada de 8 horas de trabajo, iniciando a las 6 a.m., dado que por ley se dan tiempos de descanso y pausas activas, estos tiempos se tendrán en cuenta en la afectación del objetivo, sin embargo se reportan por parte de la operaria tiempos improductivos como lo son: paro mecánico, sin insumos y sin trabajo, los cuales se tendrán en cuenta para ser medidos como indicadores, mas no para la afectación de objetivos según políticas de la organización.



En la tabla 1, se muestran los datos obtenidos de la recolección de la información realizada en cada hora por parte del operario.

Tabla 1. Datos de entrada - horario producción.

SIGLAS									
Mc	Minuto Concedidos	0	0	15	10	5	0	0	0
Tdm	Tiempo Disponible en Concedidos	60	60	60	60	60	60	60	60
	Horario	6:00 a 7:00	7:00 a 8:00	8:00 a 9:00	9:00 a 10:00	10:00 a 11:00	11:00 a 12:00	12:00 a 13:00	13:00 a 14:00
	Operaciones	A	A	A	B	B	B	B	B
SAM	Tiempo Estandar	0,85	0,85	0,85	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7

Fuente. Elaboración propia.

Es importante reconocer desde un inicio las diferentes variables a tratar tabla 2, por tal motivo se listan dichas variables y con fines de notación se les da una sigla que permita simplificar su nombre.

Tabla 2. Variables a utilizar en los algoritmos.

SIGLAS	Variables
Pu	Producción unidades
Pau	Producción Acumulada
Pm	Producción Minutos
Pam	Producción Acumulada Minutos
Pou	Producción N Objetivo Unidades
Poau	Producción N Objetivo Acumulado Unidades
Pom	Producción Objetivo Minutos
Poam	Producción Objetivo Acumulado Minutos

Fuente. Autores.

Una vez determinadas las variables se proyectan los indicadores, los cuales serán resultado de los algoritmos analizados a través de las definiciones realizadas.





Tabla 3. Descripción de indicadores.

SIGLAS	Descripción	Unidades
%Ru	Rendimiento Unidades	%
%Rua	Rendimiento Acumulada Unidades	%
%Rm	Rendimiento Minutos	%
%Ram	Rendimiento Acumulado Minutos	%
%Em	Eficiencia Minutos	%
%Eam	Eficiencia Acumulada Minutos	%

Fuente. Autores.

• Fase 2. Descripción de las variables a través de una lógica matemática

En esta fase se analiza la conceptualización de cada una de las variables que se van a analizar, desde un contexto de producción, para lo cual se pide a los aprendices reflexionar sobre la posible definición o definiciones, que permitan acercarnos a un concepto matemático de la misma:

Tabla 4. Descripción de Variables.

FASE 2		
SIGLAS	Variables	Descripción
Pu	Producción Unidades	Número de unidades producidas por el operario
Pau	Producción Acumulada Unidades	Número acumulado de unidades producidas por el operario
Pm	Producción Minutos	Número de Minutos producidos por el operario
Pam	Producción Acumulada Minutos	Número acumulado de minutos producidos por el operario
Pou	Producción Objetivo Unidades	Tiempo Disponible en Minutos menos mi minutos concedidos dividido en el SAM de la operación
Poau	Producción Objetivo Acumulado Unidades	Producción objetivo unidades de la hora más Producción objetivo unidades de la hora anterior
Pom	Producción Objetivo Minutos	Tiempo Disponible en Minutos menos minutos concedidos
Poam	Producción Objetivo Acumulado Minutos	Tiempo Disponible en Minutos acumulados de la hora más Tiempo Disponible en Minutos acumulados de la hora anterior - menos minutos concedidos acumulados

Fuente. Autores.

Los indicadores que buscamos a través de la relación de las variables se describen así:

Tabla 5. Descripción de Indicadores.

