



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Gestión Industrial

**PROPUESTA DE LA UTILIZACIÓN DE MANDO INTEGRAL PARA LA MEDICIÓN DE  
PRODUCTIVIDAD DE OPERARIOS Y MAQUINARIA EN UNA PLANTA DE HILANDERÍA**

**Ing. José Julio Lemus Córdón**  
Asesorado por Mtra. María Andrée Cruz

Guatemala, marzo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE LA UTILIZACIÓN DE MANDO INTEGRAL PARA LA MEDICIÓN DE  
PRODUCTIVIDAD DE OPERARIOS Y MAQUINARIA EN UNA PLANTA DE HILANDERÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ING. JOSÉ JULIO LEMUS CORDÓN**  
ASESORADO POR LA MTRA. MARÍA ANDRÉE CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Walter Darío Caal Mérida
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **PROPUESTA DE LA UTILIZACIÓN DE MANDO INTEGRAL PARA LA MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD DE OPERARIOS Y MAQUINARIA EN UNA PLANTA DE HILANDERÍA**



Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 08 de agosto de 2020.

**Ing. José Julio Lemus Cordón**

LNG.DECANATO.OI.152.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE LA UTILIZACIÓN DE MANDO INTEGRAL PARA LA MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD DE OPERARIOS Y MAQUINARIA EN UNA PLANTA DE HILANDERÍA**, presentado por: **José Julio Lemus Cerdón**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Gestión industrial después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Inga. Aurelia Anabela Cordova   
Decana

Guatemala, marzo de 2022

AACE/gaoc



**Guatemala, marzo de 2022**

LNG.EEP.OI.152.2022

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

**“PROPUESTA DE LA UTILIZACIÓN DE MANDO INTEGRAL PARA LA MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD DE OPERARIOS Y MAQUINARIA EN UNA PLANTA DE HILANDERÍA”**

presentado por **José Julio Lemus Cordón** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
**Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
Director

**Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería**



*Ref. Gestión Industrial Plan Diario*  
Guatemala, 20 de mayo de 2021

Director  
Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Escuela de Estudios de Postgrado  
USAC – Facultad de Ingeniería  
Presente.

Estimado Mtro. Álvarez:

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el trabajo de graduación titulado: **“PROPUESTA DE LA UTILIZACIÓN DE MANDO INTEGRAL PARA LA MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD DE OPERARIOS Y MAQUINARIA EN UNA PLANTA DE HILANDERÍA”**, del estudiante **José Julio Lemus Cordón** quien se identifica con carné **201990339** del Programa de Maestría en Gestión Industrial.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*



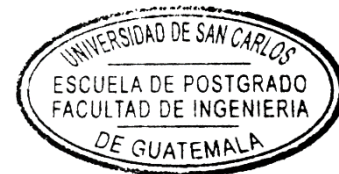
**Mtro. Hugo Humberto Rivera Pérez**

**Coordinador Gestión Industrial**

Plan Diario

Escuela de Estudios de Postgrado

Facultad de Ingeniería



Guatemala, 15 octubre 2020

**Ingeniero M.Sc.  
Edgar Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería USAC  
Ciudad Universitaria, Zona 12**

**Distinguido Ingeniero Álvarez:**

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesor de trabajo de graduación del estudiante José Julio Lemus Cordón, Carné número 201990339, cuyo título es "**PROPUESTA DE LA UTILIZACIÓN DE MANDO INTEGRAL PARA LA MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD DE OPERARIOS Y MAQUINARIA EN UNA PLANTA DE HILANDERÍA**", para optar al grado académico de Maestro en Gestión Industrial, he procedido a la revisión del mismo.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia y aprobación para que el estudiante Lemus Cordón, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



**María Andrée Jimena Cruz Salguero**  
Ingeniera Industrial  
Colegiado No. 17,283

**Ing. María Andrée Cruz**  
M.Sc. Reingeniería y Tecnologías de Aseguramiento  
Colegiado No. 17283  
Asesor



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mi madre** Annabella Córdón, por ser una influencia importante en mi vida académica, profesional y personal.
- Mi padre** José María Lemus, por ser una influencia importante en mi vida académica, profesional y personal.
- Mi abuela** Olga Córdón, por su singular acompañamiento en toda mi vida.
- Mis hermanos** Mario Roberto y Ana Lucía Lemus Córdón, por ser una influencia importante en mi vida académica, profesional y personal.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera.
<b>Escuela de Estudios de Posgrado de Ingeniería</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera.
<b>Empresa dónde se trabajó esta investigación</b>	Respetando su confidencialidad, su disposición y apoyo en la elaboración de esta investigación.
<b>Mi asesor</b>	Mtra. María Andreé Cruz, por su disposición y apoyo en la elaboración del presente trabajo de graduación.
<b>Amigos y compañeros de trabajo</b>	Sr. Luis Estuardo Hernández Amado y Sr. Mario Efraín Vela Bran, por su disposición y apoyo en la elaboración de la investigación presentada.



	2.1.3.2.	Implementación de la industria 4.0 en la industria de hilandería.....	10
2.2.		Mando integral .....	11
	2.2.1.	Perspectivas asociadas .....	12
	2.2.1.1.	Perspectiva Financiera .....	13
	2.2.1.2.	Perspectiva de Procesos Internos .....	14
	2.2.1.3.	Perspectiva al cliente .....	14
	2.2.2.	Perspectiva a la formación y crecimiento.....	14
	2.2.2.1.	Metodología S.M.AR.T.....	15
2.3.		Determinación de un objetivo S.M.A.R.T.....	16
2.4.		Beneficios y riesgos en la implementación de la metodología S.M.A.R.T. ....	18
2.5.		Implementación de un cuadro integral.....	19
	2.5.1.	Modelo de control y seguimiento .....	20
	2.5.2.	Modelo de aprendizaje organizativo y comunicación .....	20
3.		DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
	3.1.	Enfoque.....	21
	3.2.	Unidad de análisis .....	22
	3.3.	Variables .....	22
	3.4.	Fases del estudio .....	24
4.		PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	29
	4.1.	Monitorización de productividad .....	29
	4.2.	Mando integral de indicadores .....	33
	4.2.1.	Indicadores delimitados según metodología S.M.A.R.T.....	33

4.3.	Indicadores por perspectiva de mando integral de indicadores .....	34
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	39
5.1.	Evaluación del proceso de medición de productividad .....	39
5.2.	Mando integral de indicadores .....	41
5.2.1.	Perspectiva financiera .....	42
5.2.2.	Perspectiva clientes .....	43
5.2.3.	Perspectiva procesos .....	44
5.2.4.	Perspectiva formación .....	45
5.3.	Análisis global de los beneficios obtenidos .....	47
5.3.1.	Medición de la productividad de manera automática .....	47
5.3.2.	Uso de mando integral para la gestión de la productividad .....	47
5.3.3.	Reproducibilidad .....	48
6.	CONCLUSIONES .....	49
7.	RECOMENDACIONES .....	51
8.	REFERENCIAS .....	53
9.	APÉNDICE .....	57



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Comparativo de eficiencias entre lectura manual y automática .....	30
2.	Distribución error porcentual entre la medición manual y automática ...	31
3.	Productividad promedio mensual de la planta durante el período de enero a junio 2020 .....	32
4.	Indicador de perspectiva financiera del mando integral .....	34
5.	Indicador de perspectiva cliente del mando integral .....	35
6.	Indicador de perspectiva de procesos del mando integral .....	36
7.	Indicador de perspectiva de formación del mando integral .....	37
8.	Comparativo entre la variación del costo promedio y la productividad de la planta durante el período de evaluación, enero a junio 2020 .....	38

### TABLAS

I.	Variables utilizadas en la investigación .....	22
II.	Cálculo de la media a un nivel de confianza de 95 %.....	32
III.	Indicadores por perspectiva del mando integral .....	33





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>kW-h</b>	Potencia de kilowatts por hora.
<b>Ne</b>	Título de hilo, relación entre el peso por unidad de longitud



## GLOSARIO

<b><i>Nep</i></b>	Pequeños copos y grupos de fibras.
<b><i>Pilling</i></b>	Se le conoce al defecto de la tela en la cual aparecen peños nudos o bolitas que restan al valor estético. Traducción: frisado.
<b>Productividad</b>	Cantidad de producción de una unidad de producto o servicio por insumos utilizados y unidad de tiempo.



## RESUMEN

La industria textil es una de las industrias que genera mayores ingresos en Guatemala. Debido a los acuerdos de libre comercio con Estados Unidos. Esta industria es motivo de estudios en otros países que al combinar los avances tecnológicos con la gestión industrial permiten alcanzar más altos resultados.

En esta propuesta se elaboró un cuadro de mando integral en torno a 4 perspectivas; y cada una de ellas se evaluó durante un período de 6 meses. Dichos indicadores fueron delimitados con la metodología *Specific, Mesurable, Achivable, Realistic, Timely*, (mediable, Especifico, alcanzable, realista, delimitado en el tiempo) S.M.A.R.T. para garantizar un resultado mediable y alcanzable durante el período de estudio.

Aunado a esto se emplearon métodos novedosos, bajo la línea de innovación, para la monitorización y cuantificación de la productividad con el fin de poder comparar su incidencia durante el período de evaluación.

Finalmente se desarrolló una breve discusión de todos los resultados obtenidos; aquí se puede detallar cómo la gestión de los recursos puede afectar la productividad y rentabilidad de la operación, tanto operarios como maquinaria. De aquí se pudo identificar el motivo del aumento del 25 % del costo de conversión por libra equivalente manufacturada. Esto debido al aumento de consumo de energía eléctrica y déficit en la administración presupuestaría. Además, se detallan varias recomendaciones a varias entidades para mejorar los resultados, y tomar en cuenta puntos no detallados.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según se detallará más adelante la planta de hilandería evaluada presentaba un área de oportunidad para la implementación de una herramienta industrial para agilizar su evaluación de resultados.

- Contexto general

En la planta de hilandería, de la empresa evaluada, se realizaron evaluaciones no oportunas, con información recopilada de manera manual por lo que están sujetos a cálculos y mediciones subjetivas y tardadas, debido al tiempo que toma la recopilación y análisis de estos. Es por ello que se requiere la implementación de un sistema de integral de indicadores confiable y eficiente.

- Descripción del Problema

Antes de comenzar el estudio se registraba manualmente algunos parámetros operacionales como la rapidez de entrega, producción obtenida, tiempo de funcionamiento, consumo de energía eléctrica en el contador entre otros parámetros de operación. Aunque no se conoce si los valores obtenidos afectan o no en las metas en conjunto que tiene la planta. Por lo que es necesario definir y mostrar los indicadores a través de un mando integral, que permitan conocer el avance hacia las metas definidas por la dirección empresarial a través del mapa estratégico.

Esto complementa la carencia de un sistema de evaluación objetivo de la planta, ya que los indicadores actuales reflejan el estado operativo de la

maquinaria mas no un desempeño y tampoco es un resultado accionable para soluciones concretas. Es decir que se enfocan en la resolución de problemas inmediatos, mas no en la raíz de estos, o la tendencia que desemboco dicha situación.

Utilizando la integración vertical de sistemas de información dispuesta por los equipos y sistemas de medición. Con el fin de poder retroalimentar al personal operativo sobre su ejecución, desarrollo operativo; mantenimiento y demás; y planificación con el fin de mejorar su rendimiento y productividad. Ya que actualmente, es una preocupación global migrar a la industria al uso de datos e información más estructurada y confiable.

- Formulación del problema

Con base a los puntos anteriores, se realizaron las siguientes preguntas, con el objeto de formular y detallar los puntos de mejora según la propuesta de la herramienta utilizada:

- Pregunta central

¿Cómo la utilización de un mando integral mejorara la medición de la productividad de operarios en una planta de hilandería?

- Preguntas auxiliares

- ¿Cómo se mide la productividad de los operarios en torno al cumplimiento de sus metas diarias?



- ¿Cuáles son los indicadores críticos de la operación que aumentarán la productividad de la planta de hilandería?
  - ¿Qué beneficios tiene utilizar el mando integral en la medición de la productividad de la planta a través de los 4 indicadores críticos propuestos?
- Delimitación del problema

A largo de 6 meses se evaluó la injerencia en la productividad de la planta respecto a la meta de productividad, como el tiempo operativo útil de la maquinaria globalmente. Para ello se consensuó los 4 indicadores a evaluar siendo cada perspectiva propia del mando integral definiéndolas según la metodología S.M.A.R.T. para conseguir resultados durante el período de evaluación.

El trabajo fue viable bajo el uso de recursos existentes y desarrollo de mediciones automáticas de las en cuestión; para ello se desarrollan procesos de monitorización.

