



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“BALANCE DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y SU EFECTO EN LA  
PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CHOOPER'S SANTA ELENA-  
ECUADOR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

**FIGUEROA MALDONADO JOYCE ADRIANA**

**TUTOR:**

**ING. BALÓN RAMOS ISABEL, M.Sc.**

**LA LIBERTAD - ECUADOR**

**2023**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**“BALANCE DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y SU EFECTO EN  
LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CHOOPER'S SANTA  
ELENA-ECUADOR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTOR:**

**FIGUEROA MALDONADO JOYCE ADRIANA**

**TUTOR:**

**ING. BALÓN RAMOS ISABEL M.Sc.**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

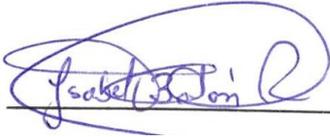
**2023**

**UPSE**

# CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Figueroa Maldonado Joyce Adriana**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

## TUTOR

f. 

**Ing. Isabel del Rocío Balón Ramos, M.Sc.**

## DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

**Ing. Reyes Soriano Franklin Enrique, MSc.**

La Libertad, a los 7 días el mes de agosto del año 2023

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Ing.

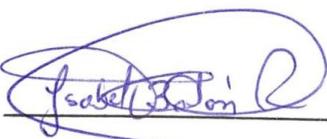
Isabel del Rocío Balón Ramos, M.Sc.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Trabajo de Integración Circular “BALANCE DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CHOOPER'S SANTA ELENA-ECUADOR”, elaborado por el Srta. FIGUEROA MALDONADO JOYCE ADRIANA, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

**TUTOR**

f. 

**Ing. Isabel del Rocío Balón Ramos, M.Sc.**

La Libertad, a los 7 días el mes de agosto del año 2023

# DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Figueroa Maldonado Joyce Adriana**

## DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Balance de líneas de producción y su efecto en la productividad de la empresa Chooper's Santa Elena-Ecuador** previo a la obtención del título de **Ingeniero Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 7 días el mes de agosto del año 2023

**AUTORA**

  
\_\_\_\_\_  
**Figueroa Maldonado Joyce Adriana**

# AUTORIZACIÓN

Yo, **Figuroa Maldonado Joyce Adriana**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **balance de líneas de producción y su efecto en la productividad de la empresa Chooper's Santa Elena- Ecuador**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 7 días el mes de agosto del año 2023

**AUTORA:**



---

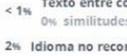
**Figuroa Maldonado Joyce Adriana**

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

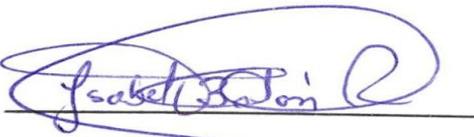
En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **BALANCE DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CHOOPER'S SANTA ELENA- ECUADOR**, elaborado por el Sr. **FIGUEROA MALDONADO JOYCE ADRIANA**, egresado de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio URKUND, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 1% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS magister	tesis joyce figueroa 03 agosto	 < 1% Similitudes	 < 1% Texto entre comillas
Nombre del documento: tesis joyce figueroa 03 agosto.docx ID del documento: ed48d95d0ff0007b8dbcdcf75b095a9d722d83bd Tamaño del documento original: 4.2 MB	Depositante: ISABEL DEL ROCIO BALON RAMOS Fecha de depósito: 4/8/2023 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 4/8/2023	Número de palabras: 19.418 Número de caracteres: 127.250	0% similitudes entre comillas 2% Idioma no reconocido

FIRMA DEL TUTOR

f. 

**Ing. Isabel del Rocío Balón Ramos, M.Sc.**

**C.I.: 0910136191**

# CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Certificado de Gramatólogo

Lic. Mariela Kathalina Alfonso Villón

Magíster en Administración Educativa

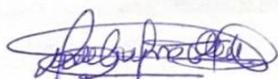
## CERTIFICA:

Que después de revisar el contenido del trabajo de titulación "**BALANCE DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CHOOPER'S SANTA ELENA, ECUADOR**", elaborado por la estudiante: Joyce Adriana Figueroa Maldonado, previo a la obtención al Título de INGENIERO INDUSTRIAL, me permito declarar que luego de la observación profunda del texto se denota:

- Pulcritud en la escritura
- La acentuación es precisa
- Se utiliza los signos de puntuación de manera acertada
- No incurre en errores en la utilización de las letras
- La aplicación de la sinonimia es correcta
- Se maneja conocimiento y precisión de la morfosintaxis

Por lo expuesto y en uso de mis derechos como Magíster en Docencia y Educación, reconozco la VALIDEZ ORTOGRÁFICA de su trabajo de integración curricular y dejo a vuestra consideración el certificado de rigor para los efectos legales pertinentes.

Atentamente,



Lic. Mariela Alfonso Villón MSc.

C.I. 0919792408

E-mail: [cutemariel06@gmail.com](mailto:cutemariel06@gmail.com)

Registro SENESCYT. 6043188.403

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios por brindarme sabiduría y guiarme en cada etapa de la vida, a mis padres Oscar y Magdalena por ser los pilares fundamentales, por estar a mi lado en los días y noches más difíciles, ofreciéndome amor y apoyo incondicional en mi formación personal y profesional.

A mis hermanos y sobrino: Yoseline, Oscar, Elena, Joseph y James por estar siempre presentes con sus consejos cuando más necesitaba entender, que no podía rendirme.

Agradezco a mi novio Jonathan por el apoyo incondicional, por entenderme y alentarme en todo momento ya que ha sido sumamente importante para poder continuar mis estudios.

Quiero expresar mi más grande agradecimiento a mi hija SARAY, por ser mi motivación, la razón que me impulsa a esforzarme y superarme día tras día para poder ser su ejemplo y brindarle lo mejor.

Finalmente, a mis maestros por la enseñanza brindada durante mi formación académica.

***Figueroa Maldonado Joyce***

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación en primer lugar a DIOS por permitirme tener salud, para poder culminar uno de mis objetivos, a mi padre Oscar por creer en mí, por inculcarme valores que han forjado mi carácter, a mi madre Magdalena por enseñarme a nunca rendirme y brindarme sus consejos para poder sobrellevar la situación en cada obstáculo que se presentaba, también por cada noche arrodillarse y orar por mí y por mi hogar.

A mi hija Saray por ser inspiración cada mañana, aunque por ahora no comprenda lo mucho que significa su existencia para mí, es por quien me levanto día a día con la esperanza de superarme y poder enfrentar mis miedos, para ser su guía de vida.

***Figueroa Maldonado Joyce***

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



**Ing. Reyes Soriano Franklin Enrique, MSc.**

**DIRECTOR DE CARRERA**



**Ing. Marco Bermeo Mg**

**DOCENTE ESPECIALISTA**



**Ing. Isabel Balón Ramos M.Sc.**

**DOCENTE TUTOR**



**Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, MEng.**

**DOCENTE GUÍA DE LA UIC**

# ÍNDICE GENERAL

<b>PORTADA</b> .....	<b>i</b>
CERTIFICACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	v
AUTORIZACIÓN .....	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO .....	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
DEDICATORIA .....	x
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	xi
ÍNDICE GENERAL.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvii
ÍNDICE DE ANEXO.....	xix
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS .....	xx
RESUMEN .....	xxi
ABSTRACT .....	xxii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
1.1    Antecedentes investigativos.....	4
1.2    Estado del arte.....	7
1.2.1    Variable independiente: Balance de líneas .....	14
1.2.2    Variable dependiente: Productividad .....	17
1.2.3    Relación entre Balance de Líneas y la Productividad .....	20
1.2.4    Sector manufacturero.....	21

CAPÍTULO II.....	23
MARCO METODOLÓGICO .....	23
2.1    Enfoque de la investigación.....	23
2.2    Diseño de investigación .....	23
2.3    Tipo de investigación.....	24
2.4    Procedimiento metodológico .....	24
2.5    Población y muestra.....	30
2.5.1    Censo poblacional: .....	30
2.6    Métodos, técnicas instrumentos de recolección de los datos (adaptada a la unidad de análisis y tipo de estudio).....	32
2.6.1    Métodos de recolección de datos.....	32
2.6.2    Técnicas de recolección de datos.....	33
2.6.3    Instrumentos y recolección de datos.....	34
2.7    Variables del estudio .....	34
2.7.1    Operacionalización de las variables .....	35
2.8    Procedimientos de la recolección de datos .....	37
CAPÍTULO III .....	38
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
3.1    Marco de resultados .....	38
3.1.1    Secuencia de los Sección ejecutados para los resultados expuestos .....	39
3.1.2    Confiabilidad y validez de los instrumentos de investigación utilizados .	45
3.1.3    Verificación de la hipótesis o fundamentación de las preguntas de investigación.....	47
3.2    Propuesta de mejora.....	51
3.2.1    Tema .....	51
3.2.2    Introducción.....	51
3.2.3    Metodología.....	55

3.2.4	Desarrollo del método para balance de líneas mediante heurística kilbridge y wester	55
3.2.5	Costos operacionales .....	66
3.2.6	Curso grama analítico del proceso.....	69
3.2.7	Diagrama de recorrido .....	70
3.2.8	Diagrama hombre- máquina .....	71
3.2.9	Simulación .....	72
3.2.10	Presupuesto.....	75
3.3	Resumen parcial.....	77
3.4	Marco de discusión .....	78
CONCLUSIONES.....		80
RECOMENDACIONES .....		81
BIBLIOGRAFÍA .....		82
ANEXOS .....		95

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de Ishikawa	3
<b>Figura 2.</b> Diagrama de Flujo de la problemática	6
<b>Figura 3.</b> Mapeo sistemático	9
<b>Figura 4.</b> Evaluación de calidad	11
<b>Figura 5.</b> Tipos de problemas de equilibrio	16
<b>Figura 6.</b> Factores de productividad	18
<b>Figura 7.</b> Sostenibilidad de la ODS	20
<b>Figura 8.</b> Fases del plan de evaluación	25
<b>Figura 9.</b> Gráfico metodológico	26
<b>Figura 10.</b> Pasos para simulación Flexsim	29
<b>Figura 11.</b> Aspectos generales de software Flexsim	29
<b>Figura 12.</b> Características de población a estudiar	30
<b>Figura 13.</b> Línea metodológica	32
<b>Figura 14.</b> Especificación de línea metodológica	32
<b>Figura 15.</b> Planeamiento para la recolección de datos	33
<b>Figura 16.</b> Etapas de metodología (Abaco de Régnier)	33
<b>Figura 17.</b> Datos estadísticos de ponderación de matriz general	43
<b>Figura 18.</b> Datos estadísticos de ponderación de matriz general en porcentaje	43
<b>Figura 19.</b> Ishikawa de la problemática	52
<b>Figura 20.</b> Gráfico de la curva acumulada	54
<b>Figura 21.</b> Diagrama de Ishikawa en base a estadísticas	55
<b>Figura 22.</b> Forma gráfica del proceso	58
<b>Figura 23.</b> Diagrama de flujo del proceso	59
<b>Figura 24.</b> Diagrama de precedencia actual	60
<b>Figura 25.</b> Distribución de estaciones aplicando kilbridge y wester	63
<b>Figura 26.</b> Diagrama de precedencia balanceado	64
<b>Figura 27.</b> Tiempo ocio	65
<b>Figura 28.</b> Costo de MP, MOD y porcentaje de participación	68
<b>Figura 29.</b> Cursograma analítico de proceso	69
<b>Figura 30.</b> Diagrama de recorrido	70
<b>Figura 31.</b> Diagrama hombre-máquina	71

<b>Figura 32.</b> Software Flexsim	72
<b>Figura 33.</b> Diseño de modelo	72
<b>Figura 34.</b> Definición de los procesos a ejecutarse	73
<b>Figura 35.</b> Configuración de los parámetros	73
<b>Figura 36.</b> Compilación y ejecución	74
<b>Figura 37.</b> Resultados de las distribuciones de estaciones	74
<b>Figura 38.</b> Herramientas financieras	75