FASE 2		
SIGLAS	Indicadores	Descripción
%Ru	Rendimiento Unidades	Producción de unidades dividido en la producción objetivo de unidades
%Rua	Rendimiento Acumulada Unidades	Producción acumulada de unidades dividido en la producción objetivo acumulada en unidades
%Rm	Rendimiento Minutos	Produccion en minutos divido producción objetivo en minutos
%Ram	Rendimiento Acumulado Minutos	Producción acumulada en minutos divido en la producción objetivo acumulada en minutos
Ipm	Paro Mecánico	Cantidad de minutos improductivos por daño mecánico
Isi	Sin Insumos	Cantidad de minutos improductivo por falta de insumos
Ist	Sin Trabajo	Cantidad de minutos improductivo por falta de trabajo
Ti	Total Improductivos	Suma por hora de los improductivos
Tia	Total Improductivos Acumulados	Total improductivos de la hora más Total improductivos de la hora anterior
%Em	Eficiencia en Minutos	Producción en minutos más Tiempo improductivo dividido en producción objetivo en minutos por 100
%Eam	Eficiencia Acumulada En Minutos	Producción acumulada en minutos más el tiempo improductivo dividido en la producción acumulada en minutos por 100

Fuente. Autores.

• Fase 3. Realización de algoritmos, teniendo en cuenta la descripción de las variables y su relación

Una vez descritas las variables y los indicadores a tener en cuenta en el estudio de caso, que permitirá realizar el control de la producción, procedemos a utilizar las siglas y descripciones, para proponer los algoritmos, se tendrá en cuenta:
Las siglas de las variables serán las identificadoras dentro de los algoritmos:

Pu = Producción unidades

Poau = Producción objetivo acumulado unidades, ... etc

Y para determinar una hora anterior se tendrá en cuenta subíndice indicando este evento como **h-1**, de la variable afectada.

Dando como resultado los siguientes algoritmos para las variables:



Tabla 6. Algoritmos de Variables

FASE 3			
SIGLAS	Indicadores	Descripción	Algoritmo
Pu	Producción Unidades	Número de unidades producidas por el operario	Pu
Pau	Producción Acumulada Unidades	Número acumulado de unidades producidas por el operario	$Pau=(Ti_h+Ti_{h-1})$
Pm	Producción Minutos	Número de Minutos producidos por el operario	$Pm=Pu \cdot SAM$
Pam	Producción Acumulada Minutos	Número acumulado de minutos producidos por el operario	$Pam=(Pm_h+Pm_{h-1})$
Pou	Producción Objetivo Unidades	Tiempo Disponible en Minutos menos minutos concedidos dividido en el SAM de la operación	$Pou=(Tdm-Mc)/SAM$
Poua	Producción Objetivo Acumulado Unidades	Producción objetivo unidades de la hora más producción Objetivo unidades de la hora anterior	$Poua=(Pou_h+Pou_{h-1})$
Pom	Producción Objetivo Minutos	Tiempo Disponible en Minutos menos minutos concedidos	$Pom=(Tdm-Mc)$
Poam	Producción Objetivo Acumulado Minutos	Tiempo Disponible en Minutos acumulados de la hora más Tiempo Disponible en Minutos acumulados de la hora anterior - menos minutos concedidos acumulados	$Poam=(Pom_h+Pom_{h-1})$

Fuente. Autores.
Y algoritmos para los indicadores:

Tabla 7. Algoritmo Indicadores

FASE 3			
SIGLAS	Indicadores	Descripción	Algoritmo
%Ru	Rendimiento Unidades	Producción de unidades dividido en la producción objetivo de unidades	$\%Ru=(Pu/Pou)*100$
%Rua	Rendimiento Acumulada Unidades	Producción acumulada de unidades dividido en la producción objetivo acumulada de unidades	$\%Rua=(Pau/Poua)*100$
%Rm	Rendimiento Minutos	Producción en minutos dividido producción objetivo en minutos	$\%Rm=(Pm/Pom)*100$
%Ram	Rendimiento Acumulado Minutos	Producción acumulada en minutos dividido en la producción objetivo acumulada en minutos	$\%Ram=(Pam/Poam)*100$
Tia	Total Improductivos Acumulados	Total improductivos de la hora más Total improductivos de la hora anterior	$Tia=(Ti_h+Ti_{h-1})$
%Em	Eficiencia en Minutos	Producción en minutos más tiempo improductivo dividido en producción objetivo en minutos por 100	$\%Em=((Pm+Ti)/Pom)*100$
%Eam	Eficiencia Acumulada en Minutos	Producción acumulada en minutos más el tiempo improductivo dividido en la producción acumulada en minutos por 100	$\%Eam=((Pm+Tia)/Poam)*100$

Fuente. Autores.
Fase 4. Validación del algoritmo en el caso de estudio expuesto.