La implementación de un mando integral de indicadores permitió, y permitirá si se continua el proyecto en su operación cotidiana, la monitorización de la productividad de los operarios de la planta de manera remota, confiable y objetiva para toma de decisiones coherentes y respaldadas con información.



# OBJETIVOS

## General

Proponer la utilización de mando integral para la medición de productividad de operarios y maquinaria en una planta de hilandería

## Específicos

1. Determinar la metodología para la medición automática de la productividad de los operarios entorno al cumplimiento de las metas diarias.
2. Identificar cuáles son los indicadores críticos según cada perspectiva que incrementarán la productividad de la planta.
3. Identificar los beneficios de la implementación y uso de un mando integral para la medición de productividad a través de los 4 indicadores críticos propuestos.



## RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

La investigación realizada es de enfoque cuantitativo, ya que se evaluó cuantitativamente la incidencia de 4 indicadores en la productividad de planta de producción en un período de análisis de 6 meses.

La investigación es de carácter exploratorio debido a ser un trabajo sin previo referente en Guatemala al año 2019. El objetivo principal de dicho trabajo es la propuesta de la medición de la productividad, acompañada de un mando integral con el fin de estudiar la incidencia de sus perspectivas en el comportamiento operacional de los colaboradores y maquinaria de la planta.

La investigación realizada es tipo descriptiva; ya que se planteó el análisis y diseño para la implementación de un mando central de indicadores útiles para los usuarios.

El desarrollo de investigación constó de 4 etapas importantes: revisión documental, plan de muestreo, cálculo de la productividad, y organización de la información y análisis de resultados. Estas fases fueron los puntos a seguir y esbozan de la siguiente manera:

Revisión documental: esta fase se realizó dos veces, la primera con el fin de incluir toda la información preparatoria para efectuar el trabajo; y la segunda para clarificar e incluir información adicional a los puntos tratados. En esta fase se incluyó la definición de la técnica a utilizar, S.M.A.R.T.

Plan de muestro: en esta fase se delimitaron los indicadores por perspectiva a utilizar; así como todas las variables que lo conforman. En este punto se especificaron las variables a medir, las cuales son:

- Productividad: como la relación de tiempo efectivo entre el tiempo por turno. Esta modificación del valor indicado en el presente trabajo respecto al método de cálculo por la literatura se debe a que cada tipo de máquina tiene un caudal de entrega diferente; y hacer la separación de dicha información compromete la capacidad instalada de la planta y su confidencialidad.
- Cumplimiento de la pilosidad: sobre el factor de pilosidad cómo estándar.
- Producción equivalente: como medida uniforme de toda la producción del título del hilo durante el período de evaluación.
- Ejecución presupuestaria: como la relación porcentual del monto utilizado sin la compra de materia prima y el monto previamente asignado.

Cálculo de la productividad: en esta fase se desarrolló el método automático de monitorización, este refleja la productividad de la planta como el tiempo efectivo utilizado en relación del tiempo. Este cálculo es vital para conocer la incidencia y el beneficio de la herramienta utilizada.

Organización de la información y análisis de resultados: se presentaron de manera mensual los resultados obtenidos de cada indicador; y al final del período se analizó si se alcanzó la meta S.M.A.R.T. propuesta. Así mismo se revisó el impacto obtenido del comportamiento de los indicadores respecto a la

productividad de la planta, como el mecanismo para la evaluación de los colaboradores y la maquinaria.





## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se desarrolla para uso en el ramo textil en una planta de hilandería. Dicho trabajo se desarrolla como la sistematización en la recolección de información para la gestión de la productividad en plantas de producción, todo esto bajo la de línea de investigación de innovación entorno a dos ejes importantes de la misma; el primero, la Relación Tecnología-Productividad; y el segundo, el desarrollo de las empresas innovadoras.

Al igual que muchos giros económicos, la toma de datos y transformación en información útil es un trabajo rutinario. Sin embargo, la Industria 4.0 también llamada la cuarta revolución industrial, plantea cambios significativos a la concepción básica de la toma de información y análisis de los datos obtenidos.

En torno a esto se plantea implementar un mando integral de indicadores para alcanzar las metas del mapa estratégico de la empresa con el apoyo de herramientas tecnológicas. Estas últimas permitiendo obtener información oportuna en un tiempo mucho menor que la toma de datos manuales. El mando integral se trabaja enfocado en la perspectiva financiera, procesos, clientes y formación, en adición de la monitorización de la productividad de la planta. Finalmente se valorizará la fluctuación, y el incremento, si existe, en torno al beneficio alcanzado en producción.

Como antesala al inicio del proyecto se realizó una sesión para concientizar al equipo de trabajo y que se utilice la información obtenida, así como su retroalimentación para la mejora del proyecto a largo plazo fuera del tiempo de análisis de este trabajo de investigación.

En el Capítulo I, del informe final se incluye el marco referencial. En este se explica y detalla la injerencia similar en otras empresas extranjeras. Aquí se incluyeron referencias a varios trabajos en los que obtuvo un resultado positivo en la operación de dichas instituciones.

En el Capítulo II, del informe final se incluye el marco teórico. En este se explica el área textil de hilandería y su proceso. Se presentó la situación actual en Guatemala hasta el año 2020. Aunado a esto, se expone la industria 4.0 y la influencia en la industria textil. Finalmente, se informa sobre el mando integral y cómo, a partir de la metodología S.M.A.R.T., se pueden establecer los indicadores de mayor relevancia.

En el Capítulo III, del informe final se detalla el desarrollo de la investigación, y se clarifica cómo se realizaron cada una de las fases para alcanzar los objetivos planteados. Aquí mismo se detalla todas las variables monitorizadas y proceso que llevaron a su obtención.

En el Capítulo IV, se presentan los resultados obtenidos. Estos incluyen el detalle de la productividad obtenida durante el período de evaluación y comparación contra la antigua recolección; cada uno de los indicadores definidos bajo la metodología S.M.A.R.T.; los gráficos obtenidos para cada perspectiva; y, finalmente, cómo está información resume la productividad de la planta entorno al beneficio alcanzable con la utilización de la información suministrada.

Finalmente, en el Capítulo V, del informe se discuten los resultados obtenidos. En esta sección se detalla el cumplimiento de cada objetivo y la información suministrada para la gestión. Así mismo se evaluó el impacto real que tuvo en la productividad de la planta de hilandería durante el periodo evaluado.

## 1. MARCO REFERENCIAL

Desde hace algunos años, se ha popularizado el término de Industria 4.0 entorno a la nueva revolución industrial. Chen y Xing (2015), presentaron en una disertación sobre la integración de la cadena industrial enfocada en una manufactura en masa inteligente y flexible en ámbito textil; que conlleva muchos beneficios como el manejo competitivo de costos de fabricación y una propuesta diferenciada al poder mejorar la productividad y tiempos de entrega a clientes.

Si bien es cierto que no es un movimiento en torno a una única industria, ha sido investigado con detenimiento en la industria textil; esto porque provee una ventaja competitiva en el mercado. Así mismo no es único en una región o país, puesto que tiene diferentes aristas en torno a su implementación como indica Bullon, González, Hernández y Queiruga (2017), en su trabajo sobre como diversas ramas de la industria textil (fibras, hilos, telas, prendas y artículos textiles decorativos y tecnológicos) utilizando el sistema de análisis de casos (*Case Based Reasoning*, CBR por sus siglas en inglés) se puede concluir que es posible utilizar en diversos sistemas para mejorar la productividad, calidad y reducción de costos al implementar simulaciones antes de correr líneas de prueba en contra de la realización de líneas de preproducción, lo que reduce costos materia prima y mano de obra. Aunado esto, ellos concluyen que la tecnología a desarrollar en base a los paradigmas de la industria será rápidamente alcanzada según lo exige la industria en los próximos años.

De igual manera han sido implementados en diferentes países como Rumania según describen Farcas, Pop-Moldovan y Popescu (2018), en el cual se enfocan en el modelado de escenarios para los productos a realizar en torno

a una fabricación vertical, esto es vital para la asignación de recursos en torno a metas especificadas y la medición del cumplimiento de las mismas como la producción diaria; en Alemania Küsters, Praß y Gloy (2017), concluyeron que el próximo paso para la industria textil en Alemania radica en la implementación de operaciones digitales, esto con el fin de obtener información verídica y la toma de decisiones eficientes, yuxtapuesto a una falta de personal capacitado y un pobre análisis financiero de las empresas ; y Pakistán Maqbool (2015), establece los parámetros ideales para poder implementar un mando integral de indicadores (BSC, *balanced scoreboard*) en torno a 6 perspectivas, sin embargo, estas son una guía, la fábrica o punto de implementación es aquella que regirá cuáles serán los parámetros e indicadores a evaluar y monitorear. Ya que cada área de la producción es distinta.

En particular un proceso de hilandería consta de una operación de apertura de fibra, cardado, estirado, preparación, hilado y enconado; cada punto tiene sus parámetros de control necesarios de evaluación. Por lo que se intentará englobar los resultados en 4 perspectivas la financiera, de procesos, cliente y formación a través de mediciones por medios automáticos y semiautomáticos y corroborar los beneficios alcanzados de la meta de producción diaria, como factor de medición de la productividad de los operadores y la maquinaria.

## **2. MARCO TEÓRICO**

La industria textil es uno de los gremios de mayor impacto económico en Guatemala. Así mismo, es de las industrias con mayores inversiones y avances en gestión industrial y tecnología según se detallará más adelante.

### **2.1. Industria textil**

La industria textil es uno de los gremios económicos de mayor impacto. Como se explicará posteriormente, abarca desde el uso de fibras naturales hasta artificiales y de aplicación en vestuario hasta aplicación industrial. La industria textil puede ser ramificada de acuerdo con el uso y producto final; como, hilandería, tejido y teñido y acabados; o tejido de punto o tejido plano.

#### **2.1.1. Industria textil. Definición**

La industria textil es aquella área de la economía que abarca la producción de telas, fibras, hilos y los productos derivados de estos. Warshaw (2016), “etimológicamente proviene del término en latín *texere* (Tejer), por ello que en un principio se refiere al tejido de telas a partir de fibras naturales (de origen animal, vegetal o mineral) o sintéticas” (p. 2). Pero en la actualidad están incluidos procesos adicionales como el tejido punto, anudado de fibras, el enfurtido, entre otros.

Según indica Ucha (2013), que arcaicamente el término de textil se utilizaba exclusivamente para denominar a las telas que se encontraban tejidas; aunque,

con el desarrollo de la industria la palabra se usa también para designar a las telas que se obtienen a partir de otros procesos.

La producción textil comenzó como una actividad artesanal, practicada por grupos hábiles en dicho oficio. Con el avance tecnológico, también se ha desarrollado la industrial, y se dio el auge a grandes empresas en la región oriental europea y Gran Bretaña; traído por los colonos a Nueva Inglaterra. Según indica Warshaw (2016), que hasta el siglo XX, el uso de las fibras naturales - como el algodón, la lana, el lino y la seda- habían sido las más utilizadas, pero a partir de la aparición de las fibras sintéticas, como el polyester y el nylon, comenzaron a destinarse más allá de para la producción de fibras para la producción de hilos de coser -en el alma del hilo- entre otras. Aunado a los avances de la revolución industrial que conllevaron desarrollo a las tecnologías de la época, incluyendo la máquina de coser y otros en las diferentes etapas de la revolución industrial.

#### **2.1.1.1. Hilandería**

El proceso de Hilado o Hilandería, en su concepto más básico se define como la manufactura de hilo a partir de fibras ya sea de origen vegetal, animal, mineral o sintético, y naturalmente, en sus inicios vello de animales, plantas y semillas eran procesados para obtener fibras.

Las fibras naturales conllevan un proceso de estiraje, paralelizado por peinado o cardado, y torsión a lo largo de los procesos de hilado. Según indica Washaw (2016) la hilatura abandono los talleres artesanos rurales con la invención de la continua de hilar en 1769 por Richard Arkwright y la introducción de la selfactina por Samuel Crompton permitiendo a los operarios un millar de

husos por primera vez, lo que transformó esta artesanía en las plantas de hilandería de hoy en día.

#### **2.1.1.2. Procesos de producción de hilo cardado**

El proceso de hilado comienza al definir la composición y, por ende, la materia prima a utilizar, para algodón, generalmente comienza con la selección de las pacas a utilizar en base a las propiedades idóneas para la producción del hilo para un uso determinado.