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Selección de artículos .....	8
<b>Tabla 2.</b> Criterios de elegibilidad.....	8
<b>Tabla 3.</b> Características de artículos científicos.....	10
<b>Tabla 4.</b> Matriz referencial de artículos .....	11
<b>Tabla 5.</b> Características y componentes.....	18
<b>Tabla 6.</b> Categorización de Mipymes .....	31
<b>Tabla 7.</b> Estratificación poblacional.....	31
<b>Tabla 8.</b> Operacionalización de variables .....	36
<b>Tabla 9.</b> Planeamiento de recolección de datos .....	37
<b>Tabla 10.</b> Secuencia de sección.....	39
<b>Tabla 11.</b> Revisión de técnica de encuesta.....	40
<b>Tabla 12.</b> Cálculos de frecuencia por validación de expertos.....	41
<b>Tabla 13.</b> Tabulación de matriz general .....	42
<b>Tabla 14.</b> Tabulación de matriz general en porcentaje.....	42
<b>Tabla 15.</b> Matriz de resultados de encuesta .....	44
<b>Tabla 16.</b> Resumen de procesamiento de casos .....	46
<b>Tabla 17.</b> Estadística de fiabilidad por Alfa de Cronbach.....	46
<b>Tabla 18.</b> Fórmulas de ANOVA.....	48
<b>Tabla 19.</b> Fisher calculado mediante análisis ANOVA.....	51
<b>Tabla 20.</b> Determinación de la situación.....	53
<b>Tabla 21.</b> Determinación por categoría.....	53
<b>Tabla 22.</b> Recolección de datos.....	54
<b>Tabla 23.</b> Actividades y precedencia.....	60
<b>Tabla 24.</b> Actividades y tiempos asignados .....	61
<b>Tabla 25.</b> Distribución en base al tiempo de ciclo y eficiencia.....	61
<b>Tabla 26.</b> Asignación de tareas a estaciones establecidas .....	63
<b>Tabla 27.</b> Tabla de comparaciones .....	65
<b>Tabla 28.</b> Lista de materiales .....	66
<b>Tabla 29.</b> Lista de operaciones.....	66
<b>Tabla 30.</b> Descripción de insumos .....	66
<b>Tabla 31.</b> Salario mensual.....	67
<b>Tabla 32.</b> Costo de materia prima .....	67

<b>Tabla 33.</b> Costo de mano de obra directa.....	67
<b>Tabla 34.</b> Resumen de costo .....	68
<b>Tabla 35.</b> Presupuesto .....	75
<b>Tabla 36.</b> Valores calculados.....	76
<b>Tabla 37.</b> Valores generales de herramientas financieras.....	76

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo A.</b> Aceptación por parte de la empresa .....	95
<b>Anexo B.</b> Solicitud dirigida a los expertos .....	96
<b>Anexo C.</b> Entrevista dirigida a la propietaria .....	96
<b>Anexo D.</b> Encuesta dirigida a los operarios .....	96
<b>Anexo E.</b> Validación de encuesta por expertos .....	96
<b>Anexo F.</b> Validación de entrevista por experto.....	96
<b>Anexo G.</b> Tabulación validad mediante Abaco Regnier .....	96
<b>Anexo H.</b> Resultado de validación de encuesta por expertos .....	96
<b>Anexo I.</b> Resultado de validación de entrevista por expertos .....	96
<b>Anexo J.</b> Presentación de barras de respuestas .....	96
<b>Anexo K.</b> Evidencia de recolección de información.....	96
<b>Anexo L.</b> Verificación de fiabilidad por Alfa de Cronbach.....	96
<b>Anexo M.</b> Tabla de distribución de Fisher .....	96

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS**

(SALBP) Simple assembly line balancing problem

(GALBP) General assembly line balancing problem

(TICS) Tecnologías de la información y las telecomunicaciones

(BL) Balanceo de líneas

(BLP) Balanceo de líneas de producción

(H) Heurística

(MH) Metaheurística

(LP) Líneas de producción

(TICS) Tecnologías de la información y las telecomunicaciones

(MP) Mapeo sistemático

(KWM) kilbridge y wester

(Mipymes) Micro pequeñas y medianas empresas

(TC) Tiempo de ciclo

(E) Eficiencia

(Nt) Estación de trabajo

(Ho) Hipótesis nula

(Ha) Hipótesis alternativa

# “BALANCE DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CHOOPER'S SANTA ELENA-ECUADOR”

**Autor:** Figueroa Maldonado Joyce Adriana

**Tutor:** Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío, MSc

## RESUMEN

El balance de líneas es una herramienta sustancial que aporta a las empresas manufactureras en la optimización de procesos de producción logrando incremento de eficiencia. En este estudio se examina y se estima el equilibrio en las estaciones de trabajo, enfocándose en los tiempo y tareas del proceso productivo logrando establecer el cuello de botella que es aquel que lleva el ritmo de la producción y los tiempos ocios. Fomentando la toma de decisiones para adquirir una mejora continua. Sucesivamente el presente trabajo de titulación ofrece una síntesis de las primordiales funciones y objetivo de aplicar de técnicas de balanceo, y su efecto en la productividad de la empresa “CHOOPER’S” del cantón Santa Elena-Ecuador. El procedimiento de la investigación esta direccionado con un enfoque cuantitativo de tipo deductivo, bajo el método correlacional y de campo. Justificado mediante la técnica de encuesta y entrevista validada por experto por el método de Ábaco de Regnier dirigida a la propietaria y operarios de la empresa Chooper’s, siendo los datos cuantificados en el software IBM SPSS Statistics 25. Las variables estudiadas fueron balance de líneas y producción. Presentando como resultado que la aplicación del método heurístico kilbridge y wester aporta de manera eficiente al balanceo de línea de la empresa con el incremento del 64,3% la eficiencia aprovechamiento de recursos y reduciendo las estaciones de trabajo. Concluyendo con lo fundamental que es aplicación de metodología heurística en los procesos de la empresa que incidan en una mejora continua de la eficiencia y calidad de los procesos.

Palabras claves: Balanceo de líneas, Productividad, Eficiencia, Método heurístico.

# “BALANCE OF PRODUCTION LINES AND ITS EFFECT ON THE PRODUCTIVITY OF THE COMPANY CHOOPER'S SANTA ELENA ECUADOR”

**Author:** Figueroa Maldonado Joyce Adriana

**Tutor:** Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío, MSc

## ABSTRACT

Line balancing is a substantial tool that contributes to manufacturing companies in the optimization of production processes achieving increased efficiency. This study examines and estimates the balance in the workstations, focusing on the time and tasks of the production process, establishing the bottleneck, which is the one that leads the pace of production and idle times. Encouraging the decision making to acquire a continuous improvement. Subsequently, the present degree work offers a synthesis of the main functions and objective of applying balancing techniques, and its effect on the productivity of the company "CHOOPER'S" of the Santa Elena-Ecuador canton. The procedure of the investigation is directed with a quantitative approach of deductive type, under the correlational and field method. Justified by means of the survey technique and interview validated by expert by the method of Ábaco Regnier directed to the owner and operators of the company Chooper's, being the data quantified in the software IBM SPSS Statistics 25. The variables studied were balance of lines and production. As a result, the application of the kilbridge and wester heuristic method contributes efficiently to the line balancing of the company with an increase of 64.3% in the efficiency of resource utilization and reducing the number of workstations. Concluding with the fundamental that is the application of heuristic methodology in the processes of the company that affect a continuous improvement of the efficiency and quality of the processes.

Keywords: Line balancing, Productivity, Efficiency, Heuristic method.

# INTRODUCCIÓN

Dentro del proceso de la globalización, la industria textil forma parte fundamental de la economía de los países en el sector productivo, gracias a modificaciones y avances tecnológicos que se suscitan, éstas incrementan beneficios, progreso y apertura laboral. Durante las tres últimas décadas, se dan nuevas perspectivas sobre los esquemas de interpretación en sectores productivos comprendiendo las condiciones de empleo (Guillén, 2021).

Boysen et al., (2022), expresan diferentes variantes de modelos generados durante los últimos quince años acerca de los equilibrios de líneas, dando efecto a la producción, enfocándose en división de las cargas de trabajo e igualando tiempos y adquiriendo optimización. Es así como Wilhelm et al., (2020) menciona que, para obtener eficiencia y eficacia en los procesos, es necesario emplear automatización en su producción, prevaleciendo la distribución de las tareas, efectuando la eliminación de tiempos improductivos, esperando superar el error humano que pueda generarse.

Por su parte Okai-Mensah et al., (2022), analizan el incremento productivo que tienen los países del continente africano, evolucionando con sus empresas, produciendo ingresos con base en las evaluaciones de sostenibilidad, dando a conocer que el cultivo de algodón invade únicamente el 3% de tierras agrícolas del mundo. De hecho, en diversos países latinoamericanos las industrias han tenido un enfoque innovador en la rentabilidad, perfeccionando el desempeño de la gestión, alcanzando la producción esperada en el tiempo requerido (Higuera-Ojito et al., 2021).

Simonetto et al., (2022); Gbolarumi et al., (2021), hacen énfasis a los desafíos ambientales que provocan las empresas manufactureras, enfocándose en los beneficios que ofrece la industria 4.0 en este contexto. Se sugiere que por medio de herramientas es posible adquirir fabricación sostenible, promoviendo eficiencia en el proceso productivo, concretando que ambos permitan un progreso económico con los recursos naturales.

Considerando los criterios de Warasthe et al., (2022) estiman la reducción de los costos perseverando la sostenibilidad en la producción, con el fin de que no existan

tiempos improductivos, dejando expuesto que cualquier actividad que consuma bienes sin agregar valor se considera un despilfarro.

En efecto Albus-Seeber, (2021); Rezaei-Aderiani et al., (2021); Demiralay-Paksoy, (2022) concuerdan que, para enfrentar dificultades en las líneas de producción (LP) existen métodos (H) heurísticos, (MH) meta heurísticos y exactos que brindan soluciones cooperando al desarrollo económico, obteniendo empresas competentes, con razonable desempeño productivo y ventas significativas.

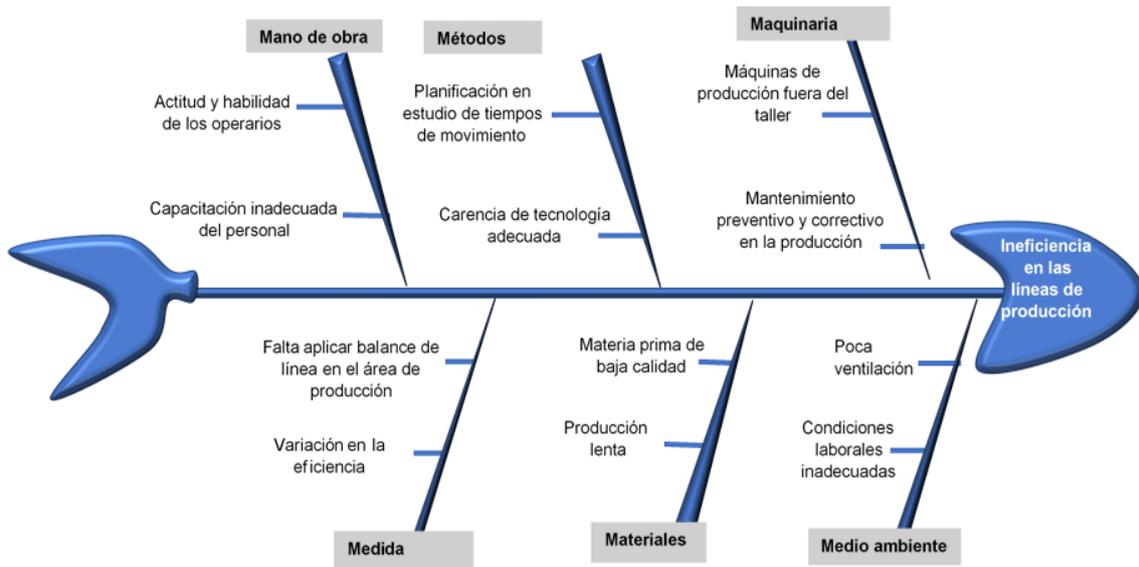
Arias & Montenegro, (2021) dan a conocer que las empresas manufactureras con dificultades en el balanceo de línea (BL) y tiempos improductivos afectan directamente al sistema de suministro pull o push, por lo que, implementando métodos esbeltos, se perciben cambios esenciales, generando un infalible balanceo. Por tal motivo en Ecuador varias empresas, se centran en impulsar estándares de productividad dentro del mercado, como las micro, medianas empresas que emplean balancear líneas de producción para ajustar la economía, alineando procesos con relación a la eficiencia del producto (Yépez & Doukh, 2021).