En la Tabla 8, se indica los datos de entrada en cuanto a las unidades producidas por la operaria (Pu), la descripción de las horas trabajadas incluyendo los minutos estándar concedidos ó SAM⁴ (Meredith,2002), de las operaciones que realizó.

4. SAM: Standart Allowed Minutes (Minutos Estandar Concedidos)



Tabla 8. Datos de entrada y de capacidad real

Mc	0	0	15	10	5	0	0	0
Tdm	60	60	60	60	60	60	60	60
HORARIO	6:00 a 7:00	7:00 a 8:00	8:00 a 9:00	9:00 a 10:00	10:00 a 11:00	11:00 a 12:00	12:00 a 13:00	13:00 a 14:00
OPERACIONES	A	A	A	B	B	B	B	B
SAM	0,85	0,85	0,85	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Pu	50	60	60	18	21	20	24	26
Pau= (Pu _h + P _{h-1})	50	110	170	188	209	229	253	279
Pm= Pu*SAM	42,5	51	51	30,6	35,7	34	40,8	44,2
Pau=(Pm _h + P _{h-1})	42,5	93,5	144,5	175,1	210,8	244,8	285,6	329,8

Fuente. Autores.

Minutos concedidos **Mc** (Niebel & Freivalds, 2014), muestra que existen 3 horas donde se evidencian minutos que se deben restar del objetivo. Por ejemplo, en la tercera hora de 8:00 a.m. a 9:00 a.m. hay 15 minutos que corresponden al desayuno, en la cuarta hora de 9:00 a.m. a 10:00 a.m. se observan 10 minutos que corresponden al cambio de referencia y en la hora número cinco de producción (de 10:00 a.m. a 11:00 a.m.) hay 5 minutos correspondiente a pausas activas. Cabe recalcar que estos minutos deben ser restados del objetivo o de la tarea, ya que en estos minutos la operaria no produce.

Tiempo disponible en minutos **Tdm**, en este ítem se contextualiza que al ser un seguimiento de producción hora a hora el operario tiene un tiempo de 60 minutos para producir o confeccionar la operación que le fue asignada.

En la tabla se muestra que la operaria realiza dos operaciones, una (se encuentra descrita de color rosa con la nomenclatura “A”) que la hace en el transcurso de las tres primeras horas de 6:00 a.m. a 9:00 a.m. y la otra (se encuentra descrita de color azul con la nomenclatura “B”) que la hace en el resto de la jornada de 9:00 a.m. a 2:00 p.m.

El tiempo de cada una de las operaciones corresponde: Para la operación A tiene un tiempo de 0,85 minutos, Para la operación B tiene un tiempo de 1,7 minutos

Producción en unidades **Pu**, es ítem es un dato de entrada que corresponde a las unidades que produjo la operaria, para el caso de la primera hora (6:00 a.m. a 7:00 a.m.) realizó 50 unidades de su operación (A) con un tiempo estándar por operación de 0,85, mientras que para la hora número 6 (de 11:00 a.m. a 12:00 a.m.) produjo 20 unidades de la operación B con un tiempo de 1,7 por unidad.

Producción acumulada en unidades **Pau**, se resuelve sumando el acumulado hora a hora de las unidades producidas (**Pu**) de tal manera que si en la primera hora se produjo 50 unidades, en el acumulado quedan 50, mientras que para la segunda hora se debe sumar las unidades de la hora más la hora anterior como se muestra en la siguiente ecuación:





Producción acumulada primer hora:

$$P_{au} = (P_{u_h} + P_{u_{h-1}}) \quad P_{au} = 50 + 0 = 50$$

De esta manera se determina que en el transcurso de la jornada produjo 279 unidades de las operaciones asignadas.

Producción en minutos Pm, este se determina de la multiplicación de las unidades producidas por hora con el tiempo estándar de la operación (SAM)

Producción en minutos primer hora: $P_m = P_u * SAM$; $P_m = 50 * 0,85 = 42,5$

Producción en minutos segunda hora: $P_m = P_u * SAM$; $P_m = 60 * 0,85 = 51$

Producción en minutos tercer hora: $P_m = P_u * SAM$; $P_m = 60 * 0,85 = 51$

Producción en minutos cuarta hora: $P_m = P_u * SAM$; $P_m = 18 * 1,7 = 30,6$ cabe anotar que en esta hora se hizo el cambio de operación por tal motivo también se cambia el tiempo estándar (SAM).