Según indica Warshaw, (2016), en su explicación de Procesos de Producción de Hilo, el proceso puede ser delimitado de la siguiente manera:

- Apertura
- Cardado
- Peinado (según el producto final a entregar)
- Estirado
- Preparación
- Hilado
- Enconado

#### **2.1.1.3. Apertura**

Según indican Clapp, Schreiner y Quier (1995), pacas se distribuyen en relaciones de mezcla; generalmente de 6,8 o más según la longitud de la línea de apertura. El proceso empieza cuando las pacas se colocan en líneas de apertura para ser consumidas por pinzadoras; o se sacan a mano la fibra y se colocan en batanes, los cuales son alimentadores dentados con cintas transportadoras. El material obtenido son copos ligeros, esponjosos y pequeños

que atraviesan cámaras de mezclado con el fin de eliminar partículas. Estas últimas homogenizan el contenido y, como su nombre indica, mezclan la cantidad de material dispuesto en la línea de apertura, a manera que cada kilogramo de material este compuesto por cada paca colocada. Las cámaras de mezclado inician también la limpieza, removiendo material extraño. Anteriormente, se acostumbraba a colocar las pacas en la línea de apertura con veinticuatro horas de anticipación para que recuperaran su volumen y controlar la humedad, hoy en día con sistemas de climatización y especificaciones de compra el tiempo aireado se puede reducir tanto según el tiempo de consumo de la pinzadora.

#### **2.1.1.4. Cardado**

Posteriormente, “la mezcla obtenida pasa a las máquinas de cardado, en estas se lleva a cabo la segunda y la última fase de limpieza”, según indica (Washaw, 2016, p. 8). La carda es una de las máquinas más importantes en el proceso; en sí, Washaw (2016), la clasifica como “Es la disposición de tres cilindros cubiertos de alambres y una serie de barras planas también cubiertas de alambres” (p. 8). estos al operar remueven Neps abriéndolos y separándolos; aquí también se eliminan muchas de las impurezas y materias extrañas, agrupando las fibras en una cinta para depositarla en un recipiente.

#### **2.1.1.5. Estirado y preparación**

Una vez se producido la cinta pasa al proceso de estirado, el cual utiliza el estiramiento por medio de cilindros en un tren de estiraje reforzando las fibras y estirándolas paralelamente con el fin de obtener una cinta con peso por longitud uniforme mejorando la mezcla. En esta operación se utilizan manuales, estos emplean la cinta del cardado al pasar por la fileta de la máquina. “En este punto la cinta entra en un tren de estiraje, que consiste un sistema de pares de cilindros



que se giran a velocidades distintas” Clapp, et. al. (1995, p. 5). El peso por unidad de longitud de la cinta obtenida aún no es apto para pasar al hilado de anillos. Clapp, et.al. (1995) indica que “esta cinta pasa al área de mechado, con el fin de reducir el peso e inicia la torsión, que mantiene la integridad de las hebras estiradas” (p. 4). La cinta obtenida se coloca en la fileta, pasando por entre un tren de estiraje reduciendo el diámetro a una quinta del valor inicial. El producto obtenido se conoce como mecha. La mecha pasa hacia las máquinas de hilar.

#### **2.1.1.6. Hilado**

Warshaw (2016), indica que la manufactura mayoritaria se realiza por medio máquinas de continuas de anillos, diseñadas para estirar la mecha hasta el título deseado -también conocido como el número de hilo, o tamaño- aplicándole una torsión precisa, siendo esta última proporcional a la resistencia del hilo. Después de la zona de estirado, según indica Warshaw (2016), “El hilo pasa a través de un cursor hasta una bobina de hilado” (p. 10).

#### **2.1.1.7. Enconado**

Una vez obtenido el hilo, Clapp, et. al. (1995), indica que el hilo “Se debe acondicionarlo en función del destino del hilo” (p. 5). En general, el producto del encarretado se utilizará en el ámbito de tejido plano y el del bobinado en el tejido circular. Clapp, et. al. (1995), indica que, “En el proceso de encanillado, el hilo se enrolla en conos suficientemente pequeños para formar paquetes que caben dentro de la lanzadera del telar” (p. 5). Como parámetro de control en este punto se incluye la medición de los cortes realizados por los purgadores. Los purgadores son sensores por los cuales pasa el hilo, detectando anomalías en el mismo. Algunas de las anomalías que se purgan son: los tramos cortos y gruesos, los cortos y delgados, los largos y grueso, y la contaminación por fibras

extrañas -propileno-. Cada posición de la bobinadora devana las bobinas obtenidas en el hilado, y se registran los cortes requeridos para el acondicionamiento del hilo. Este es un parámetro crucial, ya que indica el resumen de operación de la fábrica y el resultado obtenido en cada una de las secciones. Generalmente, se resume el conteo a la cantidad de cortes promedio por máquina realizada cada cien kilómetros de hilo, que según el título del hilo puede rondar cerca de uno o dos por bobina trabajada.

### **2.1.2. Industrial textil en Guatemala**

En Guatemala, el sector de textiles y paquete completo (prenda terminada, o vestuario) es el principal sector exportador según indico la asociación de la Industria de Vestuario y Textiles (VESTEX) en el año 2019. VESTEX indica que:

En Guatemala el gremio está conformado por poco más de 280 empresas de la cadena de suministro integrada por fábricas de hilos, tejidos, bordados, serigrafías, sublimación, accesorios, teñido y acabados especiales, de confección y accesorios hasta la entrega final del producto. Siendo el gremio más organizado e integrado de toda Centroamérica con fácil acceso a productos y servicios relacionados. (VESTEX, 2019, p. 1)

En 2018, el sector vestuario y textil generó poco más de mil ochocientos millones de dólares en divisas; como meta, para el 2019 se prevé alcanzar los dos mil millones. Esto debido al aumento de participación en el mercado internacional, y aunado la crisis política de Nicaragua; ha permitido que en los últimos años este sector lidere las ventas al exterior superando toda expectativa indicada por Gamarro, (2019). A finales de 2019 VESTEX declara que se han exportado poco más de 1.6 mil millones de dólares equivalente al 8.9 % del Producto interno del país.

### **2.1.3. Industria 4.0**

La revolución industrial se conoce como el cambio oportuno del paradigma de operación de las fábricas en el tiempo acontecido. La industria 4.0 se conoce en resumen como la cuarta revolución industrial, en la cual se integra del campo digital al operacional para una operación predictiva y controlada.

#### **2.1.3.1. Industria 4.0 en la industria textil**

La introducción de sistemas mecánicos de producción marcó el inicio de la primera revolución industrial, el uso de producción especializada en masa gracias a la energía eléctrica la segunda, y la tercera se caracteriza por la automatización de procesos productivos empleando electrónicos e información tecnológica; según indica (Saggiomo, y otros, 2015). Esto último marca también el inicio de la cuarta revolución dónde se adoptan operaciones digitales y soluciones en torno al análisis estructurado de datos e información.

Según indica Küsters (2017), muchas empresas alemanas en torno al ámbito textil reciente el cambio debido a beneficios financieros inciertos y falta de especialistas con el conocimiento indicado. Para trabajar esta necesidad han surgido guías e investigaciones para su implementación como es el caso del *Textile Learning Factory 4.0 at the Institut für Textiltechnik der RWTH Universidad de Aachen* en Aachen, Alemania.

Entorno a este concepto, Chen y Xing (2015), declara que la ventaja competitiva textil china se atenúa ante el alce de los costos de producción. Por lo que, para mejorar la ejecución de procesos industriales, enfocados al área textil, con resultados de manufactura en masa a la medida inteligentes y flexibles se debe emplear la industria 4.0 como solución. De aquí que Chen y Xing (2015),

declaran que “El sistema ciber físico (CPS) y el internet de las cosas (IoT) son esenciales para el futuro de la manufactura” (p. 30). Si bien es cierto, que el cambio generacional no es propio de una industria, la producción vertical que esta posee ha sido utilizada como base para varios estudios sobre el tema.

### **2.1.3.2. Implementación de la industria 4.0 en la industria de hilandería**

En la actualidad existe una diversidad de propuestas en torno a qué conlleva la implementación de una industria 4.0 en el área textil, pero son pocas la enfocadas en el entorno de la hilandería.

En la actualidad, sobre todo en China, dónde la concentración de husos (unidad productiva usada como referencia en las plantas de hilandería) es mayor se emplean sistemas de medición de variables durante el proceso con el fin de reportar eficiencia, problemas en la operación e identificar áreas de mejora. Entre estos están, la medición de Neps en el proceso de cardado de manera automática, el consumo de energía eléctrica -por los motores- en la maquinaria en general, la eficiencia de husos en la posición de continuas y el tiempo de paro y uso de recursos debido a los cortes y empalmes en el proceso de bobinado. Todos estos puntos han venido a ser medidos mediante impulsos obtenidos por sensores colocados en la maquinaria en las ubicaciones ideales, y a ser analizados entorno a parámetros preestablecidos. Por ejemplo, en los sistemas de control de Neps en el cardado como es el caso de NepControl en las cardas de Truetzchler, el sistema consiste en la comparación de fotografías para ubicar el incremento o disminución de los puntos, basura y otras partículas previamente identificadas.

Sin embargo, todavía existe un recelo por parte de la mayoría de los profesionales experimentados en la rama; al creer que los avances tecnológicos sustituirán su posición. Si bien es cierto, las pruebas y resultados como el ejemplo planteado previamente se obtienen a una rapidez mucho mayor que una evaluación en un laboratorio; no sustituye la interpretación y conclusión de un profesional para realizar las correcciones dónde sea necesario.

## **2.2. Mando integral**

El cuadro de mando integral, o *Balance Score Card* -BSC-, es una metodología de gestión que permite enlazar la estrategia la organización con los resultados provistos por un grupo de indicadores coherentes al mapa estratégico, lo que conlleva a la toma de decisiones y acciones oportunas. Generalmente, según concluyeron en TiedCOMM (2019), “El acceso a los principales almacenes de información brinda la posibilidad de presentar los resultados de desempeño y entender por qué están dándose esos resultados” (p. 1).

El BSC permite alcanzar los resultados que favorecen la administración y gestión de una empresa; si y solo si la metodología se implementa correctamente para monitorear y analizar los indicadores. Lo que se concluye en la obtención de por lo menos las siguientes ventajas:

- Empleados trabajando alineados y entrono a la visión empresarial.
- Rendición de cuenta de los objetivos a todo el personal involucrado.
- Disponer de una flexibilidad para redefinir la estrategia según los resultados, cuando sea necesario.

- Convertir la visión y estrategia de la empresa en un plan de acción coherente.
- Favorece la integración de información en las diversas áreas corporativas.

Esta metodología, Correa y Van Hoof (2010), indican que:

Tiene sus inicios en 1992 cuando Kaplan y Norton de la Universidad de Harvard revolucionaron la administración de empresas al introducir un concepto bastante efectivo para alinear la empresa hacia la consecución de las estrategias del negocio, a través de objetivos e indicadores tangibles. (Correa y Van Hoof, 2010, p. 5)

Así mismo, Correa y Van Hoof (2010), indican que:

El BSC se suele analizar como un elemento facilitador de la implementación de estrategias empresariales; y permite hacer evidentes las relaciones causales entre actividades financieras y no financieras, e identificar el impacto de las actividades indirectas que permiten el logro de objetivos estratégicos. (p. 21)

### **2.2.1. Perspectivas asociadas**

Las cuatro aristas, con las que se asocia el cuadro integral de indicadores, de un negocio o empresas son:

- Financieras
- Clientes
- Procesos Internos

- Formación y Crecimiento

Estas perspectivas, según establece Díaz, A. (2016), “Abarcan todos los procesos necesarios para el correcto funcionamiento de una empresa, según se define en la metodología, y deben ser considerados en la definición de los indicadores” (p. 14). Sin embargo, TiedCOMM (2019), reconoce que “El giro propio de negocio puede requerir que existan más, aunque difícilmente se elimina uno de estos puntos de análisis” (p. 16).

Debido a los avances tecnológicos y la virtualización de las herramientas de control y gestión, todas las perspectivas provienen de un centro de información que puede ser analizado, modelado y presentado en torno a las necesidades del negocio. En cada sección siguiente se detalle un ejemplo, usual, del medio que provee la información necesaria.

#### **2.2.1.1. Perspectiva Financiera**

Los indicadores financieros han sido, siempre, los más utilizados para conocer el resultado de una organización. Esto puesto que son el reflejo mínimo del endeudamiento, liquidez, gestión y rentabilidad en la operación de una empresa. Así mismo los resultados operativos en la organización, culminan en un actuar económico. En este sentido, todas las acciones que se tomen dentro de la organización deberán tener impacto en la perspectiva financiera indicado por Pensemos (2019). La información suele ser suministrada por un sistema ERP, *Enterprise Resource Planning*, que integran la contabilidad y finanzas; información de clientes y proveedores; ventas y compras; recursos humanos; control de inventario; y planificación de una manera centralizada y eficaz para el control de la operación.