El sector manufacturero, es fundamental para el crecimiento económico de Ecuador y de muchos países, debido al dinamismo que generan las fuentes de empleo a las micro y medianas empresas, siendo el sector más relevante de la economía ecuatoriana con un incremento del 11% en los últimos 7 años, gracias a los emprendimientos generados, incidiendo un 24% en el PBI según (Torres et al., 2019).

De tal modo Buele-Nugra et al., (2020) recalcan que las herramientas y las estrategias dan como resultados estados financieros formidables dentro de las provincias, analizando que el sector industrial se dedica a la adquisición de la materia prima, procesarla y transformarla en producto elaborado, con el objetivo de estimar el alcance propuesto.

Mediante el trabajo de integración curricular, se requiere balancear líneas (BL) de producción de modo que se busque soluciones a los inconvenientes que se dan en las empresas manufactureras, por consiguiente, en la Figura 1 se presenta el diagrama de Ishikawa, conocido como causa-efecto, que especifica las posibles causas del problema dentro de la empresa.

Figura 1. Diagrama de Ishikawa



Nota: Elaborado por autor

Se estima determinar la autenticidad de la aplicación de técnicas de balance, y su efecto en la productividad de la empresa “CHOOPER’S” ubicada en la provincia de Santa Elena, comuna Monteverde, La viabilidad del proyecto que se emplea, se da por medio de los objetivos específicos.

1. Establecer el estado del arte, mediante un mapeo sistemático para sostener la eficiencia del balance de líneas de producción.
2. Estructurar marco metodológico, con la ayuda de métodos heurísticos y herramientas para la simulación en los procesos de balance de líneas.
3. Explicar resultados que permitan verificar la viabilidad de un balanceo de líneas, mediante métodos y simulación, elevando la eficiencia y productividad.

La ejecución de este estudio es factible y se presenta como una necesidad de la empresa, ascender la calidad de vida de los habitantes o emprendedores ejecutando propuestas y recomendaciones que demuestren la adecuada realización de los objetivos investigativos.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes investigativos

En la era de la mundialización el progreso en las industrias aumentan: al vincular equilibrio en el trabajo junto con óptima disponibilidad de operarios y al incrementar la productividad, minimizando costos y proyectando excelencia en el nivel de calidad (Paprocka-Skołod, 2022).

A su vez, Amorin et al., (2020) exponen el desarrollo de las industrias manufactureras en el mercado nacional e internacional, haciendo énfasis al proceso productivo que mediante técnicas buscan que las líneas de producción (LP) sean eficientes, simplificando tiempos y eliminando cuellos de botella generando productos de calidad, que permitan demostrar el flujo continuo.

Por otro lado Ozan-Yilmazlar et al., (2020) recalcan que cada empresa tiene un enfoque específico en conocer el problema central, por lo que tienden a generar estrategias que brinden satisfacción, dado que en el balanceo de línea (BL) se muestra de dos caras; líneas de montaje (ALBP) es decir la secuencia que se realiza para así poder obtener un producto final, ayudando a resolver las complejidades de los procesos y por las líneas de ensamble que producen a gran tamaño (Chutima, 2020).

Por lo que, a medida que pasa el tiempo Aragón Guía et al., (2020) expresa que se busca mejorar la calidad y por consiguiente el desempeño de todos los trabajadores, involucrando las Tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TICS), haciendo énfasis en un mejor desempeño para mejorar la rentabilidad.

Según manifiesta Koltai et al., (2021) las líneas montaje y ensamble, aportan para que el proceso sea eficiente de acuerdo a su ritmo de trabajo, otorgando continuidad, sin embargo, existen inconvenientes en los procesos, los cuales se consideran dos tipos de problemas clásicos Simple assembly line balancing problem (SALBP) y General assembly line balancing problem (GALBP), a pesar de ello existen métodos exactos que brindan soluciones óptimas como heurísticas(H) y meta-heurísticas (MH).

No obstante Bongomin et al., (2020); Guise et al., (2023) analizan que en la actualidad las empresas textiles desarrollan herramientas y simulación dentro de la industria 4.0, de tal forma que en las líneas de montaje el modelado genere posibilidad, y brinde una administración táctica.

De modo que Jiao et al., (2021) mencionan el gran aporte que tiene el equilibrio de las líneas de montaje, como optimizar recursos que conlleven a una estabilidad productiva, asignando tareas específicas desde el ingreso de la materia prima, como la salida del producto terminado.

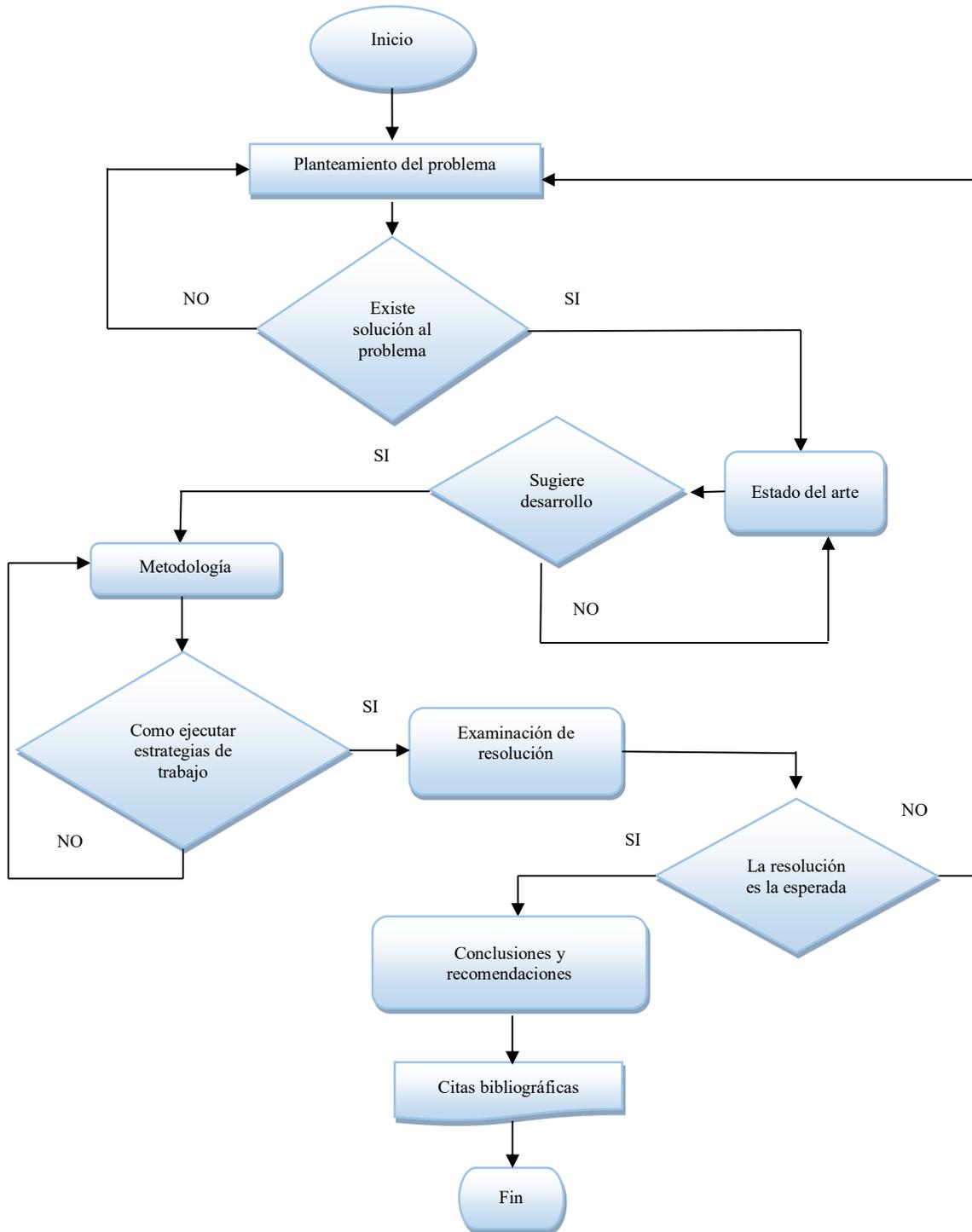
Sime et al., (2019) recalcan que, al momento de fabricar prendas de vestir, se analiza que la aplicación de balanceo de líneas es indispensable para poder ejecutar los tiempos y las actividades que se le designe a cada operario, enfocándose en obtener un avance en la productividad, utilizando métodos heurísticos (H), meta heurísticos (MH) e incluso simulación.

De acuerdo con Ivania et al., (2019); Espitia-Mendoza, (2021) concuerdan que en la industria textil la implementación de herramientas y metodologías son fundamentales, debido a que los balanceos de líneas (BL) se orientan en el incremento de la producción. Expresando que la finalidad es disminuir tiempos; aprovechando los recursos, igualando tiempos y actividades para cada línea, generando la satisfacción optima, fijándose que la metodología que se pretenda implementar cumpla con la demanda estimada.

Sin embargo Osorio et al., (2020) manifiestan que, mediante estudios realizados en diferentes empresas manufactureras en Ecuador, un 89,07% de las empresas desaparecen debido a la falta de conocimiento sobre estrategias que aporten a la probabilidad de ser competitivos en el mercado.

La descripción de la situación en general es establecer los tiempos, y rendimiento, logrando que la aplicación de metodologías heurísticas beneficie a las empresas, por lo que en la Figura 2 se presenta diagrama de flujo donde se visualiza la secuencia requerida para poder desarrollar las acciones determinadas.

Figura 2. Diagrama de Flujo de la problemática



Nota: Elaborado por autor

## 1.2 Estado del arte

Guevara, (2016); Caramihai et al., (2018); Pimentel et al., (2020) hacen referencia al estado del arte como un proceso, estrategia metodológica o estudio analítico, que favorece a diferentes campos disciplinarios proporcionando claridad y una mejor visión general de la investigación.

Por medio del estado del arte, se podrá aclarar diversos conceptos referentes al tema de investigación los cuales serán fundamentales para establecer una metodología que brinde solución a la misma, ya que este se caracteriza por tener la capacidad de delimitar un problema y encontrar solución, siendo elemento esencial en diferentes campos.

Una revisión sistemática de literatura (RSL), es un método que coopera para responder preguntas de forma objetiva, logrando extracción de datos y análisis para la calidad de la investigación (Carrizo et al., 2018). En un contexto determinado Tebes et al., (2020); Múzquiz et al., (2022) argumentan que un mapeo sistemático (MP) es sustancial dentro de una revisión sistemática por amplio estudio sobre el área investigativa.

Favoreciendo de manera pertinente los motores de búsqueda, los cuales son útiles para los procesos investigativos por recopilar información Espinoza, (2020). Es por ello, que se busca en artículos de revistas científicas y por medio de ScienceDirect, Google Académico, Scielo, Redalyc, Dialnet se recolectó información mediante palabras claves para la primera variable como “BALANCE DE LÍNEAS” “BALANCE LINE” y “PRODUCTIVIDAD” “PRODUCTIVITY” para la segunda variable, y para la relación entre variable se usó AND y OR.

En la Tabla 1. Se detalla la selección de artículos que se realizó para la investigación los cuales detallan los idiomas, la información, los criterios y finalmente el modelo de bola de nieve. Dando como resultado 35 artículos direccionados directamente al tema expuesto.

*Tabla 1. Selección de artículos*

Idiomas inglés, español y portugués	140 artículos
Mediante selección de información	75 artículos
Elección por criterios de elegibilidad	40 artículos
Eliminados 23 debido al modelo bola de nieve	35 artículos

*Nota: Elaborado por autor*

A continuación Ochoa (2019) define la importancia de especificar los criterios de elegibilidad como una característica que deben cumplir para filtrar los artículos de la investigación que no estén centrados en los factores requeridos, considerando el idioma, la relación con el tema y también los documentos duplicados. En la tabla 2 se incluyen los criterios de elegibilidad (Inclusión u Exclusión) que permiten tener una investigación más detallada y eficiente según el estudio efectuado.(Patino & Ferreira, 2018). Expresados en las Tabla 2.