Producción en minutos quinta hora: $P_m = P_u * SAM$; $P_m = 21 * 1,7 = 35,7$

Producción en minutos sexta hora: $P_m = P_u * SAM$; $P_m = 20 * 1,7 = 34$

Producción en minutos séptima hora: $P_m = P_u * SAM$; $P_m = 24 * 1,7 = 40,8$

Producción en minutos octava hora: $P_m = P_u * SAM$; $P_m = 26 * 1,7 = 44,2$

Producción acumulada en minutos Pam: se resuelve sumando el acumulado hora a hora de la producción en minutos que obtuvimos anteriormente (**Pm**) de tal manera que, si en la primera hora se produjo 42,5 minutos, en el acumulado queda en 42,5 minutos, mientras que para la segunda hora se debe sumar la producción en minutos de la segunda hora con la anterior como se muestra en la siguiente ecuación:

Producción acumulada en minutos primer hora:
$$P_{am} = (P_{m_h} + P_{m_{h-1}}) \quad P_{am} = (42,5 + 0) = 42,5$$

En la tabla 9, muestran las distintas variables objetivo descrita en las siguientes dimensiones: unidades, unidades acumuladas, minutos y minutos acumulados

Tabla 9. Cálculo de producción objetivo

OPERACIONES	HORARIO							
	6:00 a 7:00	7:00 a 8:00	8:00 a 9:00	9:00 a 10:00	10:00 a 11:00	11:00 a 12:00	12:00 a 13:00	13:00 a 14:00
	A	A	A	B	B	B	B	B
$P_{ou} = (T_{dm} - M_c) / SAM$	71	71	53	29	32	35	35	35
$P_{oau} = (P_{ou_h} + P_{ou_{h-1}})$	71	141	194	224	256	291	326	362
$P_{om} = (P_{om_h} + P_{om_{h-1}})$	60	60	45	50	55	60	60	60
$P_{om} = (T_{dm} - M_c)$	60	120	165	215	270	330	390	450

Fuente. Autores.

Producción objetivo en unidades Pou: corresponde la relación que hay entre el tiempo disponible en minutos (Tdm) y los minutos concedidos (Mc), adicional es necesario dividirlo con el SAM de la operación, de esta manera podemos calcular las unidades que debe producir la operaria por cada hora de trabajo.

Producción objetivo en unidades primer hora= **Pou** = (Tdm- Mc) / SAM ; **Pou** = (60- 0) /0,85 = 71

Producción objetivo en unidades segunda hora= **Pou** = (Tdm- Mc)/SAM; **Pou** = (60- 0)/0,85 = 71

Producción objetivo en unidades tercer hora= **Pou** = (Tdm- Mc)/SAM; **Pou** = (60- 15)/0,85 = 53

Cabe aclarar que para esta hora existen 15 minutos concedidos debido al descanso otorgado por la empresa

Producción objetivo en unidades cuarta hora= **Pou** = (Tdm- Mc)/SAM; **Pou** = (60- 10)/ 1,7 = 29

Para esta hora se aplicó 10 minutos concedidos por concepto de cambio de referencia

Producción objetivo en unidades quinta hora= **Pou** = (Tdm- Mc)/SAM; **Pou** = (60- 5)/1,7 = 32

En esta hora hubo 5 minutos concedidos por concepto de pausas activas.

Producción objetivo en unidades sexta hora= **Pou** = (Tdm- Mc)/SAM; **Pou** = (60- 0)/1,7 = 35

Producción objetivo en unidades séptima hora= **Pou** = (Tdm- Mc)/SAM; **Pou** = (60- 0)/1,7 = 35

Producción objetivo en unidades octava hora= **Pou** = (Tdm- Mc)/SAM; **Pou** = (60- 0)/1,7 = 35

Producción Objetivo Acumulado En Minutos Poau: para la resolución de esta fórmula es necesario tener la producción objetivo en unidades calculada en el ítem anterior.

Producción objetivo acumulado en minutos primer hora=

$$\text{Poau} = \{Pou_h + Pou_{h-1}\} \text{ Poau} = (71+0)=71$$

Producción objetivo acumulado en minutos segunda hora=

$$\text{Poau} = \{Pou_h + Pou_{h-1}\} \text{ Poau} = (71+71)=141,2$$

Producción objetivo acumulado en minutos tercer hora=

$$\text{Poau} = \{Pou_h + Pou_{h-1}\} \text{ Poau} = (141+53)=194$$

Etc....