### **2.2.1.2. Perspectiva de Procesos Internos**

Debido a la fuerte competitividad que existe en la mayoría sectores económicos, para alcanzar los objetivos financieros y de los clientes se vuelve necesario la mejora continua de los procesos clave en la operación de la empresa. Este análisis permite entender y comprender cuáles procesos actúan entorno al cumplimiento de los objetivos estratégicos, y cuales debería obviarse o descartarse con el fin de cumplir las metas indicado por Pensemos (2019), La información suele ser suministrada por un sistema de control de procesos, o flujo de procesos, como son los sistemas BPM, *Business Process Management*, el cual registra los recursos e insumos que toma resolver una tarea para alcanzar alguna meta establecida.

### **2.2.1.3. Perspectiva al cliente**

“El plan estratégico debe tener identificado el mercado y cliente hacia el cual se prevé como consumidor del servicio o producto”, (Díaz, 2016, p. 18). Esta perspectiva brinda los lineamientos para “generar, adquirir, retener y satisfacer las necesidades de los clientes”; posicionarse en el mercado; alcanzar cierto margen de rentabilidad entre otros. La información de esta perspectiva suele ser suministrada por un CRM, *Customer Relationship Management*, el cuál enlista y analiza la relación comercial con el cliente, tanto desde los cumplimientos al plan de entrega como la facturación.

### **2.2.2. Perspectiva a la formación y crecimiento**

Pensemos (2019), los identifica también como “De aprendizaje y crecimiento” (p. 12). Esta perspectiva va aunada a los resultados constantes, a largo plazo, ya que identifica la infraestructura necesaria para alcanzarlos. “Esta



se evalúa en torno a tres ejes: personal -colaboradores-, sistema de gestión y clima organizacional” (Díaz, 2016, p. 14). Su medición puede requerir el análisis e interpretación de todos los sistemas mencionados en los puntos anteriores: ERP, BPM y CRM.

#### **2.2.2.1. Metodología S.M.A.R.T.**

Esta metodología permite enfocarse en metas entorno a un aspecto del negocio, motivación e importancia. (Cooperate Finance Institute, s.f.) La metodología SMART, o S.M.A.R.T. de acuerdo con las siglas que componen su nombre, permite definir metas entorno a cinco ejes principales, que constituyen su nombre, los cuales especificaron MindTools (2015), son los siguientes:

- *S-Specific*-. Especifico. Es decir que los objetivos planteados son claramente definidos, no existe ambigüedad en la meta designada. Los objetivos que fueron correctamente especificados tienen una alta probabilidad de ser alcanzados.
- *M-Mesurable*-. Medible. Las metas planteadas tienen un criterio de medición que permite conocer el progreso a cumplirla. Debe existir una rendición de cuentas respecto a la meta, con el fin de conocer su avance. Es por ello que se debe definir con claridad el método y las variables a controlar para conocer el avance.
- *A-Achivable*-. Alcanzable. Las metas son de común acuerdo, por lo que el fin debe ser un desafío; pero posible de alcanzar. En este criterio, generalmente, surgen variables de control para definir planes de trabajo; ya que la meta se considera un desafío alcanzable.

- *R-Realistic-*. Realista. Esto significa que los objetivos planteados son alcanzables durante el intervalo tiempo provisto, con las herramientas y recursos disponibles y asignados. Este punto es plenamente subjetivo al investigador, ya que requiere la consideración si la meta puede ser realistamente alcanzada por él o ella.
- *T-Timely-*. Delimitado en el tiempo. Es decir que las metas planteadas se alcanzaran a un plazo de tiempo designado. Existe una fecha de arranque y una de culminación del proyecto, generando un sentido de urgencia. (MindTools, 2015, p. 14)

### **2.3. Determinación de un objetivo S.M.A.R.T.**

Entorno a lo detallado previamente, un objetivo SMART debe cumplir con ser específico, medible, alcanzable, realista y con una meta temporal definida. Esto permite focalizar los esfuerzos individuales para alcanzar una meta grupal afirma (Bogue, 2005).

El primer paso para la implementación de objetivos SMART, o una administración por objetivos, es que el equipo de trabajo sepa por qué se empleará la metodología, y cómo se evaluará. De ahí el segundo paso que es la definición de objetivos, de común acuerdo como alcanzables y posibles.

Es por ello que, al momento de seleccionar, o definir, un indicador se deben realizar estas preguntas el investigador:

Sí la meta específica, deberán conocer:

- ¿Quiénes están involucrados o involucradas en el desarrollo del objetivo?
- ¿Qué se planea alcanzar con esa meta?
- ¿Dónde será la meta alcanzada?
- ¿Cuándo, o a qué fecha, se necesita alcanzar la meta?
- ¿Por qué se quiere alcanzar dicha meta?

Si la meta es medible, debe de darse una respuesta corta a:

- ¿Cuánto, o qué magnitud, se alcanza la meta?
- ¿Qué indicador me permite conocer el progreso de dicha meta?
- ¿Con qué resultado se considera alcanzada la meta?

Una meta alcanzable, responde positivamente a la siguiente interrogante:

- ¿Se poseen todos los recursos y capacidades para alcanzar la meta?

Un objetivo realista responde a las siguientes interrogantes:

- ¿La meta es alcanzable con el tiempo provisto y los recursos suministrados?

Cuando se define un objetivo delimitado a una fecha de entrega, este puede responder a las siguientes preguntas:

- ¿Existe una fecha de cumplimiento clara para la entrega o culminación de la meta?
- ¿Cuándo es necesario cumplir con la meta?

#### **2.4. Beneficios y riesgos en la implementación de la metodología S.M.A.R.T.**

La importancia del uso de la metodología SMART radica en los cinco ejes definidos. Ya que permite a los usuarios migrar de metas poco realista y vagas como, por ejemplo, ser el mejor en alguna actividad o sector económico- o mejorar las ventas; a metas definidas y con sentido de dirección, ya que en definición proveen las directrices de trabajo, el intervalo de tiempo de trabajo y los recursos necesarios. Así mismo, el mejor momento para iniciar esta metodología es cuándo se está iniciando un nuevo proyecto, nueva posición, ascenso laboral entre otros especificó (Doran, 1981).

El principal detractor de esta herramienta es la misma necesidad de crear pocos objetivos, claros y delimitados. Esto debido a la cultura popular de necesitar abarcar muchas metas sin enfocarse en las cruciales. Es por ello que la implementación, si falla, se debe a alta carga y demanda de metas que excluyen muchos puntos que previamente eran considerados importantes. Pero que carecen de consecuencia. Como menciona Sean Convey, en su libro de las cuatro disciplinas de la ejecución, la carencia de objetivos claros y mentes dispersa no permite alcanzar el resultado y el exceso de metas tampoco lo permite.

## **2.5. Implementación de un cuadro integral**

El punto de arranque para el diseño, e implementación, de un BSC radica en la definición correcta y completa de la visión y estrategias tanto del objetivo - el BSC-, y el futuro de la organización. Generalmente la implementación consta de puntos definidos, entorno al protocolo establecido. Pensemos (2019), indica que estos pasos se detallan a continuación:

- Establecer el plan estratégico, definido claramente por la visión y la misión de la organización de modo que todo esfuerzo este alineado al cumplimiento de las metas.
- Asignación del área de operaciones, y encargado, del dependerá cada objetivo planteado.
- Implementar sistemas, y procedimientos, confiables que permitan la obtención de información; tales como software y otros.
- Seleccionar los indicadores de desempeño para la medición de la gestión desde cada perspectiva.
- Generar representaciones visuales ágiles y sencillas de comprensión de toda la estrategia; que permitan una rendición de cuentas clara y conocer.

“Una vez definido, se puede seguir una de las siguientes vertientes en su implementación: Modelo de control y seguimiento, y modelo de aprendizaje organizativo y comunicación”. (TiedCOMM, 2019, p. 18)

### **2.5.1. Modelo de control y seguimiento**

Díaz (2016), indica que este modelo “se utiliza cuando la visión, estrategias e indicadores fueron completamente definidos y acordados, el BSC puede implementarse como un tradicional modelo de análisis por excepción” (p. 15). TiedCOMM (2019), especifica que el seguimiento sobre los avances en el logro de las estrategias con respecto a lo planteado, y así la alta gerencia se ve liberada una cantidad de trabajo significativo gracias al BSC. Al realizar un análisis solo requieren de más tiempo aquellos fuera de estándar o meta; “un análisis que sólo se da cuando no corresponden los datos con el objetivo”. (TiedCOMM, 2019, p. 15)

### **2.5.2. Modelo de aprendizaje organizativo y comunicación**

Díaz, M. (2016), indica que:

Donde no existe un acuerdo unánime, que están en crecimiento o se quiere aprovechar el potencial de los empleados sin perder el control de la empresa, el BSC no debe utilizarse como un modelo de control, sino como un modelo de aprendizaje, un modelo proactivo que enriquezca las definiciones originales.

“Se aprovechan para alinear la estrategia planteada originalmente y, por extensión, los rumbos de la empresa”. (Díaz, 2016, p. 19).

“A diferencia del modelo de control, el estrategia necesita constantemente analizar los indicadores y tomar decisiones que reorienten los esfuerzos para obtener máximos beneficios”. (TiedCOMM, 2019, p. 24).

### **3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación realizada es de enfoque cuantitativo, sobre la mejora de productividad entorno a los objetivos planteados en una fábrica de hilandería.

#### **3.1. Enfoque**

La investigación realizada es de enfoque cuantitativo, ya que se evaluó cuantitativamente la incidencia de cada indicador en la productividad de planta de producción durante el período de análisis. Es de carácter exploratorio debido a su análisis cuantitativo de los resultados sin un referente en Guatemala; enfocada con el fin de estudiar la incidencia en el comportamiento operacional de los colaboradores de la planta.

Esto debido a los siguientes puntos:

- No existe un marco registrado en Guatemala como propuesta de aplicación que pueda ser usado de referencia, a la fecha.
- Cada administración es diferente y requiere solventar sus problemas en base a la información que ellos consideren necesaria.
- Se evaluaron indicadores en entorno a cada una de las perspectivas que propone la metodología de cuadro de mando integral en la planta de hilandería corroborando así, cuáles representan una incidencia más significativa.

La investigación realizada se clasifica de tipo descriptiva; ya que se planteó el análisis y diseño para la implementación de un mando central de indicadores útiles para los usuarios. Esto debido a que los indicadores analizados conformaron, y se utilizará por la empresa utilizada, en el cuadro integral de indicadores; ya que son específicos, medibles, alcanzables, realistas y definidos.

### 3.2. Unidad de análisis

La población en estudio estuvo compuesta por un solo grupo, el área administrativa de la fábrica hilandera. Esto con el fin de que los resultados presentados les sirvieran en su operación diaria, mensual y el cumplimiento de metas y objetivos estratégicos establecidos por la alta dirección.

### 3.3. Variables

Las variables en la investigación describen a continuación:

Tabla I. **Variables utilizadas en la investigación**

Objetivo específico	Variable	Tipo de Variable	Tipo de medición	Indicador	Técnica a utilizar	Plan de tabulación
Determinar la metodología para la medición automática de la productividad de los operarios entorno al cumplimiento de las metas diarias.	Productividad	Continua	Observable	Relación entre el tiempo productivo y el tiempo del turno de producción (720 minutos).	Recopilación del tiempo útil de la maquinaria de producción.	Se plantea una monitorización automática.



Continuación de la tabla I.

Identificar cuáles son los indicadores críticos según cada perspectiva que incrementarán la productividad de la planta.	Ejecución presupuestaria	Continua	Observable	Relación entre el total de los costos incurridos por la planta de producción.	Registro de los gastos efectuados, comparado contra el meta mensual promedio de presupuesto.	Se plantea la tabulación de los costos reflejados en el cierre contable. No se incluye el costo de Mano de obra y energía eléctrica.
	Alcance de meta de pilosidad	Continua	Observable	Relación entre la meta de pilosidad del hilo principal producido por la planta.	Registro del promedio obtenido mensualmente de los análisis de calidad entre la meta planteada.	Se plantea tabular los resultados de los estudios y promediarlos de manera mensual.
	Producción equivalente	Continua	Calculado	Es la conversión de la producción obtenida diariamente de cada producto en términos de un título equivalente, Ne 30, bajo las mismas condiciones de trabajo con el fin de eliminar la variación mensual de productos con diferente peso por unidad de longitud.	Conversión de la producción individual de cada producto a producción equivalente, y la posterior sumatoria.	Se plantea tabular la producción de cada hilo, convertir el valor a producción equivalente y la sumatoria de todos los valores.

Continuación de la tabla I.