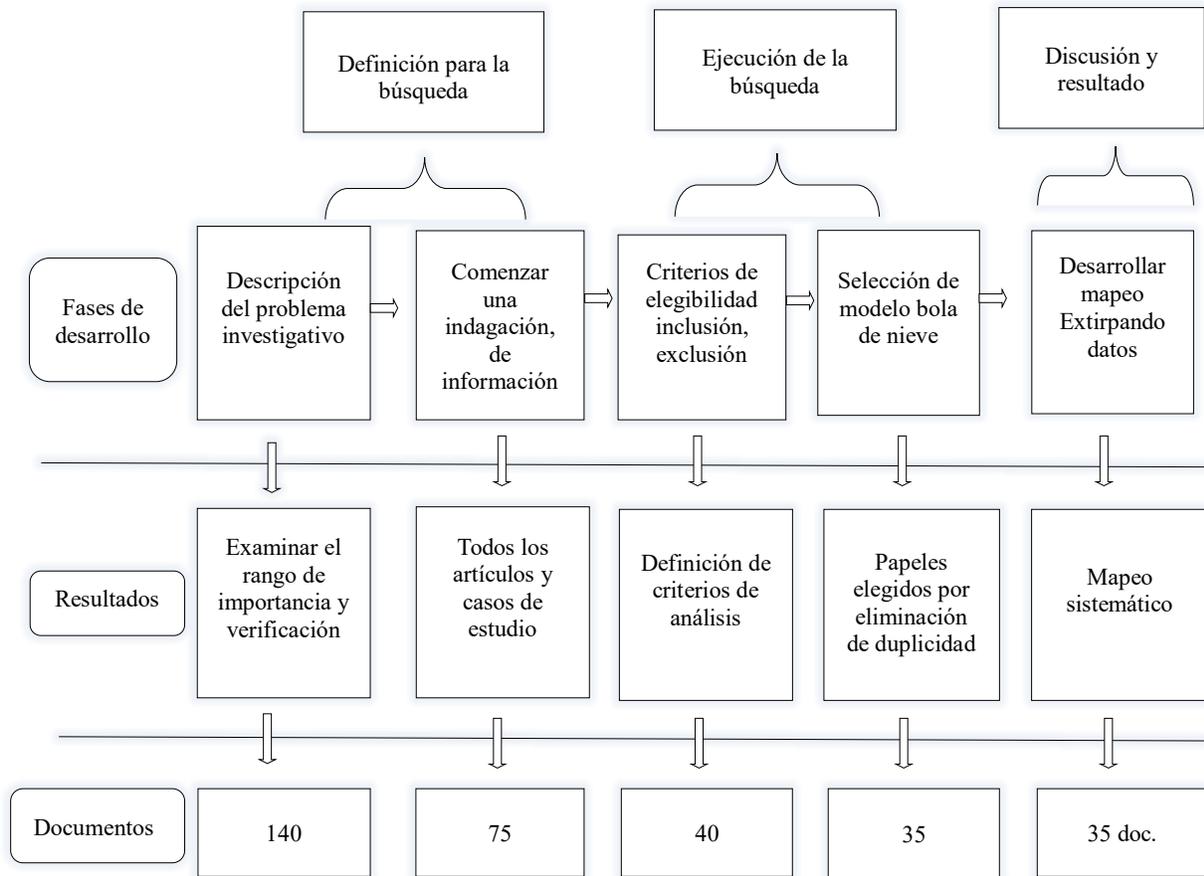
*Tabla 2. Criterios de elegibilidad*

<b>CRITERIOS DE INCLUSIÓN</b>	<b>CRITERIOS DE EXCLUSIÓN</b>
Inglés, español, portugués	Sin relación con el tema
Información accesible	Incoherencia, en resumen, objetivos y resúmenes
Relacionados con balance de líneas	Artículos duplicados

*Nota: Elaborado por autor*

En la Figura 3 se expresa un mapeo sistemático con la finalidad de poder determinar el estado del arte, por lo que se amplió un estudio en particular por etapas sobre las aplicaciones de técnicas dentro de las líneas de producción (Miguel et al., 2022). Buscando de manera precisa diversos documentos que favorezca al tema.

*Figura 3. Mapeo sistemático*



*Nota: Elaborado por autor*

De tal modo los motores de búsqueda aportan con la información del contenido de revista de manera rápida. Por lo que en la Tabla 3 se muestra la evaluación de la calidad de estudios por las revistas donde se publicaron y para ello se utilizó Scimago Journal & Country Rank mostrando el rango de los cuartiles evaluando la importancia de la revista, y las veces en que se han citado.

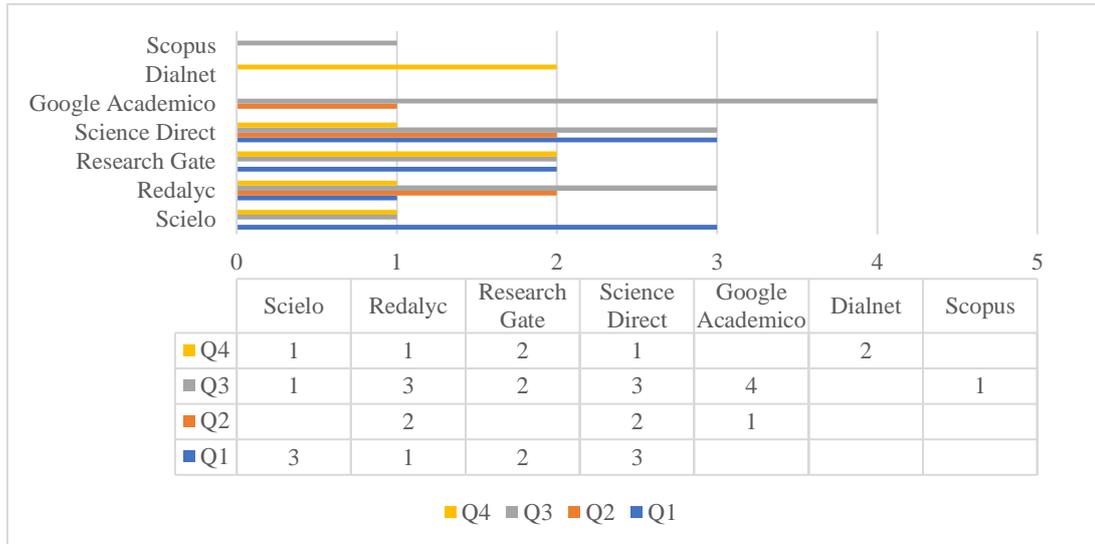
*Tabla 3. Características de artículos científicos*

N°	AÑO	AUTOR	FUENTE	REVISTA	Q	ÍNDICE H	
1	2023	(Sotskov)	Redalyc	Algorithms MPDI	Q2	46	
2		(Soori)	Redalyc	Pre-Proof	Q4	5	
3		(Jayawardane)	Science Direct	Sustainable Manufacturing	Q3	18	
4	2022	(Govender & Dewa)	Research Gate	Industrial o Ingineering	Q3	20	
5		(Schmid)	Science Direct	IFAC		Q3	86
6		(Sotsek)	Google Académico	Gepros		Q3	12
7		(Buitrago)	Redalyc	Revista Ciencias Sociales	Q2	18	
8		(Chiu)	Research Gate	IESS	Q1	204	
9		(Anel)	Science Direct	Operations Research Perspectives		26	
10	(Stecke & Mokhtarzadeh)	Research Gate	Production Research	80			
11	(Van & Gladysz)	Science Direct	Manufacturing Systems	92			
12	(Guzman-Moratto)	Science Direct	Procedia Computer Science	Q2	99		
13	2021	(Palange & Dhattrak)	Science Direct	Materials today	Q4	1	
14		(Pérez)	Research Gate	Ciências Científica		1	
15		(Escalante)	Scielo	Industrial D	Q1	69	
16	2020	(Yılmaz)	Science Direct	Procedia Manufacturing	Q2	69	
17		(Jirasirilerd)	Redalyc	Tecnology Market and Complexity	Q1	38	
18		(Panchal)	Research Gate	Applied Science and Engineering Technology	Q4	34	
19		(Kang)	Science Direct	Computers Industrial Engineering	Q1	148	
20		Cruz	Google Académico	Económica	Q3	41	
21		(Paula)	Scielo	CESA	Q1	17	
22	2019	Torres	Redalyc	Venezolana Gerencia	Q3	76	
23		(León)	Scielo	Tecnología Ciência y Sociedad	Q4	1	
24		(Orejuela & Flórez)	Dialnet	Inge		16	
25		(J. Osorio)	Scielo	Ecos	Q1	100	
26		(Cascante)	Redalyc	Facultad Ingenieria	Q3	15	
27		(Keinan)	Science Direct	Copsyc		31	
28		(Andrade)	Scielo	Información Tecnológica		17	
29		(Cárdenas)	Google Académico	Revista Científica	Q2	22	
30	2018	(Romero)	Research Gate	Computación y Sistema	Q3	16	
31		(Muñoz Pinzón)	Redalyc	Revista Politécnica	Q4	1	
32		(Ibujés & Benavides)	Scopus	Cuadernos de la Economía	Q3	10	
33		(Murillo)	Google Académico	Economía latino-americana		15	
34		(Tinoco)	Google Académico	Jornal Quintana		3	
35			(Peña)	Dialnet	Scientia y Technica	Q4	3

*Nota: Elaborado por autor*

A través de la Figura 4, se da a conocer la importancia que tiene cada una de las revistas que se han tomado en cuenta para llevar a cabo la investigación mediante cuartiles.

Figura 4. Evaluación de calidad



Nota: Elaborado por autor

De modo que en la Tabla 4 se puede observar cada uno de los análisis investigativos, las herramientas a utilizar y por consiguiente la descripción y los 35 resultados obtenidos de los diferentes motores de búsqueda, haciendo énfasis desde los últimos años.

Tabla 4. Matriz referencial de artículos

N°	Autor	Propuesta	Método	Resultado
1	(Sotskov, 2023)	Diseño, balanceo de líneas de ensamblaje y producción con datos inexactos: una encuesta y perspectiva.	Encuesta como experimento computacional para seleccionar las reglas de prioridad de mejor desempeño y para ajustar el procedimiento probabilístico.	Obtiene soluciones polinómicas tanto para SALBP como para ALBP en forma de U con un efecto de aprendizaje.
2	(Soori et al., 2023)	Internet de las cosas para fábricas inteligentes en la industria 4.0.	Tecnologías IoT, IA y ROBÓTICA.	Optimiza procesos de producción, mejorar eficiencia, minimiza la contaminación ambiental.
3	(Jayawardane et al., 2023)	Fabricación sostenible y economía de servicios.	Se emplea una metodología de revisión sistemática de la literatura (SLR).	Contribuir al desarrollo económico elevando el rendimiento sostenible.
4	(Govender & Dewa, 2022)	Uso del principio de kaizen y técnica de equilibrio de línea para la mejora de procesos en el montaje de componentes automotrices.	Ishikawa, investigaciones asociadas.	Determino los otros factores que jugaron un papel en la ineficiencia de OA.
5	(Schmid et al., 2022)	Un caso de estudio sobre la integración del ensamblaje de decisiones de balanceo y alimentación de línea.	Plan maestro.	Se obtiene un aumento de costos de un entorno más restringido a uno menos restringido.