Producción objetivo en minutos Pom, calcula los minutos que debe producir la operaria teniendo en cuenta la variable de los minutos concebidos por la empresa.

Producción Objetivo Acumulado En Minutos Poam, para calcular este ítem es necesario sumar la producción objetivo en minutos de la hora actual, con la producción objetivo con la hora anterior. En caso de la primera hora se suma cero. Ver tabla 11 **Poam** = ($Pom_h + Pom_{h-1}$)

En tabla 10 se muestran los resultados de las variables calculadas descritas anteriormente



Tabla 10. Resultados cálculo de variables

HORARIO	6:00 a 7:00	7:00 a 8:00	8:00 a 9:00	9:00 a 10:00	10:00 a 11:00	11:00 a 12:00	12:00 a 13:00	13:00 a 14:00
OPERACIONES	A	A	A	B	B	B	B	B
Mc	0	0	15	10	5	0	0	0
Tdm	60	60	60	60	60	60	60	60
SAM	0,85	0,85	0,85	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Pu	50	60	60	18	21	20	24	26
$P_{au}=(P_{uh}+P_{h-1})$	50	110	170	188	209	229	253	279
$P_m=P_u \cdot SAM$	42,5	51	51	30,6	36,7	34	40,8	44,2
$P_a=(P_{mh}+P_{h-1})$	42,5	93,5	144,5	175,1	210,8	244,8	285,6	329,8
$P_{ou}=(Tdm-Mc)/SAM$	71	71	53	29	32	35	35	35
$P_{oau}=(P_{ouh}+P_{h-1})$	71	141	194	224	256	291	326	362
$P_{om}=(Tdm-Mc)$	60	60	45	50	55	60	60	60
$P_{oam}=(P_{omh}+P_{h-1})$	60	120	165	215	270	330	390	450

Fuente. Autores.

En la tabla 11, se muestra los resultados de los indicadores rendimiento calculados en unidades

Tabla 11. Rendimiento en unidades

HORARIO	6:00 a 7:00	7:00 a 8:00	8:00 a 9:00	9:00 a 10:00
$\%Ru=(PU/Pou)*100$	71%	85%	113%	61%
$\%Ru=(PU/Pou)*100$	$(50/71)*100=71\%$	$(60/71)*100=85\%$	$(60/53)*100=113\%$	$(18/29)*100=61\%$
$\%Rua=(Pau/Poau)*100$	71%	78%	88%	84%
$\%Rua=(Pau/Poau)*100$	$50/71*100=71\%$	$110/141*100=78\%$	$170/194*100=88\%$	$188/224*100=84\%$

HORARIO	10:00 a 11:00	11:00 a 12:00	12:00 a 13:00	13:00 a 14:00
$\%Ru=(PU/Pou)*100$	65%	57%	68%	74%
$\%Ru=(PU/Pou)*100$	$(21/32)*100=65\%$	$(20/35)*100=57\%$	$(24/35)*100=68\%$	$(26/35)*100=74\%$
$\%Rua=(Pau/Poau)*100$	82%	79%	77%	77%
$\%Rua=(Pau/Poau)*100$	$(209/256)*100=81\%$	$(229/291)*100=79\%$	$(253/326)*100=77\%$	$(279/362)*100=77\%$

Fuente. Autores.



En cada una de las tablas se evidencian los cálculos matemáticos para la resolución de la operación, es decir, el comportamiento del rendimiento por hora va incrementado hasta el 116%, a partir de esa hora hubo el cambio de referencia empezando con un rendimiento del 61% y terminar el día al 74%. Para los rendimientos acumulados se observa que al final del día obtuvo un 77% teniendo en cuenta los cambios de referencia y los minutos concebidos por pausas activas y desayuno.

En la tabla 12 se calculan los rendimientos obtenidos hora a hora y acumulados en base en la producción en minutos y la producción objetivo en minutos, la relación de estos es mediante una división y posterior se pasa a un factor porcentual. Se hace el mismo procedimiento para calcular los acumulados.