Alcance de consumo de energía por libra equivalente producida	Continua	Observable	Relación entre el consumo de energía en kilo Watt hora entre la producción equivalente obtenida.	Registro de consumo diario de energía, modificado al intervalo de horas del turno, entre la producción equivalente obtenida durante ese turno.	Se plantea tabular el consumo diario y calcular el indicador respecto a la producción empacada reportada.
Alcance de libra equivalente producida por mano de obra invertida	Continua	Observable	Relación entre la sumatoria de horas hombre invertidas diariamente entre la producción equivalente obtenida.	Registro del tiempo laborado por turno de todos los colaboradores de la fábrica, entre la producción equivalente obtenida durante ese turno.	Se plantea tabular el tiempo laborado diario y calcular el indicador respecto a la producción empacada reportada.

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Fases del estudio

- Revisión documental

Se realizaron dos revisiones de la información a utilizar como referencia; incluyendo los aspectos, relevantes y detallados entorno a la implementación de un mando integral, y las variables útiles para el tipo operación.

En esta misma sección, principalmente en la primera revisión, se detallaron los lineamientos para establecer el mando integral de indicadores; y la base para plantear las metas a cumplir. Se optó por definir todos los indicadores según la metodología S.M.A.R.T.

En esta sección también se estableció la metodología a seguir para determinar la operación de la maquinaria en torno al título, al ser la relación entre peso y longitud del hilo. Así mismo que al colocar sensores en el eje central se puede obtener las revoluciones por minuto, velocidad lineal y tiempo real de producción. Lo cual se detallará posteriormente como el principio de la productividad en la planta evaluada.

- Plan de Muestreo

Se cambió el planteamiento original de muestro; por lo que se abandonó la propuesta de evaluar la aceptación de los operarios, y se optó por el uso de la información de parte del área administrativa de la operación de la fábrica en su toma de decisiones. En esta fase también se llegó al conceso de los indicadores a utilizar por cada perspectiva del mando integral, respaldados por algunos ejemplos previamente obtenidos en resultados contemplados en la fase anterior.

Los indicadores se delimitaron según la metodología S.M.A.R.T., y se configuró la toma de información.

Las 4 perspectivas definidas se desarrollaron de la siguiente manera:

- Financiera
  - Ejecución del presupuesto. Compuesto por:
    - Gastos realizados en el período.
    - Monto asignado en el presupuesto para el período.
- Cliente
  - Alcance de la meta de pilosidad. Compuesto por:
    - Resultado de pilosidad obtenida mensualmente.

- Parámetro de pilosidad, meta.
- Procesos Internos
  - kilowatt hora utilizados para producir una libra equivalente.  
Compuesto por:
    - Consumo de energía eléctrica en el período.
    - Producción de equivalente. Producción realizada en el período de evaluación, empleado la relación del título real y un título referente -Ne 30-.
- Formación
  - Libras equivalentes producidas por cada hora hombre invertida.  
Compuesto por:
    - Producción de equivalente. Producción realizada en el período de evaluación, empleado la relación del título real y un título referente -Ne 30-.
    - Sumatoria de horas hombre reportadas en relojes marcadores

Esto último tomando en cuenta la mayor automatización posible, tomándose como apoyo el ERP empresarial. Lo que permitió generar tableros que se actualizaban automáticamente por cada indicador.

- Cálculo de la productividad

En esta fase se planteó, e implementó, la monitorización de la productividad como tiempo efectivo de la maquinaria de la planta. Esta modificación del valor indicado respecto al método de cálculo por la literatura se debe a que cada tipo de máquina tiene un caudal de entrega diferente y son máquinas intermedias del

proceso; y hacer la separación de dicha información compromete la capacidad instalada de la planta y su confidencialidad. La relación obtenida como productividad por el caudal másico de entrega en cada máquina del proceso indican la productividad real ya que la merma en el proceso es marginal (menor al 1 % en cada tipo de máquina), información que se le entrego a la fábrica para su uso posterior.

Para ello se colocaron sensores de movimiento, al ser máquinas de hilo cardado, las áreas analizadas dependen de un eje principal que al rotar indica la presencia de hilo o cinta. Esta presencia activa y para la máquina a través de otros sensores propios del equipo, que al tomar esta señal permite calcular el tiempo efectivo durante del turno. Al mismo tiempo de este sensor se obtuvo la velocidad de entrega de las máquinas evaluadas.

Este cálculo se automatizo a manera de comparar en cualquier momento el tiempo total laborado mensualmente entre el tiempo transcurrido del mes a la fecha visualización.

- Organización de la información y análisis de resultados

Finalmente, se analizó el comportamiento de todos los indicadores, con el fin de ver el cumplimiento de la meta S.MA.R.T. planteada. Esto último tanto por mes y el período completo.

Cada perspectiva presentada tiene un significado importante la gestión de la fábrica. Por lo que se analizaron de manera individual para detectar áreas de mejora.

Así mismo se hizo una comparación entre los datos de productividad obtenidos manualmente y los automatizados, esto con el fin de poder determinar un nivel de error máximo entre los datos y el nivel de confianza de los mismos.

Una vez se obtuvo esta información se comparó el comportamiento del costo de conversión promedio de producción y su variación respecto a la productividad de la planta, lo que permite evaluar la gestión de la fábrica; y el beneficio económico que trae la propuesta realizada.

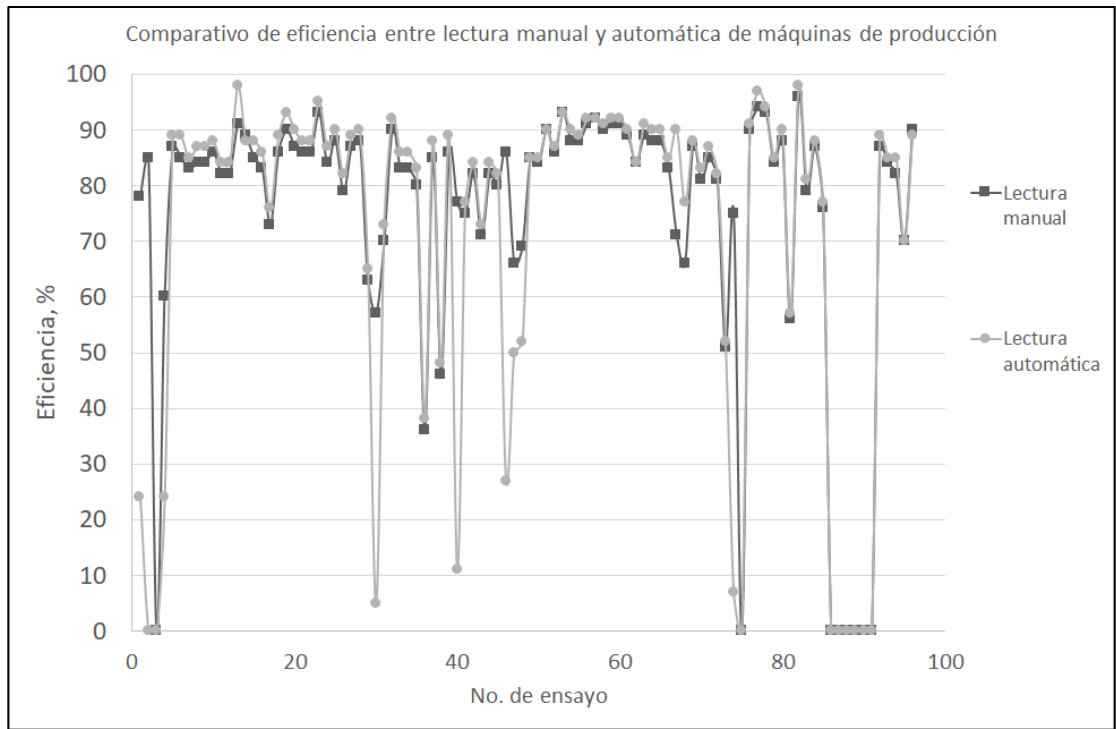
## **4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

A lo largo de los seis meses se llevó el control y datos sobre los indicadores definidos, y se realizó el análisis de la medición automática junto al cumplimiento de las metas diarias. Cada uno de estos indicadores se detallarán en este capítulo, junto con su incidencia global de resultados de costo y productividad.

### **4.1. Monitorización de productividad**

Determinación de la metodología de medición automática de la productividad de los operarios entorno al cumplimiento de las metas diarias.

Figura 1. **Comparativo de eficiencias entre lectura manual y automática**

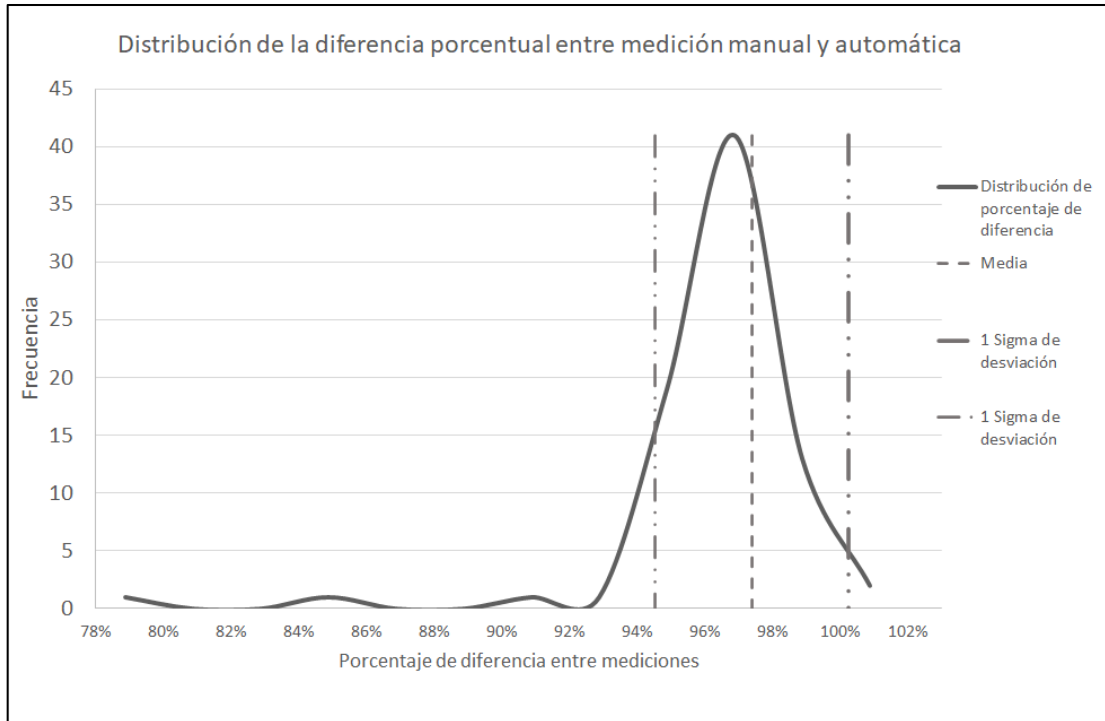


Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel 2016.

La mayor proporción del error está ubicado en el rango resaltado entre la primera desviación estándar respecto del valor central. El valor medio es de 97.38 %; según Figura 2.



Figura 2. **Distribución error porcentual entre la medición manual y automática**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel 2016.

El cálculo del nivel de confianza a un 95 %, indica que el rango de la media de la población es de (98.01 % >  $\mu$  < 96.75 %).

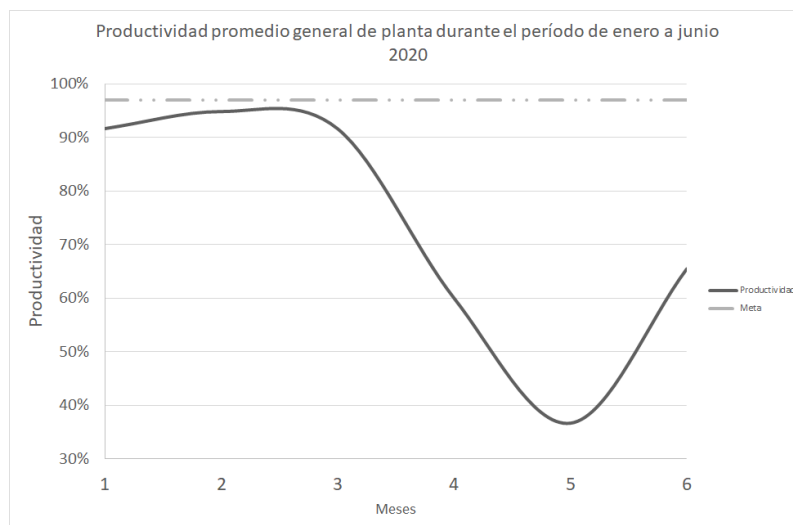
Tabla II. **Cálculo de la media a un nivel de confianza de 95 %**

Media de la muestra	Desviación estándar	Tamaño de muestra	Nivel de confianza	Valor de Z	Media de la población
97.38 %	0.028	79	95 %	1.96	(98.01 % > $\mu$ < 96.75 %)

Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Word

Productividad obtenida durante el período de estudio. La meta de productividad se estableció aleatoriamente por el equipo administrativo de la fábrica evaluada en 97 %.