6	(Sotsek et al., 2022)	Estudio de tiempos y movimientos en el área de la industria 4.0: una RSL.	Rsl, herramientas de estudios de tiempos y movimiento e investigaciones.	Identificar métodos y herramientas para estudio de tiempo en la industria.
7	(Buitrago et al., 2022)	Sistema de indicadores de eficiencia financiera para las pymes del sector textil de Medellín-Colombia.	Instrumento de recolección de datos, técnicas de estadística para análisis de información.	Las herramientas financieras generan un aporte, cumplen con un alto grado de consistencia desde la perspectiva cuantitativa y cualitativa.
8	(Chiu et al., 2022)	Diseños y métodos de imputación de valores perdidos de técnicas metaheurísticas inspiradas en la naturaleza: A Revisión sistemática.	Técnicas MVI basadas en metaheurísticas mediante la adopción de los estándares SLR.	Mejora la calidad de los datos, el poder estadístico y reducir el sesgo en las aplicaciones de ciencia de datos.
9	(Anel et al., 2022)	Nueva Metodología Matricial para Transparencia Algorítmica en Línea de Montaje Equilibrio usando un algoritmo genético.	Metodología matricial.	Oportunidades de mejora de la línea de montaje diseñada y ofrece un diagnóstico intuitivo de desequilibrios sistémicos.
10	(Stecke & Mokhtarzadeh, 2022)	Equilibrar las líneas de montaje colaborativas entre humanos y robots para optimizar el tiempo de ciclo y el riesgo ergonómico.	Modelo de programación lineal de enteros mixto, modelo de programación de restricciones y algoritmo de descomposición y un método de gasto de energía.	Examinar el impacto de la disposición de los recursos pasivos en una estación sobre el tiempo de ciclo y la mejora de ER.
11	(van & Gladysz, 2022)	Tecnologías cuánticas en sistemas de fabricación: perspectivas para aplicación y desarrollo sostenible.	Computación cuántica y la IA cuántica.	Respaldar un crecimiento económico sostenible diverso.
12	(Guzman-Moratto et al., 2022)	Mejorando la productividad usando simulación: caso de estudio fabricación de colchón.	Modelo de simulación de eventos discretos.	Incrementar la capacidad de producción de la planta y las utilidades de la empresa podrían aumentar.
13	Palange & Dhattrak, (2021)	La manufactura esbelta es una herramienta vital para mejorar la productividad en la manufactura	implementación de la técnica de manufactura	Mejora del proceso de toma de decisiones
14	(Pérez et al., 2021)	Lean six sigma e industria 4.0 una revisión desde la administración de operaciones.	Metodología Lean Six Sigma, Metodología prisma.	Aumento de la productividad y la competitividad.
15	(Escalante, 2021)	Modelo de equilibrio de la línea de producción para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado.	Investigación aplicada con un diseño experimental, implementación de la teoría de restricciones (TOC).	Detección y eliminación de desperdicios, capitalizando los recursos del área y obtener mayor capacidad productiva y menores costos de producción.
16	(Yilmaz et al., 2020)	Equilibrio de la línea de montaje mediante el uso de principios de diseño axiomático: una aplicación de la industria de fabricación de enfriadores.	Diseños axiomáticos (AD) Y herramientas para eliminar desperdicios.	Mejoras en el equilibrio de línea, reducción del manejo de materiales, aumento de la comunicación y mejor seguimiento de los datos.
17	(Jirasirilerd et al., 2020)	Problema de equilibrio de línea de montaje simple tipo 2 por búsqueda adaptiva de estrategias de vecindario variable: un caso de estudio industria de confección.	Método de búsqueda adaptativa de estrategia de vecindad variable (VaNSAS).	Proporciona una mejor solución y presenta un tiempo computacional mucho menor.
18	(Panchal, 2020)	Aplicación de la posición clasificada ponderada y el método de kilbridge y wester en planta de ensamblaje de radiadores: caso de estudio.	Método de Kilbridge y Wester (KBW) y el método de ponderación de posición clasificada (RPW).	Aumento la tasa de producción y valor más alto de la eficiencia de la línea y un valor más bajo del índice de suavidad sugieren que la línea es suave.
19	(Kang et al., 2020)	Aplicación de aprendizaje automático en líneas de producción una revisión sistemática de la literatura.	Tecnología IoT, la guía (SLR) Revisión Sistemática de Literatura.	Aumento de la digitalización, mejora de control de calidad y evaluar riesgos y ahorrar costos.

20	Cruz et al., (2020)	Relación entre la actividad manufacturera y el crecimiento económico a nivel mundial.	Programas de desarrollo industrial en economías.	Relación de equilibrio a corto plazo entre la actividad manufacturera y el crecimiento económico.
21	(Paula et al., 2020)	Sostenibilidad en la cadena de valor.	Estrategias sostenibles.	Aumenta con una mejora reputacional, aumenta el potencial de venta de productos y se lo-gran trabajos de alta calidad.
22	Torres et al., (2019)	Incidencia del crecimiento económico del sector manufacturero sobre el producto interno bruto en Ecuador.	Paradigma cuantitativo regresión lineal.	99% del comportamiento del sector industrial manufactura incide en la variación del PIB
23	(León et al., 2019)	Problema de balanceo de una línea del tipo SALBP: caso de una línea de confección de prendas.	Aplicación de dos métodos heurísticos y el algoritmo comsoal.	Múltiples configuraciones de líneas que deben ser estudiadas con el propósito de ofrecer soluciones óptimas.
24	(Orejuela & Flórez, 2019)	Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante programación por metas.	Programación por metas.	Reducción significativa del tiempo ciclo y del tiempo ocioso a costos mínimos.
25	(J. Osorio et al., 2019)	Revisión de literatura sobre los modelos de optimización en programación de turnos de enfermería.	Proceso documental cualitativo y cuantitativo.	Reducción de costos administrativos y operativos.
26	(Cascante et al., 2019)	Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro.	Estudios de tiempo estándar, diagrama de procesos.	Mejoramiento productivo.
27	(Keinan et al., 2019)	Valor simbólico del tiempo.	Estudio piloto.	Mejora las decisiones en asignación de tiempos.
28	(Andrade et al., 2019)	Estudio de tiempos y movimientos para incrementar la eficiencia en una empresa de producción de calzado.	Estudios de tiempos y movimientos.	Equilibrar un trabajo en los operarios, aumenta la capacidad de producción.
29	(Cárdenas et al., 2019)	Sostenibilidad empresarial en relación a los objetivos del desarrollo sostenible en el Ecuador.	Método de diferencias	Desarrollar actividades de sostenibilidad.
30	(Romero et al., 2018)	Balace de línea de producción en una empresa de calzado mediante la metaheurística búsqueda tabú.	Métodos de aproximación como son las heurísticas y las metaheurísticas.	Aumenta el nivel de producción, reducción de cuellos de botella.
31	(Muñoz Pinzón et al., 2018)	Uso y aplicación de herramientas del modelo de producción Toyota: una revisión de literatura.	herramientas del modelo Toyota, herramientas Lean.	Mejora sistemas productivos.
32	(Ibujés & Benavides, 2018)	Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador.	Modelo económico de solow.	Variables factibles que aporten a la productividad.
33	(Murillo et al., 2018)	Líneas de ensamble y balance y su impacto en la productividad.	Métodos heurísticos.	Desempeño aceptable en tiempos ocios, sobrecargas y tiempo requerido.
34	(Tinoco et al., 2018)	Comparación de métodos de balanceo de línea de ensamble para una caja de cambios.	Métodos exactos y métodos heurísticos.	Reducción el número de variables de decisión y de restricciones.
35	(Peña et al., 2016)	Aplicaciones de tecnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento.	Software AMPL, resuelto a través de NEOS.	Disminución en el tiempo estándar y a su vez en la carga de trabajo.

*Nota: Elaborado por autor*

### 1.2.1 Variable independiente: Balance de líneas

Los modelos de balance de líneas, comprenden herramientas que proporcionan una reducción de costos y ayudan a producir grandes cantidades de productos, aumentando la productividad (Escalante, 2021).

Peña et al., (2016) define al balanceo de líneas como una herramienta fundamental para poder tener un buen control de la producción donde consiste en agrupar las actividades en cierto periodo de tiempo con el fin de obtener continuidad optimizando variables que afectan a la productividad.

En las empresas al tener equilibradas las líneas se aprovechan los recursos y se adquiere una mejor distribución de tareas, dando a conocer los cuellos de botella para que por medio de balance de líneas dichas empresas mejoren constantemente sus procesos y especialmente el rendimiento (Govender & Dewa, 2022).

Por lo tanto León et al., (2019) da a conocer, que el balance conduce a una reducción de fallas en los diversos procesos que se suscitan en las empresas manufactureras, efectuando empresas más competitivas dentro del mercado laboral.

Por lo que Romero et al., (2018) mencionan que, dentro de la producción el tener balanceadas las líneas ayuda a la eliminación de desperdicios, y a detectar los cuellos de botella que son todos recursos que tiene una capacidad inferior a la demanda, obteniendo beneficios entre la combinación del operario y la máquina, mostrando incremento productivo, para así generar un producto terminado en cierto periodo de tiempo.

De tal modo Peña et al., (2016) destaca al balanceo de líneas como crucial al momento de producir, donde la capacidad es primordial para tener flujo continuo y uniforme para ello deberá limitarse a ciertas condiciones como son:

**Cantidad.** - Considera el costo para cubrir la preparación

**Equilibrio.** - Tiempos deben ser iguales

**Continuidad.** – Disposición en el abastecimiento continuo de material

Orejuela & Flórez, (2019) establece que una línea de fabricación asegura un flujo continuo, aumentando la eficiencia de los procesos. Desde la perspectiva del estudio de

Yilmaz et al., (2020) estudia los criterios técnicos que favorecen para los equilibrios de las líneas de montaje, efectuando procesos secuenciales.

No obstante Stecke & Mokhtarzadeh, (2022) dan a conocer que, para un aumento de productividad, la combinación entre humano y robot logrando ventajas operativas por medio de programación.

### **Líneas de fabricación y líneas de ensamble:**

**Fabricación:** Se construyen componentes

**Montaje:** Juntar componentes y presentar un producto terminado

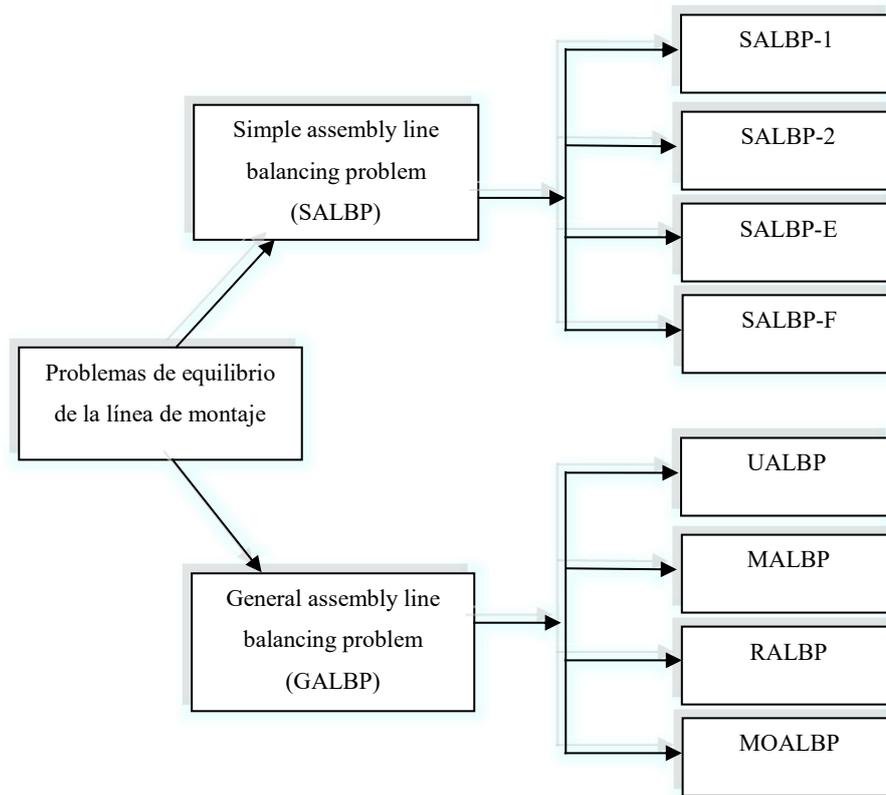
En los problemas de equilibrio de líneas se destaca el de montaje simple y general: en las líneas de montaje simple enfatiza en la producción de un solo producto SALBP-1, SALBP-2, SALBP-E, SALBP-F a diferencia de las líneas de montaje general que la problemática no incluye en las líneas de montaje simple UALBP, MALBP, RALBP, MOALB para las empresas dedicadas a la confección de prendas de vestir se consideran más problemas de tipo SALP-2 debido a las diferentes maquinarias a utilizar y por lo tanto tiene como finalidad disminuir el tiempo de ciclo para ciertas estaciones de trabajo (Jirasirilerd et al., 2020)

Cabe recalcar que también se presentan equilibrio de modelo mixto, Anel et al., (2022) mencionan las nuevas perspectivas de metodologías que desarrollan soluciones para problemas de equilibrios. No obstante Osorio et al., (2019) describe que proporcionar herramientas eficaces se logra obtener resultados deseados.

Por su parte Cascante et al., (2019) recalcan que muchas de las empresas buscan la mejora de sus productos tal como la calidad, utilizando los recursos necesarios estimando que en las estaciones el trabajo sea lo más equitativo posible. Las investigaciones se orientan en los problemas dentro de balance de líneas como simples de equilibrio (SALBP) y lo problemas generalizados (GALBP) con la finalidad de minimizar el número de estaciones (Schmid et al., 2022).

Por medio de la Figura 5 se plantea la sistematización de los problemas de equilibrio de la línea de montaje y en que se dividen cada una.