Tabla 12. Rendimiento en minutos

HORARIO	6:00 a 7:00	7:00 a 8:00	8:00 a 9:00	9:00 a 10:00
%Rm=(Pm/Pom)*100	71%	85%	113%	61%
%Rm=(Pm/Pom)*100	42,5/60*100=71*	51/60*100=85%	51/45*100=113%	30,6/50*100=61%
%Ram=(Pam/Poam)*100	71%	78%	88%	81%
%Ram=(Pam/Poam)*100	42,5/60*100=71%	93,5/12*100=78%	144,5/165*100=88%	175,1/215*100=81%

HORARIO	10:00 a 11:00	11:00 a 12:00	12:00 a 13:00	13:00 a 14:00
%Rm=(Pm/Pom)*100	65%	57%	68%	74%
%Rm=(Pm/Pom)*100	35,7/55*100=65%	34/60*100=57%	40,8/60*100=68%	44,2/60*100=74%
%Ram=(Pam/Poam)*100	78%	74%	73%	73%
%Ram=(Pam/Poam)*100	(210,8/270)*100=78%	(244,8/330)*100=74%	(285,6/390)*100=73%	329,8/450*100=73%

Fuente. Autores.

En la tabla 13 se muestra el comportamiento de los minutos improductivos que serán un factor importante para el calcula de la eficiencia.

Tabla 13. Minutos improductivos.

HORARIO	6:00 a 7:00	7:00 a 8:00	8:00 a 9:00	9:00 a 10:00	10:00 a 11:00	11:00 a 12:00	12:00 a 13:00	13:00 a 14:00
Cantidad de minutos improductivos por daño mecánico	0	0	0	0	0	0	0	0
Cantidad de minutos improductivo por falla de insumos	0	0	0	0	0	0	0	0
Cantidad de minutos improductivo por falta de trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0
Total improductivo	0	0	0	0	0	0	0	0
Total improductivo, acumulado	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente. Autores.

Se evidencia que en la jornada laboral de la operaria se presentaron 3 tipos de improductivos, el primero correspondiente al daño mecánico con un total de 25 minutos, el segundo a falta de insumos con un acumulado de 7 minutos, en consecuencia, se sumaron 32 minutos en total qué le afectó la producción a realizar.

%Em = Porcentaje de eficiencia en minutos y acumulado:

Para este cálculo es importante tener presente la producción en minutos y en este caso se debe sumar y tener en cuenta el tiempo de los improductivos hacemos una relación con estas dos variables después las dimos con la producción objetivo en minutos y le aplicamos el factor porcentual de esta manera calculamos la eficiencia que pudo haber tenido la operaria si no hubiera tenido aquellos “improductivos”. Ver tabla 14

Tabla 14. Cálculo de eficiencia

HORARIO	6:00 a 7:00	7:00 a 8:00	8:00 a 9:00	9:00 a 10:00
$\%Em = ((Pm+Ti)/Pom)*100$	71%	85%	113%	61%
$\%Em = ((Pm+Ti)/Pom)*100$	$((42,5+0)/60)*100=71^*$	$((51+0)/60)*100=85\%$	$((51+0)/45)*100=113\%$	$((30,6+0)/50)*100=61\%$
$\%Eam = ((Pam+Tia)/Poam)*100$	71%	78%	88%	81%
$\%Eam = ((Pam+Tia)/Poam)*100$	$((42,5+0)/60)*100=71^*$	$((93,5+0)/120)*100=78\%$	$((144,5+0)/155)*100=88\%$	$((175,1+0)/215)*100=81\%$

HORARIO	10:00 a 11:00	11:00 a 12:00	12:00 a 13:00	13:00 a 14:00
$\%Em = ((Pm/Ti)/Pom)*100$	65%	85%	81%	85%
$\%Em = ((Pm/Ti)/Pom)*100$	$((35,7+0)/55)*100=65\%$	$((34+17)/60)*100=85\%$	$((40,8+8)/60)*100=81\%$	$((44,2+7)/60)*100=85\%$
$\%Eam = ((Pam+Tia)/Poam)*100$	78%	79%	80%	80%
$\%Pam = ((Pam+Tia)/Poam)*100$	$((210,8+0)/270)*100=78\%$	$((244,8+17)/330)*100=79\%$	$((285,6+25)/390)*100=80\%$	$((329,8+32)/60)*100=80\%$

Fuente. Autores.