Figura 3. **Productividad promedio mensual de la planta durante el período de enero a junio 2020**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel 2016.

## 4.2. Mando integral de indicadores

Cada indicador se selecciona de acuerdo a su relevancia en la fábrica de hilatura y se definieron entorno a la metodología propuesta

### 4.2.1. Indicadores delimitados según metodología S.M.A.R.T.

Todos los indicadores provienen de mediciones automáticas, utilizando un valor de referencia como meta acordado con el equipo de trabajo.

Tabla III. Indicadores por perspectiva del mando integral

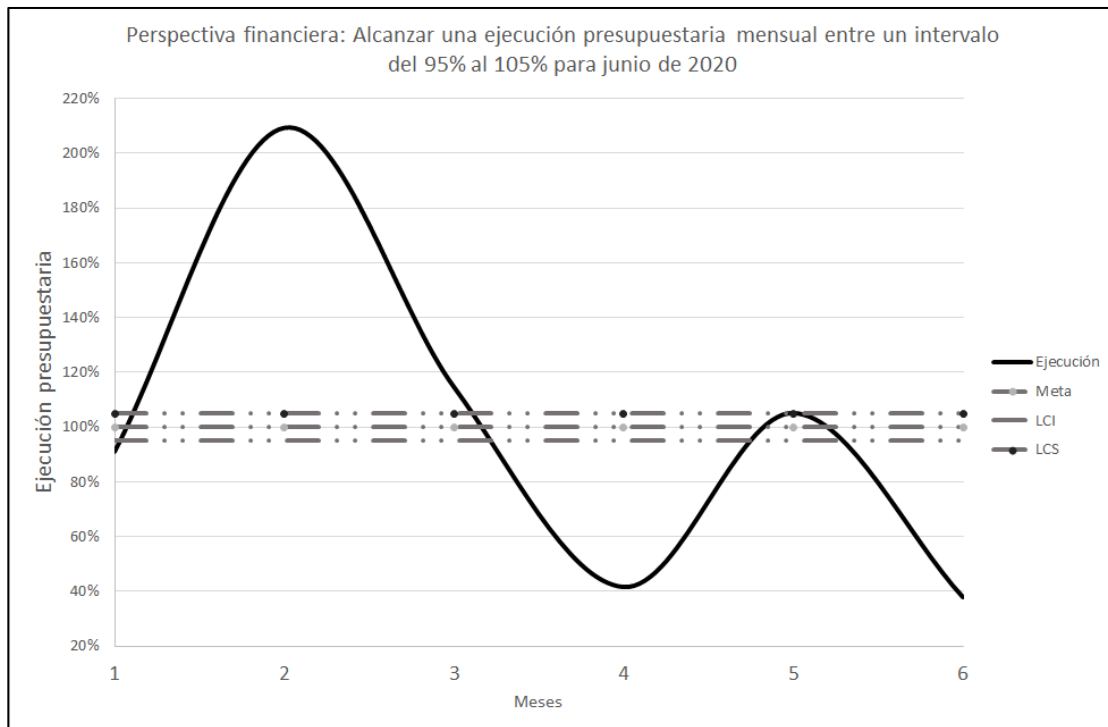
Perspectiva	Factores S.M.A.R.T.					
	Específico	Medible	Alcanzable	Realista	Delimitación temporal	Indicador propuesto
<b>Financiera</b>	Aplicable a la gerencia de la planta y costos	Porcentaje de ejecución presupuestaria	Se basa en el presupuesto asignado previamente.	Mantener un resultado con un $\pm 5\%$ de la ejecución presupuestaria.	A junio 2020	Alcanzar una ejecución presupuestaria mensual entre un intervalo del 95 % al 105 % para junio de 2020
<b>Clientes</b>	Aplicable al departamento de calidad de la planta	Porcentaje de cumplimiento de meta de pilosidad	No existe reclamos por un valor de pilosidad elevado	Mantener un resultado con un $\pm 10\%$ del cumplimiento de la meta de pilosidad.	A junio 2020	Alcanzar la meta de pilosidad requerida en un intervalo de 90 % y 110 % para junio de 2020
<b>Procesos internos</b>	Aplicable a la dirección de mantenimiento y producción	Relación de consumo de energía entre producción equivalente obtenida	Medición sobre los contadores. No existe problemas de presupuesto asignado.	Mantener o alcanzar 1.4 kW-h/lb de producción	A junio 2020	Alcanzar la ejecución de 1.4 kW-h/lb para junio de 2020
<b>Formación</b>	Aplicable al departamento de capacitación y gestión de procesos	Relación de producción equivalente obtenida entre las horas hombre invertidas	Medición sobre los relojes marcadores. No existe problemas de presupuesto asignado	Mantener o alcanzar 40 lb de producción / hora -hombre	A junio 2020	Alcanzar la ejecución de 40 lb/h-hombre para junio de 2020

Fuente: elaboración propia.

### 4.3. Indicadores por perspectiva de mando integral de indicadores

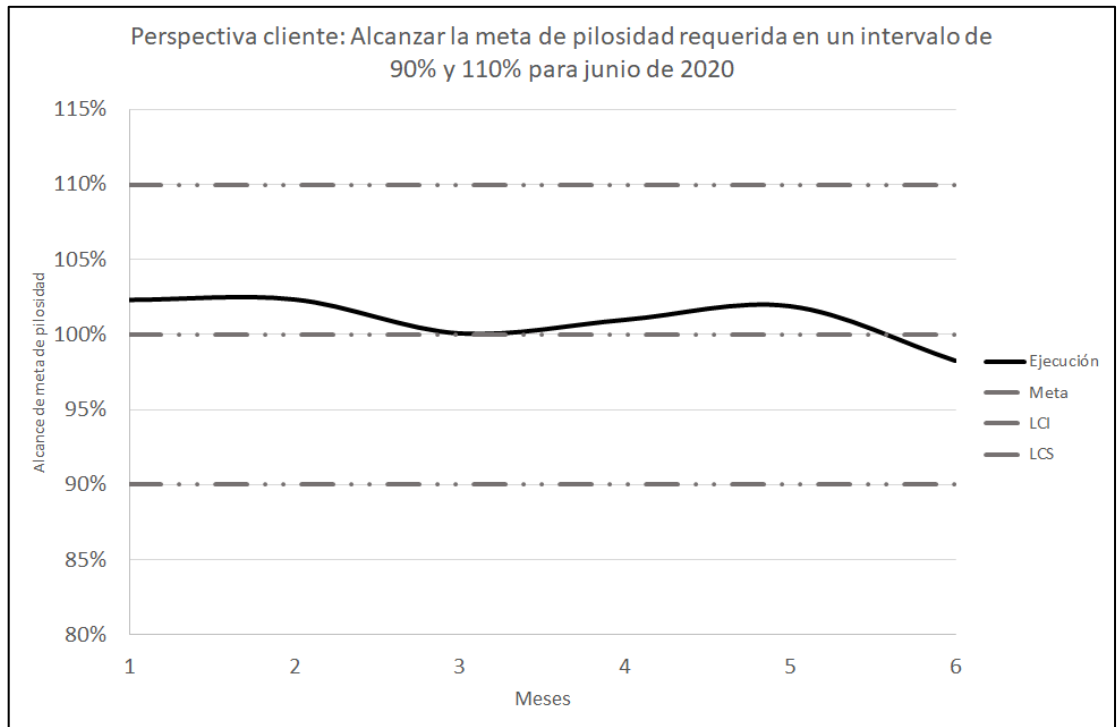
Cada indicador fue monitoreado durante el período de seis de evaluación graficando sus resultados mensuales. En las mismas figuras se incluyó la meta propuesta según la metodología.

Figura 4. **Indicador de perspectiva financiera del mando integral**



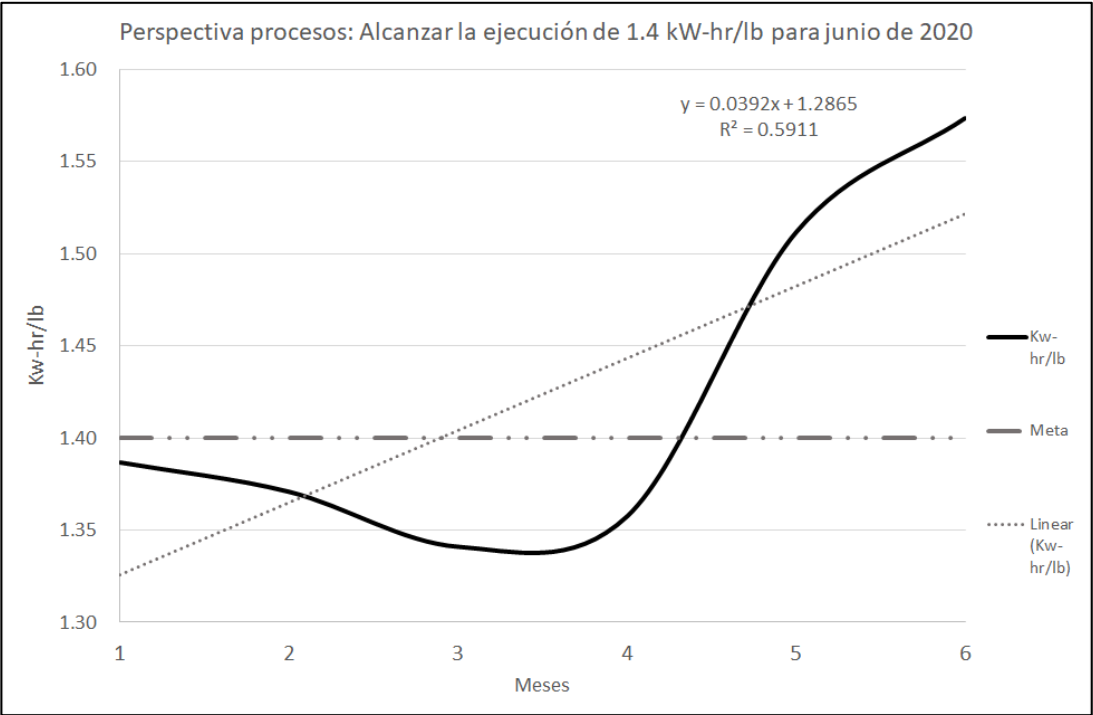
Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel 2016.

Figura 5. **Indicador de perspectiva cliente del mando integral**



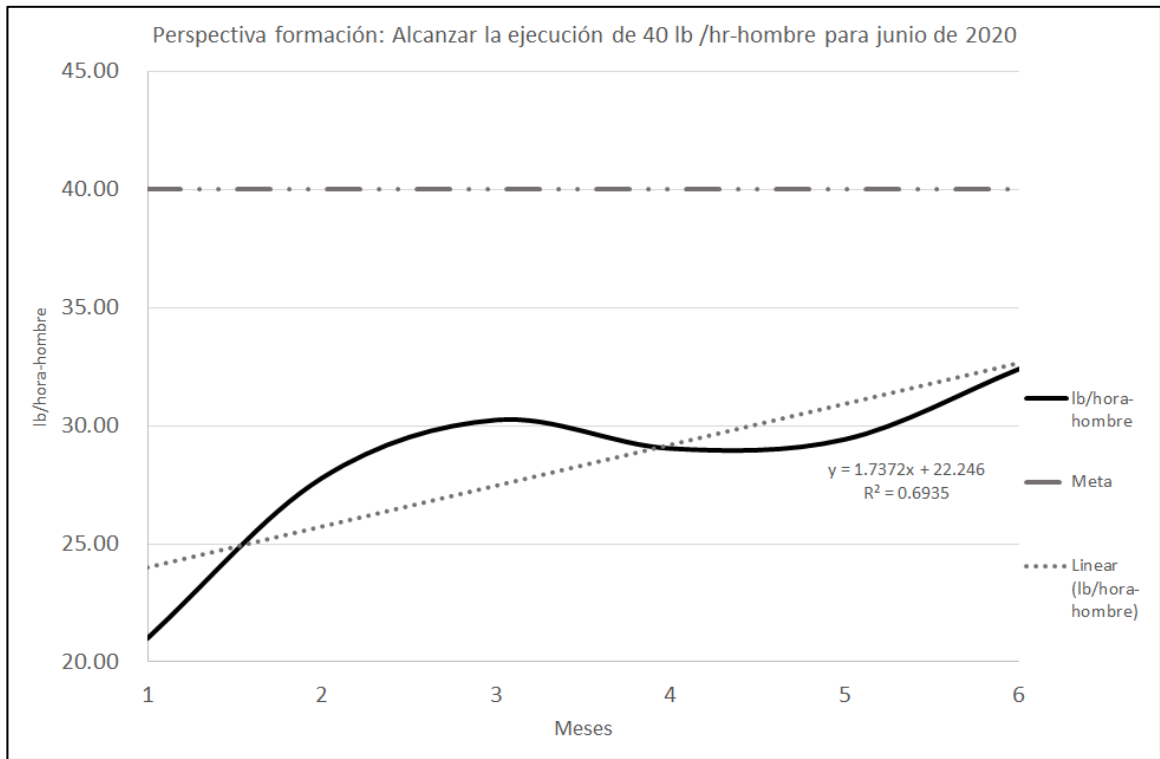
Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel 2016.