*Figura 5. Tipos de problemas de equilibrio*



*Nota: Elaborado por autor en base a (Sotskov, 2023)*

En mención de lo anterior el balanceo de líneas es una herramienta susceptible para la producción por sus líneas como son montaje y ensamble las cuales presentan una dificultad al momento de no tener establecidas las estaciones con las actividades adecuadas, sin embargo, existen herramientas que favorecen los estudios (Sotskov, 2023).

Para Sotsek et al., (2022) los estudios de tiempos se efectúan como una técnica donde se evalúa cualquier acción realizada para eludir actividades innecesarias del operador, una de su característica es que tiene tiempos específicos aumentando la seguridad y salud en el trabajo.

Ciertamente los tiempos juegan un papel fundamental en diferentes actividades por lo que se consideran: productivos los que se aprovechan desde el momento que ingrese materia prima hasta salir un producto terminado, por lo consiguiente los tiempos improductivos se conoce al tiempo por el cual un operario o trabajador se mantiene inactivo a causa no tener bien planificado las actividades. (Keinan et al., 2019).

## TIPOS DE BALANCEO DE LÍNEAS

Estos tipos se realizan por medio de diagrama

Tradicional. – Se realiza con el tiempo de la última estación, es decir el tiempo de ciclo más alto por cada estación.

Peso posicional. – el tiempo de posicional de cada operación, ordenando de forma descendente ordenando el tiempo mayor primero.

Heurístico. – Depende de la cantidad de operadores o estaciones disponibles para balancear.

## MÉTODOS PARA SOLUCIONAR EQUILIBRIOS DE LÍNEA

Métodos Heurísticos:

- ✓ Heurísticas de una solo pasada
- ✓ Heurísticas de composición
- ✓ Reglas de back tracking(retroceso)
- ✓ Aproximación partiendo de algoritmos exactos
- ✓ Helgeson and Birnie
- ✓ Heurístico Kilbridge and Wester

Panchal, (2020) menciona que para dar una mejor expectativa de resolución se destacan métodos heurísticos como Método kilbridge y wester que es muy útil y se caracteriza por distribuir de manera eficaz los elementos de trabajo que permite un óptimo balance, que busca minimizar el número de estaciones para un tiempo de ciclo dado.

### 1.2.2 Variable dependiente: Productividad

Buitrago et al., (2022) expresa que la productividad es un indicador que define la cantidad de producto que se producen, dentro del mundo empresarial se evidencian métodos eficaces que favorezcan a la continuidad de los procesos, destacando la relación de lo producido y lo que se requiere para producir.

Los avances que se suscitan en las empresas con perspectivas de crecimiento en las industrias manufactureras, buscando calidad y eficiencia desde la materia prima al producto terminado optimizando el proceso de producción con objetivos de industria 4.0

Soori et al., (2023). Los operadores confían en que la producción prevista se logrará dentro de un periodo de tiempo determinado en función de lograr el rendimiento máximo.

En las empresas manufactureras se ha incrementado el desarrollo económico a causa de herramientas, Jayawardane et al., (2023) indicó que el sector manufacturero tiene un aporte de 16,69% del valor agregado global a diferencia del sector agrícola y de servicios que ocupan el 4,61 y 78,43%.

Kang et al., (2020) hace énfasis a las características de la línea de producción y los componentes que aportan de manera conjunta para poder realizar varios procesos que se suscitan en las empresas.

En la Tabla 5 se detallan las características y componente de la línea de producción.

*Tabla 5. Características y componentes*

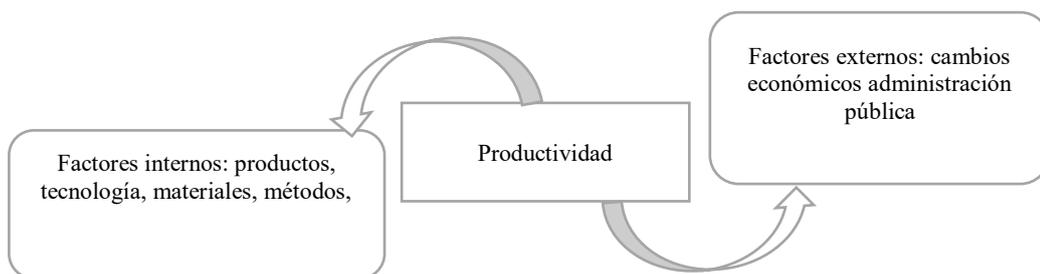
Características	Componentes
Tiempo de proceso	Estación de trabajo
Disposición de la estación de trabajo	Máquina
Volumen de producción	Búfer

*Nota: Elaborado por autor basado en (Kang et al., 2020)*

Durante los últimos 5 años se han empleado herramientas que ayudan al desarrollo de las empresas para lograr una mejora como que se adapten a las industrias en busca incrementar la eficiencia (Muñoz Pinzón et al., 2018).

Mediante la Figura 6 se especifica los factores de productividad que intervienen en las empresas: como lo factores internos y externos.

*Figura 6. Factores de productividad*



*Nota: Elaborado por autor en base (Fontalvo-Herrera et al., 2017)*

En las empresas al tener balanceada una línea es de vital importancia para el control en la producción, por lo que Andrade et al., (2019) da a conocer que en las empresas manufactureras de Ecuador se aspira mejoras en producción con el objetivo de aplicar estudios de tiempos y movimientos para estandarizar dicha producción y equilibrar tiempos ocios.

De hecho Ibujés & Benavides, (2018) contribuyen a la información de evaluar el efecto que ocasione dentro de la industria textil el uso de tecnologías de las pymes en la productividad. Actualmente AITE, (2018) da a conocer que las provincias que más se dedican a la industria textil son Guayas, Azuay, Tungurahua e Imbabura, dejando en claro que es la tercer más grande del sector de manufactura con un aporte del 7% del PIB.

En consecuencia Guzman- Moratto et al., (2022) proponen para las líneas de producción un modelado de simulación que mediante mejoras de propuestas abarquen en el incremento de la productividad, sin embargo, las técnicas heurísticas y metaheurísticas son importantes en el interior de la optimización por ampliar el incremento continuo de los procesos donde el tiempo y el trabajo se establezcan de manera equitativa para las estaciones (Chiu et al., 2022).

### **¿Por qué es importante el incremento de la productividad?**

(García, n.d.) hace énfasis a la importancia de la productividad debido a que desenvuelve una reacción positiva en cadena es decir que produce continuidad, generando mejor calidad, estabilidad de empleo y por ende mayores beneficios:

- ✓ Se incrementa la productividad se logra utilizar mejor el tiempo por consiguiente mejor calidad.
- ✓ Se emplea un buen precio en el mercado por lo que se mantiene el negocio y se obtiene trabajo estable.

Incrementar la calidad de un producto para satisfacer las necesidades del cliente es obtener productos fiables que consten con estándares de calidad para que las empresas manufactureras sean más eficientes y competitivas (Pérez et al., 2021)

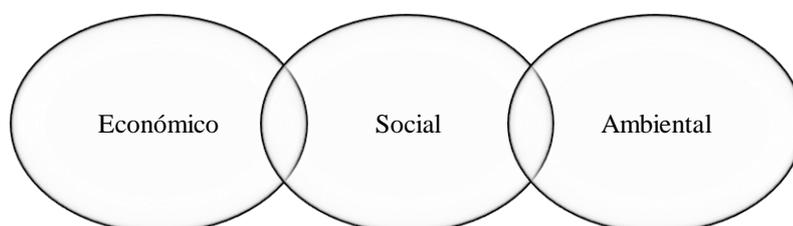
### **Indicadores de importancia:**

- ✓ Eficiencia: Se describe como la forma en que se usan los recursos de la empresa, es decir la relación entre los resultados logrados y los recursos empleados.
- ✓ Eficacia: grado de cumplimiento de los objetivos tal como el grado por el cual las actividades planeadas son realizadas y los recursos previstos son logrados.

Cárdenas et al., (2019) menciona los desafíos del desarrollo sostenible que generan impacto en las empresas que buscan la sostenibilidad sea económica, social, ambiental y la minimización de los impactos ambientales.

Mediante la Figura 7 se proyecta la sostenibilidad de la ODS implicadas en este caso de estudio por medio de investigaciones.

*Figura 7. Sostenibilidad de la ODS*



*Nota: Elaborado por autor*

El desarrollo sostenible se comprende como complacer las necesidades actuales sin comprometer las necesidades del futuro, garantizando un incremento económico.

Objetivos del desarrollo sostenible que son asignado al proceso investigativo del trabajo de integración curricular (ONU, 2018) siendo estos los objetivos 4 y 6:

- ✓ **Objetivo 4.-** Garantizar la educación inclusiva, equitativa y de calidad, y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- ✓ **Objetivo 6.-** Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

### **1.2.3 Relación entre Balance de Líneas y la Productividad**

Es de vital importancia generar un balance de líneas en las empresas manufactureras, para minimizar los tiempos perdidos. Zamzam et al., (2021) expresa que

esos tiempos perdidos se pueden dar por el desenvolvimiento de trabajadores ante el esfuerzo físico que realizan, ya que al momento de trabajar el ambiente se torna tenso a causa de factores como el calor, la fatiga, el estrés ocasionando problemas productivos. Es por ello que las actividades deberán estar agrupadas para poder realizar su trabajo de manera fluida minimizando los cuellos de botellas (Murillo et al., 2018).

De hecho, las empresas contribuyen de manera efectiva al desarrollo sostenible conforme a las estrategias que plantean, esperando satisfacer las necesidades del cliente sobre todo tienen claro que los aspectos ambientales fortalezcan al medio. (Paula et al., 2020)

Bajo las investigaciones realizadas por Tinoco et al., (2018) recalca lo fundamental del balanceo de líneas en una industria para un control productivo, ya que iguala los tiempos en todas las estaciones de trabajo puesto que, al tener una línea equilibrada, serán óptimos los procesos y eficientes ya que se usan métodos heurísticos para resolver problemas en las líneas específicamente ensamble. Esta relación que se da entre las dos variables, a pesar de estar estrechamente relacionadas, pocas son las veces que se las involucra en el sector textil.

#### **1.2.4 Sector manufacturero**

El sector manufacturero ha ido evolucionando a nivel mundial, por ser principal en la posición económica abarcando aspectos positivos comprendiendo el 20% a 30% del valor de todos los bienes y servicios que se producen en los países latinoamericanos Cruz et al., (2020), en otros términos Palange & Dhattrak, (2021) hacen énfasis a herramientas que aporta a las industrias a nivel internacional a disminuir el desperdicio que no agregue valor al producto, como expresa Torres et al., (2019) el incremento de las empresas manufactureras en Ecuador ha generado un incremento del 11% de fuentes de empleo, cabe destacar que en el periodo 2013-2018 el sector manufacturero dispuso la mayor contribución promedio al PBI con un 14,09% anual (Superintendencias de compañía, 2020)

En Ecuador en el mes de junio del 2022 se identificó que el saldo de la cartera bruta en el sector manufacturero fue USD 3.758 millones, logrando aportar la provincia de Santa Elena con un 0,12% (lugar 13) dentro de la provincia, las empresas manufactureras optan por ser más competitivas por lo que sobresalen por las diversas

fabricaciones que realiza a mano o en ocasiones con aportes de maquinarias como es el caso de “CHOOPER’S” es una empresa dedicada a la confección de prenda juvenil para hombres y mujeres, con estándares de calidad destinados a la comercialización. Esta comenzó realizando camisas básicas juveniles, tanto de hombre como de mujeres.

La investigación, que se formula con la intención de incrementar la eficiencia y productividad, se presenta en la provincia de Santa Elena, en la comuna Monteverde. “CHOOPER’S”, para poder tener un correcto balance en las estaciones de trabajo y de las máquinas, porque esta empresa cuenta con diversas máquinas industriales como es la máquina de estampado, máquinas de corte, máquinas de planchado, máquinas de coser, y diversas herramientas como etiquetadora entre otras.

## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

La metodología utilizada en el estudio se basa en el estado del arte (Capítulo 1), que demostró la viabilidad de utilizar herramientas de mejoras como métodos heurísticos debido a observación de problemas de balance de líneas, que afectan a la eficiencia y productividad, lo que ocasiona tiempos improductivos y por ende retrasos en los procesos de la empresa CHOOPER'S.

#### 2.1 Enfoque de la investigación

El enfoque investigativo es la condición y la clasificación de la investigación, abarcando el proceso en todas sus etapas. (Del Cid et al., 2011).