Si se hace una comparación de los indicadores de la tabla 12, se observa que en las primeras horas el porcentaje es el mismo, ahora, cuando llega a la sexta hora los porcentajes tienden a cambiar debido a que a partir de esa hora existen improductivos por falta de insumos y por daño mecánico; por ejemplo si se analiza la última hora acumulada de los dos cuadros donde el porcentaje es del 73% la eficiencia es 80%, lo que quiere decir que la operaria si no hubiera tenido aquellos improductivos hubiera estado al 80% pero como se presentaron 32 minutos solo llegó al 73%, esto nos puede dar dos conclusiones, Primero: al realizar mejoras en los procesos improductivos se puede incrementar un 7% de la eficiencia de la operaria pero de ese 80% que dio cómo eficiencia al 100% sería trabajo puntual de métodos y ritmos de trabajo.



CONCLUSIONES

La metodología utilizada es exitosa, dada que los aprendices contextualizan las diferentes variables que inciden en el control de la producción, para lo cual en ejercicios posteriores, se podrán modelar a través de simulación discreta un ejemplo de producción.

El análisis de los sistemas de producción y cómo las diferentes variables interactúan en el contexto de confección, contribuye a que los aprendices apropien de una manera más reflexiva los diferentes conceptos necesarios para su formación laboral, lo que les permitirá desenvolverse de manera más eficaz en posteriores ejercicios que realicen en su etapa productiva

La matemática en contexto contribuye al aprendiz a proponer algoritmos de producción acordes a las necesidades de las empresas, buscando con ello determinar indicadores de producción claros, y eficaces en su consecución, por tal motivo se pueden mejorar este ejercicio en la construcción de plantillas en Excel, simplificando la formulación y dejando claro variables de entra y salida de sistema.

La determinación de algoritmos para el control de la producción en el sector confección permite identificar de manera cuantitativa las variables que afectan dicha producción, lo que permite la toma de decisión más adecuada y eficaz en el proceso

Los resultados de los procesos y el análisis posterior de éstos a través de los indicadores, nos brindan la oportunidad de realizar actividades, que conduzcan a identificar posibles falencias en los sistemas productivos, dando oportunidades de mejora, buscando optimizar los resultados.

La formulación de algoritmos para el análisis de indicadores de eficiencia y eficacia, permite el control de producción en procesos de confección, lo cual es insumo importante en la toma de decisiones del responsable de producción, buscando realizar mejoras que alteren positivamente los indicadores.

BIBLIOGRAFÍA

Castro Mina, M. C. (2016). Competitividad en el sector textil-confecciones. Bogotá: Ediciones EAN.

Chapman, S. N. (2006). Planificación y Control de la Producción. México: Pearson Educación.

Ispizua, M., & Lavia, C. (2016). El Análisis y la Interpretación de los Datos. En M. Ispizua, & C. Lavía, LA Investigación Como Proceso. Planificación y desarrollo (Primera ed.). Madrid, España: Dextra Editorial, S. L.

Meredith, J. (2002). Planeación de la Capacidad. En J. Meredith, Administración de las Operaciones. Un Énfasis Conceptual (Segunda ed., págs. 195 - 206). Mexico: Limusa Wiley, S.A de C.V.

Mochon, F. (2014). La Toma De Decisiones y La Planeación. En F. Mochon Morcillo, M. Mochon, & M. Saénz Mochon, Administración Enfoque por Competencias con Casos Latinoamericanos (Primera ed., pág. 564). México: Alfaomega Grupo Editor S.A de C.V.

Moreno, F., Marthe, N., & Rebolledo, L. A. (2012). Cómo Escribir Textos Académicos según Normas Internacionales. En F. Moreno, N. Marthe, & A. Rebolledo, Cómo Escribir Textos Académicos según Normas Internacionales (págs. 130 - 140). Barranquilla: Universidad Del Norte.

Munch, L., & José, G. M. (2017). Fundamentos de la Administración (Decimosegunda ed.). Mexico: Trillas.

Niebel, B., & Freivalds, A. (2014). Estudio De Tiempos. En B. Niebel, & A. Freivalds, Ingeniería Industrial de Niebel. Metodos, Estandares y Diseños (13° ed., págs. 307- 324). Mexico: Mc Graw-Hill.

Sipper, D., & Bulfin Jr., R. (2004). Planeación y Control de la Producción. Mexico: McGRAW-HILL.