Figura 6. **Indicador de perspectiva de procesos del mando integral**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel 2016.

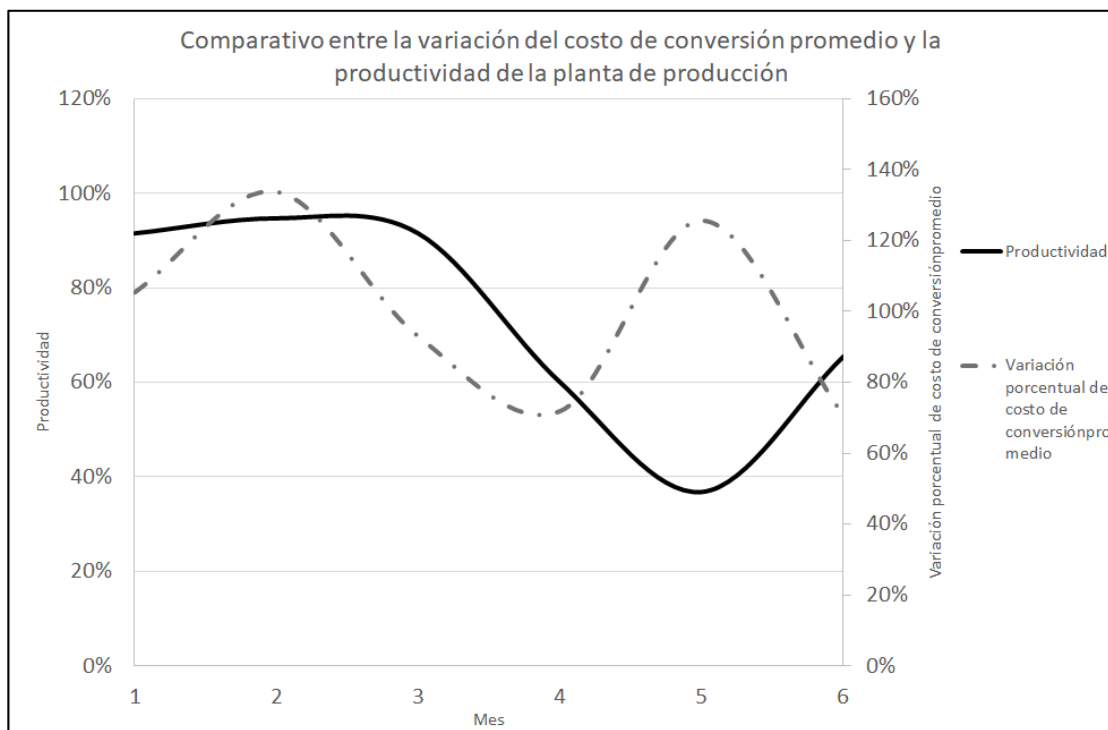
Figura 7. **Indicador de perspectiva de formación del mando integral**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel 2016.

Integración del costo, su variación respecto al valor promedio, durante el período de evaluación.

**Figura 8. Comparativo entre la variación del costo promedio y la productividad de la planta durante el período de evaluación, enero a junio 2020**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel 2016.



## **5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

La investigación realizada se clasifica bajo la línea de Innovación ya que plantea la implementación de tecnologías emergentes, y desarrollos a la medida. Estos se utilizaron junto con la metodología de mando integral y definición de metas S.M.A.R.T., para entregar la propuesta de una herramienta de gestión integral a la operación de la fábrica de hilo evaluada.

Bajo este contexto en la investigación se ejecutó entorno a los siguientes puntos: la implementación de un marco de referencia de la confiabilidad de los procesos establecidos, el resultado de productividad de la planta; la determinación de los indicadores para las perspectivas del mando integral, junto con su gráfico; y finalmente el análisis de los beneficios de su implementación. Dicho trabajo de investigación se planificó y delimitaron los criterios de evaluación a lo largo del año 2019, y en el 2020 se implementó la propuesta.

### **5.1. Evaluación del proceso de medición de productividad**

Para determinar la metodología de medición, se instauró una serie de algoritmos y procedimientos de captura de información que presentarán información confiable y lo más cercano posible a otros sistemas comercialmente disponibles, algunos avalados por los fabricantes de las máquinas de trabajo.

Así fue como se definió y se implementó un método de monitorización de la productividad de los colaboradores entorno a su tiempo efectivo en la operación de las máquinas, es decir que está en términos de la producción alcanzada respecto a la máxima posible en el intervalo de un turno. Para ello se utilizaron

sensores, y se cuantificó el tiempo operativo real y la descarga como la velocidad de entrega y el título de la cinta o hilo en ese proceso.

Para evaluar la confiabilidad se determinó llevar a cabo un comparativo, únicamente de los resultados finales de cada turno, entre la medición manual y la automática de 96 turnos, de los cuales se emplearon 79 muestras para los cálculos posteriores. Ya que se descartaron aquellos donde la máquina no trabajó ni un instante en todo el turno por cualquier motivo.

En la Figura 1 de la sección de resultados se muestra el comparativo de la productividad medida según la máquina misma lectura manual, y la obtenida por la monitorización de Lectura automática, incluyendo todos los datos. Lo cual, en una simple observación, es evidente que la mayor parte de la curva de lectura manual está cubierta de la automática, que aunado con la Figura 2 en la sección de presentación de resultados permite establecer que los datos presentan una media de 0.97, mayor parte de datos evaluados tienen una variación de 0.95 al 1.01 con una frecuencia del 94 % de los datos. Así mismo se evaluó el valor medio de la población de datos evaluando un nivel de confianza del 95 %, indicado en la tabla 1 de la sección de presentación de resultados, lo que indica que la media de los datos ronda entre el 0.98 y 0.97 de variación.

En este punto es importante notar que la monitorización se puede llevar a cabo en cualquier momento del día y cuantas veces sea necesario, y que para esta implementación se configuró a una actualización cada hora durante el turno; esto en comparación con la medición manual que se realiza una vez por turno. Es decir, que la monitorización permite conocer una actualización de la productividad 24 veces al día mientras la medición manual 2; en otras palabras 12 veces más recurrente la monitorización.

Esta información fue clave para poder elaborar el gráfico en la Figura 3 donde se presenta la productividad obtenida, como promedio mensual, resultante de la operación durante el período de evaluación con una meta mínima esperada del 97 %.

Lo cual permite establecer que el sistema implementado es confiable y es equivalente al propuesto por los proveedores de maquinaria, y algunos otros ya que la diferencia promedio entre los datos obtenidos rondará entre el 98.01 % y 96.78 %, con un valor medio de 97 %, a un nivel de confianza del 95 %. Al ser un desarrollo local en la empresa es más rentable, ya que la implementación se llevó a cabo con la mano de obra de la empresa analizada y eficiente al ser automático toma 24 actualizaciones al día.

## **5.2. Mando integral de indicadores**

Se definió el cuadro integral de indicadores en torno a las 4 perspectivas propuestas por la metodología, identificando un indicador para cada uno. Dichos indicadores fueron definidos entorno a la metodología S.M.A.R.T. con la cual cada uno delimitó su alcance -específicos-, su proceso de medición -medibles-, una meta posible -alcanzables-, posible durante el intervalo en cuestión -realistas- y definidos a una fecha de aplicación -*Timely*-.

En la Tabla 2 de la sección de Presentación de Resultados se identificaron cada uno de ellos resaltando cada componente de la metodología S.M.A.R.T. Las 4 perspectivas en los que dichos se asignaron fueron:

- Financiera: Alcanzar una ejecución presupuestaria mensual entre un intervalo del 95 % al 105 % para junio de 2020

- Clientes: Alcanzar la meta de pilosidad requerida en un intervalo de 90 % y 110 % para junio de 2020
- Procesos internos: Alcanzar la ejecución de 1.4 kW-h/lb para junio de 2020
- Formación: Alcanzar la ejecución de 40 lb /h-hombre para junio de 2020.

Para la delimitación de estos indicadores se llevó a cabo una reunión de concientización y establecimiento de metas; las cuales se hicieron con la experiencia del equipo administrativo de la fábrica, pero que sirvieron de base para detectar debilidades en la organización y un inicio en la cultura de medición. Cada uno de estos indicadores tienen una consecuencia en la operación y coordinación con todas las partes interesadas de la planta; como, dueños, colaboradores, proveedores y clientes.

Cada uno de los indicadores se graficó el resultado mensual para analizarlos y optimizar la operación.

### **5.2.1. Perspectiva financiera**

En la figura 4 se muestra el resultado del período de evaluación de la perspectiva financiera. Esta perspectiva estuvo enfocada en la ejecución presupuestaria durante el período de evaluación; es decir, la cantidad del gasto y costos incurridos mensualmente sobre la cantidad presupuestada total del mismo. Este punto no incluye el costo de mano de obra ni materia prima; esto debido a que la mano de obra se analiza con otro enfoque en la perspectiva formación, y materia prima, al ser fibra como algodón, poliéster y otros se cotiza en la bolsa, y su negociación no depende de la gestión de la fábrica sino de la alta gerencia de la empresa evaluada.

Se delimitó el método de cálculo a la presentación de estados de resultados mensuales para obtener el gasto, y el presupuesto previamente establecido en el período fiscal anterior. Se determinó como meta un intervalo de control de más o menos 5 %, y alcanzarlo o mantenerlo para el período de investigación en junio 2020.

Al analizar los resultados obtenidos mensualmente se puede observar, de manera general que solamente en el mes de mayo se alcanzó la meta indicada. Esto con un valor de 105 % de lo presupuestado. Adicionalmente se identificaron meses de alto consumo como fue febrero con 200 % de lo planificado en el presupuesto. Después de marzo, el gasto bajo considerablemente, debido al efecto provocado por el confinamiento de la pandemia COVID 19. Esto permite indicar que durante los primeros meses el gasto no tuvo control; debiéndose a muchos factores como el uso de materiales, repuestos y suministros irresponsablemente; gastos no contemplados entre otros motivos que no fueron investigados. Esta perspectiva permitirá a la empresa, específicamente a la planta analizada, poder identificar sus errores de planificación y realizar un presupuesto con una exactitud mayor en futuros años; lo que mejorará su liquidez y flujo de caja al tener un panorama más realista.

Por lo que se puede concluir que, a pesar de que la meta no fue alcanzada, se obtuvo mucha información sobre el comportamiento y es posible realizar planes de mejora. Se identificó la volatilidad de los gastos debido a factores externos.

### **5.2.2. Perspectiva clientes**

En la figura 5 se muestra el resultado del período de evaluación de la perspectiva clientes. Esta perspectiva se evaluó la variación del valor de pilosidad

obtenida respecto a un estándar definido por la planta. Este valor se consideró para el producto principal elaborado durante el período de evaluación, hilo cardado completamente de algodón. Este valor es importante para los clientes, ya que es la antesala a problemas de operación para ellos como es la mota excesiva en el proceso de tejido, *pilling* (o con peños nudos) en la tela entre otros.

Se delimitó al método de cálculo al promedio obtenido de pilosidad por cada análisis realizado de cada mes, sobre el estándar previamente definido. Se determinó como meta un intervalo de control de más o menos 10 %, que permitió poder alcanzarlo o mantenerlo para el período de investigación hasta junio 2020.

De esto se puede indicar que el valor más alto obtenido fue en 102 % en los meses de enero, febrero y mayo; y el más bajo fue el 98 % en junio, y ningún mes estuvo fuera de control. Lo que a simple inspección indica que el resultado estuvo sobre la línea del valor central en su mayoría.

Por lo que se puede concluir que la meta planteada se alcanzó, que no fue desafiante al tener un control total de la misma. Por lo que sería necesario abordar un plan de mejora y disminuir tanto el valor de referencia como el rango de aceptación.