Se desarrolló un estudio bajo un enfoque de paradigmas cuantitativos en relación a los existentes (cuantitativo, cualitativo y mixto) Hernández & Mendoza, (2018) por el establecimiento de las variables necesarias facilitando la identificación del problema y analizando de qué manera será procesada la información mediante los métodos que aportan a la productividad de la empresa.

El tipo de estudio se caracteriza en dos clases: estudio correlacional que según Hernández-Mendoza, (2018) expresa el alcance de la investigación y el enlace que se da entre las dos variables e investigación de campo por la apreciación visual en la zona de caso de estudio, y por la recolección de información en el lugar. (Nájera & Paredes, 2017).

Dando a conocer que el estudio que se realizó dentro del planteamiento cuantitativo, en conjunto con la técnica de encuesta, generó respuesta al muestreo probabilístico bajo la metodología de estratificación poblacional departamental en la empresa CHOOPER'S, destacando para ello criterios de elegibilidad logrando así definir la muestra con la que se desarrolló el análisis de estudio.

#### 2.2 Diseño de investigación

En definitiva, el diseño de la investigación programa métodos que sean aceptados para superar las deficiencias de la investigación (Del Cid et al., 2011). Bajo este contexto recayó en la categoría no experimental, obedeciendo al método deductivo al posibilitar el planteamiento de una hipótesis (Del Cid et al., 2011; Pita & Pértegas, 2002; Sampieri et

al., 2010). Enfocándose previamente en la obtención de la hipótesis que se observa en el capítulo III como: El balanceo de líneas de producción incide en la productividad de las empresas manufactureras en la provincia de Santa Elena, Ecuador.

Se utilizó el método deductivo porque había una comprensión de la aplicación del balance de líneas previo al análisis que implicaba el método kilbridge y wester

### 2.3 Tipo de investigación

Siendo este un aspecto esencial del proceso investigativo, describiendo el tipo de investigación según sus variables, como se expone a continuación:

- ✓ **Investigación Correlacional:** determinó la posible relación entre la variable independiente y dependiente (balance de líneas y productividad) (Hernández-Mendoza, 2018) por medio de la tabla de distribución de Fisher expresado en el anexo M.
- ✓ **Investigación de campo:** estableció análisis de los hechos en el lugar donde se engendran los acontecimientos relacionados al caso de producción de la empresa CHOOPER'S, indagando su punto en común la optimización de la productividad (Baena, 2017)

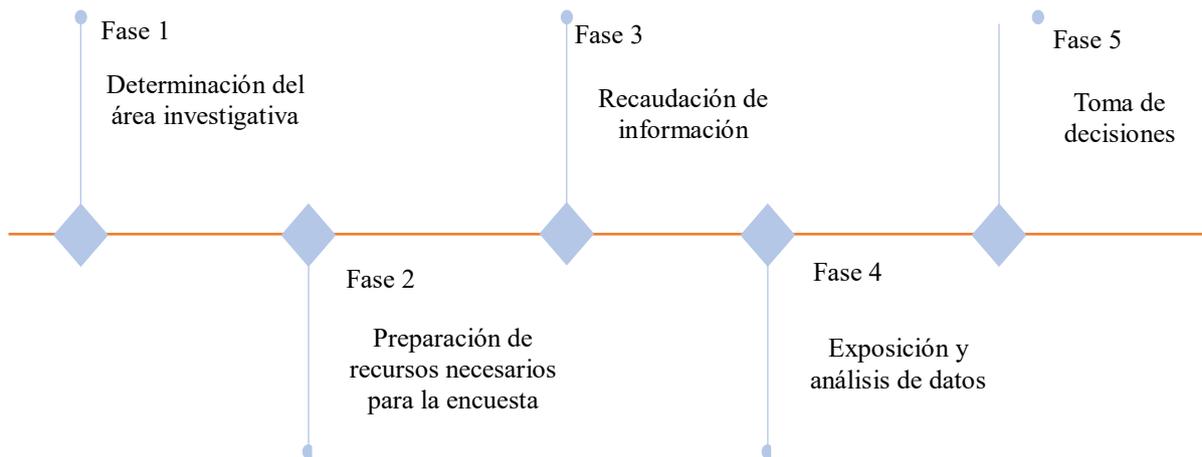
### 2.4 Procedimiento metodológico

Por lo tanto, el procedimiento metodológico complementa los métodos de aprendizajes establecidos de herramientas que serán utilizados para realizar la investigación.

La recolección de datos ha transformado el proceso investigativo, aportando el progreso de calidad con transparencia sobre un tema en específico, generando datos confiables con el fin de emplear una buena toma de decisiones según Cisneros et al., (2022), las investigaciones cuantitativas establecen procesos metodológicos con técnicas de encuesta arraigadas a los procesos evaluativo del método de Ábaco de Régnier como una consulta de preguntas de expertos evidenciándose en el anexo E, constituido en fases que evitan perder orientación dentro de un proceso dinámico de interrelación (Chicaiza, 2022; Martelo et al., 2016, 2017).

Sucesivamente en la Figura 8 se expuso un plan de evaluación distribuido por fases, empleando características según la técnica de encuesta planteada.

*Figura 8. Fases del plan de evaluación*



*Nota: Elaborado por autor basado en Gustabello et al., (2022)*

**Fase 1:** Se efectuó mediante la determinación del área investigativa con preguntas referidas al proceso del área que se determinó.

**Fase 2:** Se concretó por medio del ábaco de Régnier donde los expertos evaluaron las preguntas validando la encuesta mediante sus 3 etapas recoger la opinión de los expertos, tratamiento de los datos y discusión de los resultados.

**Fase 3:** Se recaudo la información que se obtuvo por parte de los trabajadores del área productiva de la empresa CHOOPER'S.

**Fase 4:** Para la exposición y análisis de datos se utilizó el software IBM-SPSS Statistics 25 SPPS-25 efectuando un análisis de fiabilidad e importancia por Cronbach junto a demás herramientas estadísticas,

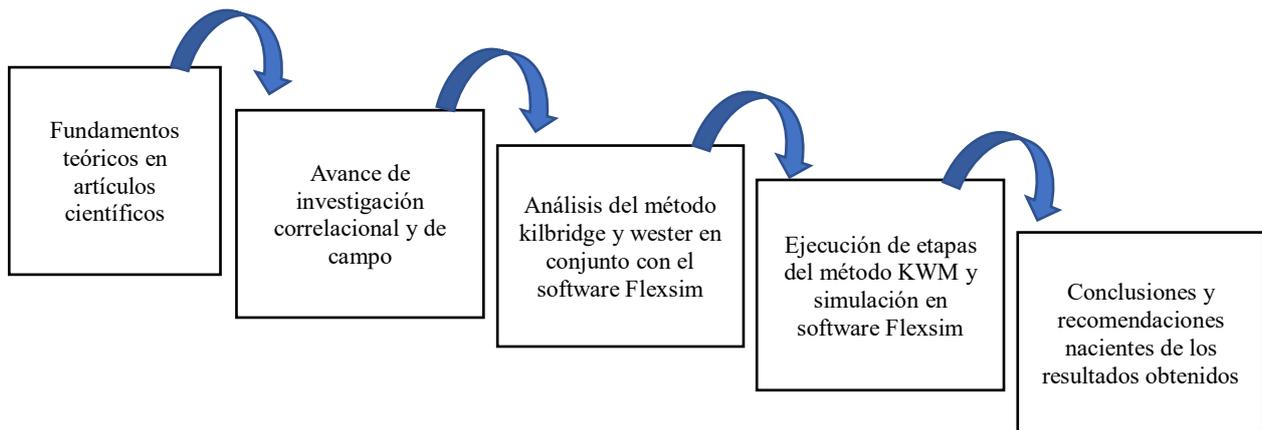
**Fase 5:** Se realizó la toma de decisiones en base a los resultados obtenidos.

Inclusive la metodología de la investigación suministra habilidades necesarias para llevar a cabo una exploración investigativa proveniente de la racionalidad lógica, objetiva y reflexiva, logrando la intervención de nuevo conceptos fundamentados de manera eficaz (Pastora et al., 2020).

Cabe recalcar en la Figura 9 se presenta el gráfico metodológico de la investigación que se lleva a cabo.

Figura 9. Gráfico metodológico

GRÁFICO METODOLÓGICO



Nota: Elaborado por autor

En los procesos se empleó procedimiento heurístico que generan aporte al índice de eficiencia en las áreas de producción, dándose esto por la demanda de los clientes y reconociendo que los problemas más frecuentes en las empresas son presentados en las líneas de montaje de tipo SALBP-2 por lo que la solución viable es la heurística de Kilbridge y Wester según Yassin, (2019) organiza tareas en efecto el número de tareas indica el número de procesos.

**FÓRMULAS DE INDICADORES:**

**Tiempo de ciclo:** Es el tiempo que permanece el producto en cada estación, es decir que aporta valor al producto o servicio.

$$\text{tiempo de ciclo(TC)} = \frac{\text{tiempo de producción por día}}{\text{producto requerido por día(en unidades)}}$$

**Estación:** Es donde cada operario realiza las actividades para poder obtener un producto terminado.

$$\# \text{ minimo de ET(Nt)} \quad N = \frac{\text{suma de tiempos de tareas(T)}}{\text{tiempo de ciclo( TC)}}$$

**Eficiencia:** la eficiencia se relaciona con la utilización de recursos para lograr los resultados específicos (Fontalvo-Herrera et al., 2017).

$$E(\text{eficiencia}) = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas(T)}}{\text{numero de estaciones de trabajo(N) * tiempo de ciclo}}$$

**Tiempo ocio:** es el total de tiempo improductivo de las estaciones.

$$\text{tiempo ocio} = (Nt)(Tc) - \sum t$$

Donde:

$\sum t$ = tiempo total requerido para realizar la prenda

E= eficiencia

Tc= tiempo de ciclo

Nt= número de estaciones de trabajo

Miraç & Arslankaya, (2023) analizan las diferentes restricciones en los problemas simples de equilibrio y la solución para la misma detallando los pasos de implementación métodos heurísticos que brindan aporte a la resolución de problemas de balanceo permitiendo ser eficientes en la producción de las empresas manufactureras, siendo este kilbridge y wester una de las metodologías más eficaces al momento de equilibrar las líneas de producción:

Restricciones:

- ✓ Cada trabajo a cada estación
- ✓ Solo un trabajo para una estación
- ✓ La duración del total de procesos no debe exceder el tiempo de ciclo
- ✓ Considerar el historial de cada transición

El propósito de este método es poder determinar el número de estaciones necesarias para completar las tareas y así lograr rebajar tiempo improductivos, al mismo tiempo se espera llegar a una eficiencia del 100% y se fomenta por los siguientes pasos:

**Paso 1:** Realizar un diagrama de precedencia, es donde se realiza una gráfica y se mencionan las secuencias para los procedimientos.

**Paso 2:** Tareas sin predecesores se enumeran en la primera columna. Cuando se pasa la segunda columna, se enumeran las tareas seguidas de las tareas de la primera columna. Este proceso continúa hasta que se crean todas las columnas.

**Paso 3:** Sumar las duraciones de las tareas en cada columna obteniendo duración acumulada.

**Paso 4:** Determinar el tiempo de ciclo

**Paso 5:** Las tareas se asignan a la estación de manera que no excedan el tiempo del ciclo. Si las tareas exceden el tiempo del ciclo cuando se asignan a la estación, esa tarea se asigna a la siguiente estación.