### **5.2.3. Perspectiva procesos**

En la figura 6 se muestra el resultado del período de evaluación de la perspectiva procesos. Esta perspectiva evaluó la relación entre la cantidad de energía consumida es requerida para la producción de una libra de hilo. Este costo, entre los estados financieros revisados en la perspectiva financiera, representa un rubro importante. Por lo que es consecuencia de la administración de la capacidad instalada y tiempo efectivo, medido en la productividad.

Se delimitó al método al monto total de kilowatts por hora consumidos durante cada mes, sobre la producción durante el mismo período. Esta producción, se llevó a un título equivalente, lo que significa que todo el período está en relación con lo producido, y lo que se hubiera producido si se hubiera trabajado a título 30. Con el fin de eliminar la variación de peso longitud en el intervalo de medición. Se determinó como meta un valor máximo aceptable de 1.40 kW-h por cada libra de producción para el período de investigación, junio 2020.

De esto se pudo identificar que la meta fue alcanzada durante los meses de enero, febrero, marzo y abril, y se obtuvo valores de 1.51 y 1.57 en mayo y junio respectivamente. Al emplear una correlación lineal simple, se identificó un coeficiente de correlación de Pearson de 0.59, que, a pesar de no ser una correlación perfecta, permite establecer una relación entre los datos. Aunado a una pendiente de la recta provista de 0.04, que indica un crecimiento del valor a medida que transcurrían los últimos meses; tal cual se denota en la figura.

Por lo que se puede concluir que la meta planteada no fue alcanzada, y que existe un comportamiento de riesgo en los costos de este indicador. Esto permitió a la empresa reconocer un área de oportunidad, y elaborar un plan de acción para dicho resultado.

#### **5.2.4. Perspectiva formación**

En la figura 7 se muestra el resultado del período de evaluación de la perspectiva de formación. Este es un indicador indirecto a la formación del personal, ya que permite medir la buena administración del tiempo de la mano de obra. Este costo, entre los estados financieros revisados en la perspectiva financiera, representa un rubro importante. Por lo que es consecuencia de la

administración del personal, su nivel de capacitación y experiencia en el puesto de trabajo.

Se delimitó al método al monto total de horas hombre invertidas en el personal de la fábrica cada mes, sobre la producción durante el mismo período. Esta producción, se llevó a un título equivalente al igual que el indicador de la perspectiva de procesos para eliminar la variación de peso longitud en el intervalo de medición. Se determinó como como la meta un valor mínimo aceptable de 40 libras de producción por cada hora hombre invertida en el período de investigación, junio de 2020.

Durante este período, se suspendió personal debido a la crisis económica y social de la pandemia COVID 19; sin embargo, a lo largo de los meses el personal se fue reincorporando.

Durante este período no se alcanzó la meta planteada en ningún mes de evaluación. Al emplear una correlación linear simple, se identificó un coeficiente de correlación de Pearson de 0.69, que, a pesar de no ser una correlación perfecta, permite establecer una relación positiva entre los datos. Aunado a una pendiente de la recta provista de 1.74, que indica un crecimiento del valor a medida que transcurrían los últimos meses; tal cual se denota en la figura 7.

Por lo que se puede concluir que la meta planteada no fue alcanzada, pero se ejemplifica el mejoramiento de la gestión del recurso humano. Esto permitió a la empresa reconocer un área de oportunidad, y elaborar un plan de acción para mejorar el resultado.



### **5.3. Análisis global de los beneficios obtenidos**

Entre los beneficios de la implementación de metodologías novedosas se encuentra poder agilizar la obtención de la información, y por ende un análisis y respuesta más efectiva.

#### **5.3.1. Medición de la productividad de manera automática**

La obtención de datos de datos como se indicó previamente se incrementó considerablemente. Los resultados del turno se obtuvieron en una relación de 12:1 respecto a la medición manual, con un error máximo, de la población de 96.75 %.

#### **5.3.2. Uso de mando integral para la gestión de la productividad**

Se puede estimar un costo de conversión al unir costo de mano de obra (perspectiva de formación) y materiales (perspectiva financiera y de procesos), y que representa la variación porcentual del costo promedio durante el período de evaluación y la productividad de la planta en el mismo intervalo de tiempo en la Figura 8.

En esta se denota un incremento de 25 % de costo en el período de menor productividad registrada 37 %. Esto indica que existió una mala gestión en el uso de la energía eléctrica, al ser el indicador con mayor crecimiento en esos intervalos.

Tras los análisis presentados podemos concluir que el mando integral, usado apropiadamente como una herramienta de gestión, junto con otras técnicas estadísticas e informáticas, puede medir fácilmente la productividad de

la planta y compararla contra factores que la afectan, según indicó el personal experimentado de la fábrica, tiene repercusión en la rentabilidad.

### **5.3.3. Reproducibilidad**

El uso de estas perspectivas es aplicable a otras plantas de hilandería, no necesariamente cardado; aunque la metodología es aplicable a toda fabrica que tenga procesos, aunque se quieran monitorear diferentes perspectivas. En este caso individual se recomienda repetir otro semestre como período de evaluación, e identificar mejorías.

La metodología para el cálculo de productividad requiere un análisis individual más profundo, ya que requiere que la producción sea el producto de una operación en un tren de estiraje, o por lo menos de un eje central.

## 6. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el proceso implementado de monitorización de productividad es confiable con una media poblacional entre el 98.01 % y 96.75 % con un 95 % de nivel de confianza; siendo 12 veces más eficiente en la entrega de resultados que la medición manual.
2. Se logró definir un indicador por cada perspectiva analizada. Con un resultado fuera de control en la perspectiva financiera con 1 mes en control, y con 2 meses que estuvieron por debajo de la meta; una perspectiva clientes en control en todos los meses, y con área de oportunidad para la mejora del estándar; una perspectiva procesos que en sus primeros 4 meses de análisis llegaron a meta, pero con una tendencia negativa de aumento de 0.04 por mes; y una perspectiva formación sin cumplir la meta en ningún mes, y en aumento beneficioso para la operación de 1.74 por mes.
3. Se lograron identificar beneficios adicionales enfocados la rentabilidad; al ejemplificar la mala gestión, en la que se incurrió un 25 % de costos de conversión por libra en el período de menor productividad de la fábrica, 37 %.



## 7. RECOMENDACIONES

1. A la empresa dónde se realizó el estudio, realizar y ejecutar un plan de acción de acuerdo con los resultados obtenidos durante la elaboración de este estudio y evaluando el cumplimiento de metas en ciclos iguales a esta propuesta, cada 6 meses.
2. A otros estudiantes repetir el estudio para otras ramas de la industria textil, y usar el siguiente trabajo de manera comparativa debido la influencia que pudo, o no, tener la pandemia COVID 19 durante el período de estudio.
3. A otros estudiantes, y profesionales en el campo, utilizar una metodología similar para el cálculo de la productividad y otros valores de operación cómo producción real y equivalente obtenida por máquina durante el turno entre otras.



## 8. REFERENCIAS

1. VESTEX, Asociación de la Industria de Vestuario y Textiles. (25 de mayo, 2019). Quiénes somos. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://vestex.com.gt/nosotros.php>
2. Bogue, R. (25 de abril, 2005). TechRepublic. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.techrepublic.com/article/use-smart-goals-to-launch-management-by-objectives-plan/>
3. Bullon, J., González, A., Hernández, A., y Queiruga, A. (mayo, 2017). Manufacturing Processes in the Textile Industry. Expert Systems for Fabrics Production. *ADCAIJ: Advances In Distributed Computing And Artificial Intelligence Journal*, 6(1), 41-50.
4. Cebeci, U. (2008). *Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard*. Istanbul, Turquía: Department of Industrial Engineering.
5. Zhen, C. y Mingjie, X. (enero, 2015). *Upgrading of textile manufacturing based on Industry 4.0. 5th International Conference on Advanced Design and Manufacturing Engineering*. Amsterdam, Países Bajos: Atlantis Press.
6. Clapp, D., Schreiner, M. y Quier, A. (junio, 1995). *Processing Basics: Fiber to Yarn*. Carolina del Norte, Estados Unidos: Cotton Incorporated.

7. Corporate Finance Institute. (s.f.). *CFI*. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/other/smart-goal/>
8. Correa, M., y Van Hoof, B. (enero, 2010). *Indicadores claves de desempeño en las áreas críticas del negocio*. En *cambio y oportunidad: la responsabilidad social corporativa como fuente de competitividad en pequeñas y medianas empresas en América Latina y el Caribe*. Washington, Estados Unidos: United Nations Publications.
9. Díaz, M. Estructura organizacional en las Empresas. (26 de septiembre, 2016). El Balance Score Card. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://direcciondeempresas2016ii.blogspot.com/2016/09/>
10. Doran, G. (enero, 1981). There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives. *AMA FORUM*, 70(11), 35-36.
11. Farkas, P., Pop-Moldovan, C., y Popescu, M. C. (agosto, 2018). Specialized Software for Tracking and Management Machinery Used in Textile Industry. *International Workshop Soft Computing Applications*. 1(1), 14.
12. Gamarro, U. Prensa Libre. (24 de enero, 2019). Made in Guatemala: La industria textil nacional vale casi US\$2 mil millones al año. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.prensalibre.com/economia/made-in-guatemala-la-industria-textil-nacional-vale-casi-us2-mil-millones-al-ano/>



13. Küsters, D. P. (junio, 2017). Textile Learning Factory 4.0. *Preparing Germany's Textile Industry for the Digital Future*. 6(1) 214-221.
14. Lueg, K., y Lueg, R. International Journal of Strategic Management. (9 de julio, 2014). The Balanced Scorecard and Different Business Models in the Textile Industry – A Case Study. [Mensaje de un blog]. Recuperado de [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2463810](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2463810)
15. Maqbool, M. (octubre, 2015). A consolidated model for putting Balanced Scorecard into action in Pakistan's Textile Industry. *Taxila, Pakistan: Journal of Strategy & Performance Management*.
16. MindTools. MindTools. (14 de noviembre, 2015). SMART Goals. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.mindtools.com/pages/article/smart-goals.htm#targetText=SMART%20is%20a%20well%20Established,Relevant%2C%20and%20Time%20Bound>
17. Montava, I., García, R., Bonet, A., y Díaz, P. (enero, 2010). *Textile industry indicators for management*. 21(1), 1-9.
18. O'Donoghue, C., y Prendergast, J. (junio, 2004). Implementation and benefits of introducing a computerised maintenance management system into a textile manufacturing company. *Kerry, Irlanda: Department of Mechanical and Manufacturing Engineering*. 153(1), 226-232.

19. Pensemos. Pensemos. (2019). Balanced Scorecard o Cuadro de Mando Integral: Todo lo que debe saber. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://pensemos.com/balanced-scorecard/>
20. Saggiomo, M., Wischnowski, M., Winkel, B., Nierhaus, M., Gloy, Y.-S., y Gries, T. (marzo, 2015). *Industry 4.0 in the field of textile machinery - first steps of implementation*. Francia: Melliand International.
21. TiedCOMM. TiedCOMM. (15 de febrero, 2019). Balanced ScoreCard (BSC). Con un Enfoque de Indicadores Confiables. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://www.infoviews.com.mx/Bitam/ScoreCard/>
22. Ucha, F. Definición ABC. (15 de octubre, 2013). Definición de Textil. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.definicionabc.com/economia/textil.php>
23. Warshaw, J. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (14 de abril, 2016). La Industria Textil: Historia y Salud y Seguridad. [Mensaje de un blog]. Recuperado de: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Textos Online/EnciclopediaOIT/tomo3/89.pdf>

## 9. APÉNDICE

Apéndice 1. Formato de ingreso información tomada de manera manual

		REGISTRO DE EFICIENCIA							
		REGISTRO DE CALIDAD							
<b>CONTINUAS</b>									
No. MG	TURNO	EFICIENCIA		No. MG	EFICIENCIA		No. MG	EFICIENCIA	
101	Diurno			111			121		
	Nocturno								
102	Diurno			112			122		
	Nocturno								
103	Diurno			113			123		
	Nocturno								
104	Diurno			114			124		
	Nocturno								
105	Diurno			115			125		
	Nocturno								
106	Diurno			116			126		
	Nocturno								
107	Diurno			117			127		
	Nocturno								
108	Diurno			118			128		
	Nocturno								
109	Diurno			119			129		
	Nocturno								
110	Diurno			120			130		
	Nocturno								
							131		
<b>CONERAS</b>									
No. MG	TURNO	TÍTULO	VELOCIDAD	KILOS		No. MG	TÍTULO	VELOCIDAD	KILOS
101	Diurno					106			
	Nocturno								
102	Diurno					107			
	Nocturno								
103	Diurno					108			
	Nocturno								
104	Diurno					109			
	Nocturno								
105	Diurno					110			
	Nocturno								

Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Word 2016.