**Paso 6:** Volver a calcular la duración acumulada de las tareas no asignadas y se repite el paso 5.

**Paso 7:** Los procesos de asignación continúan hasta que todas las tareas se asignan a las estaciones de trabajo.

#### **FÓRMULAS:**

$$\text{Tiempo de ciclo(TC)} = \frac{\text{tiempo de producción por día}}{\text{producto requerido por día(en unidades)}}$$

$$\# \text{ minimo de ET (Nt) } N = \frac{\text{suma de tiempos de tareas(T)}}{\text{tiempo de ciclo( TC)}}$$

$$\text{E(eficiencia)} = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas(T)}}{\text{numero de estaciones de trabajo(N) * tiempo de ciclo(c)}}$$

Donde:

T=tiempos

E= eficiencia

Tc= tiempo de ciclo

#= número

N= número de estaciones de trabajo

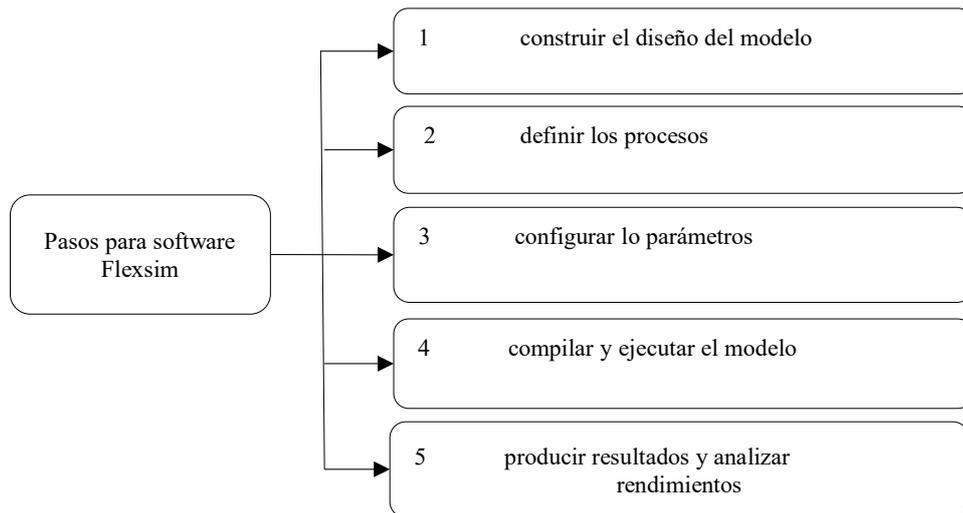
Por lo consiguiente se aplicó Flexsim como programa de simulación, como una herramienta para identificar problemas de coordinación, en las empresas manufactureras enfrentas problemas como la presencia de cuellos de botella y retrocesos de hecho, el

software es utilizado para visualizar operaciones analizando el desempeño (Patil et al., 2019).

En otras palabras, es una herramienta de suma importancia para mejorar los resultados y generar respuestas validas a los problemas.

Tal es el caso que en la Figura 10 se evidencia los pasos básicos involucrados en el software Flexsim.

*Figura 10. Pasos para simulación Flexsim*

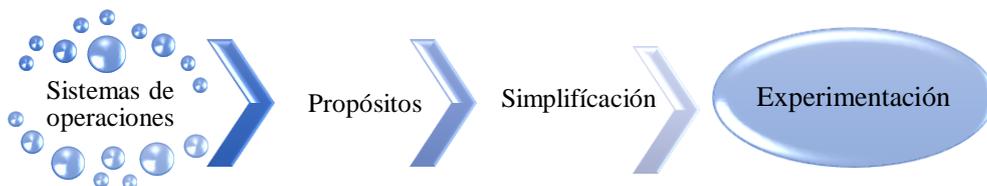


*Nota: Elaborado por autor basado en (Patil et al., 2019).*

El advenimiento de los aspectos del software de simulación Flexsim genera una forma de encontrar solución al problema mediante simulación del comportamiento de un proceso en el mundo real a lo largo del tiempo.

De manera consecuente en la Figura 11 se indica los aspectos generales de software con funciones de simulación discreta, que interpretan la realidad natural como realidad virtual.

*Figura 11. Aspectos generales de software Flexsim*



*Nota: Elaborado por autor basado en (Luscinski & Ivanov, 2020).*

Básicamente la aplicación del software se puede implementar en varias áreas, inclusive aporta a la toma de decisiones rápida y eficiente por parte de las empresas manufactureras.

## 2.5 Población y muestra

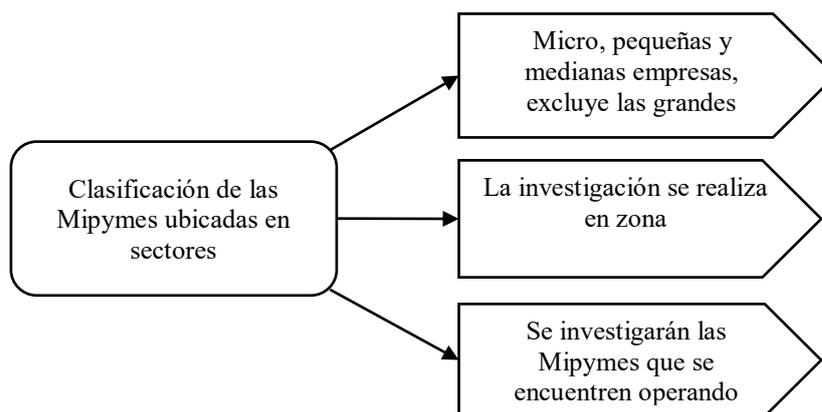
### 2.5.1 Censo poblacional:

Cabe considerar el criterio en el libro Del Cid et al., (2011) acerca de la población se refiere a la colección de todos los elementos y objetos de investigación como puntuaciones, personas, mediciones a estudiar. Caracterizándose por tres aspectos:

- ✓ Contenido
- ✓ Lugar
- ✓ Tiempo

Por lo tanto, en la población se incluyen todos los elementos para ser estudiados, y la determinación del número total de Mipymes para decidir si se realiza censo o no, de ello dependerá la naturalidad de la investigación y sus objetivos, dado que en la Figura 12 se plantean las características de la población.

*Figura 12. Características de población a estudiar*



*Nota: Elaborado por autor basado (Del Cid et al., 2011).*

Cumpliendo con lo anteriormente mencionado se establece la clasificación de las Mipymes donde Chávez et al., (2018) señala que son responsables del crecimiento de la producción las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes) según el número de trabajadores con sus ventas anuales descritas a continuación en la Tabla 6.

*Tabla 6. Categorización de Mipymes*

Clasificación	Trabajadores	Ventas anuales (usd)
Microempresas	1-9	Iguales o menores a \$100.000
Pequeñas empresas	10-49	Entre 100.001 a 1'000.000
Mediana empresas	50-199	Entre \$1'000.000 y 5'000.000

*Nota: Elaborado por autor basado en (Chávez et al., 2018)*

Del cual se deduce que al cumplirse en la empresa CHOOPER'S las especificaciones dentro de la Mipymes la categorización de la entidad corresponde al grupo de las pequeñas empresas.

### **Estratificación poblacional en la empresa Chooper's por departamento y número de operadores.**

En la Tabla 7 se muestra la estratificación poblacional efectuadas por áreas se argumentó ser viable al exponer de manera detallada el número de operarios respecto a la producción dando un total de 19 operarios por lo que se opta por la realización de un censo que se ejecuta a los operarios de la empresa anteriormente mencionada.

*Tabla 7. Estratificación poblacional*

Nº	Estratos por área	Nº de operarios	Porcentaje
1	Medición y corte	3	15,79%
2	Costura	6	31,58%
3	Estampado	2	10,53%
4	Etiquetado y perchado	2	10,53%
5	Planchado	2	10,53%
6	Revisión	2	10,53%
7	Servicio al cliente y empaque	2	10,53%
	Total	<b>19</b>	<b>100,00%</b>

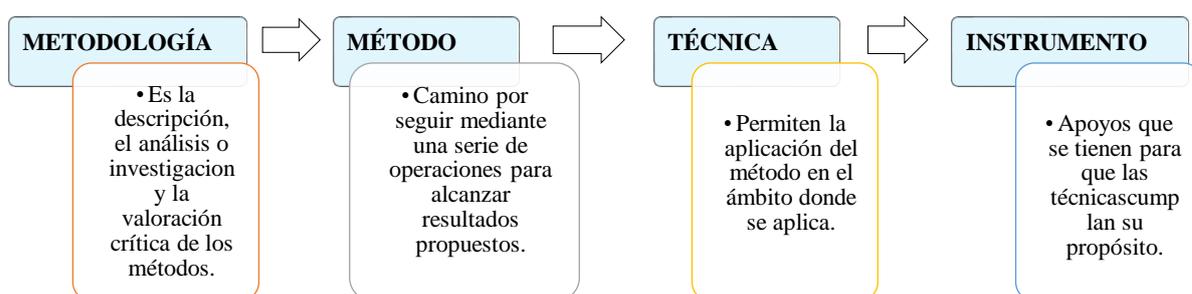
*Nota: Elaborada por autor*

## 2.6 Métodos, técnicas instrumentos de recolección de los datos (adaptada a la unidad de análisis y tipo de estudio)

Para Hernández & Ávila, (2020) la recopilación de datos se considera como un requisito previo para la adquisición de conocimiento científico, cuya finalidad es proporcionar las condiciones adecuadas para una correcta medición de datos compuesta por metodologías eficientes capaces de responder interrogantes de la investigación.

Adaptando esta conceptualización (Baena, 2017) describe una línea metodológica eficaz compuesta con 4 eslabones que determinan resoluciones precisas orientadas a una correcta investigación documental, como lo describe la Figura 13.

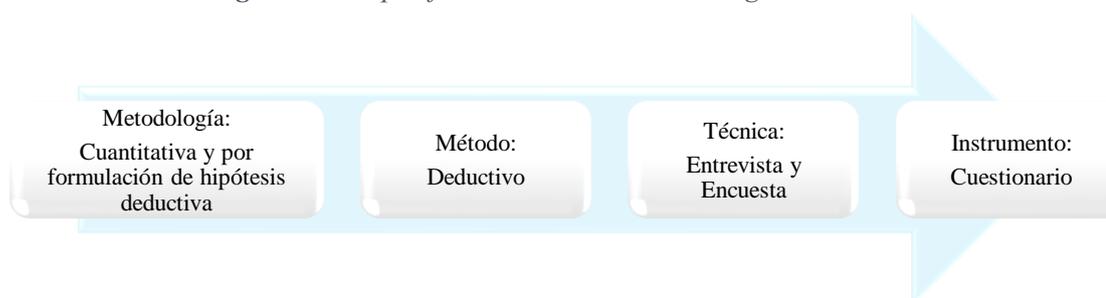
*Figura 13. Línea metodológica*



*Nota: Elaborado por autor basado en (Baena, 2017)*

En la Figura 14 se mencionan cada una de las especificaciones de la línea metodológica que se utilizó dentro de la investigación.

*Figura 14. Especificación de línea metodológica*



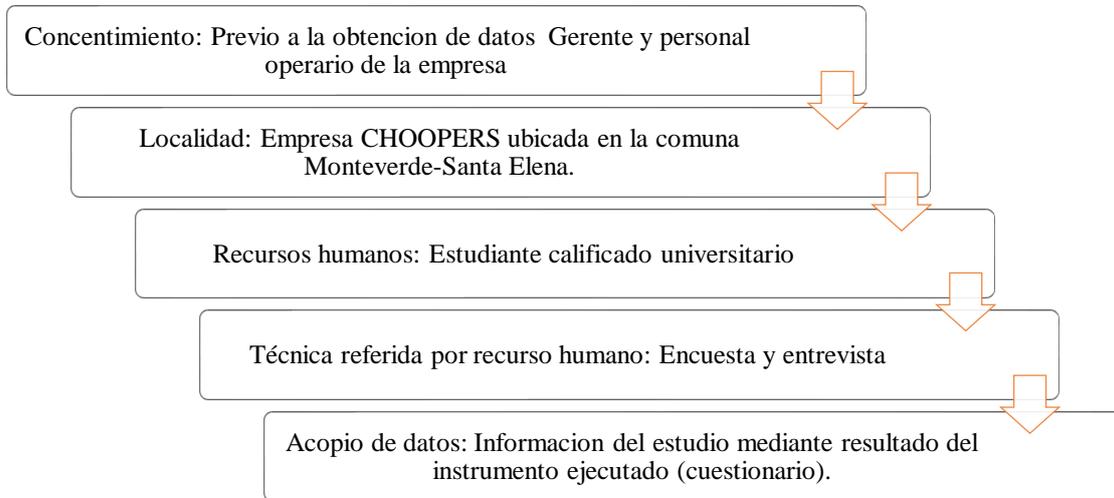
*Nota: Elaborado por autor*

### 2.6.1 Métodos de recolección de datos

Obedeciendo al criterio emitido por Hernández & Ávila, (2020) se estableció un plan para la recolección de datos sustentado en la investigación cuantitativa que exige transparencia en el uso de técnicas e instrumentos como: encuesta, entrevista, análisis de

datos, entre otros. Por medio de la Figura 15 se muestra el planeamiento para la recolección de datos que se llevó a cabo en la investigación.

*Figura 15. Planeamiento para la recolección de datos*

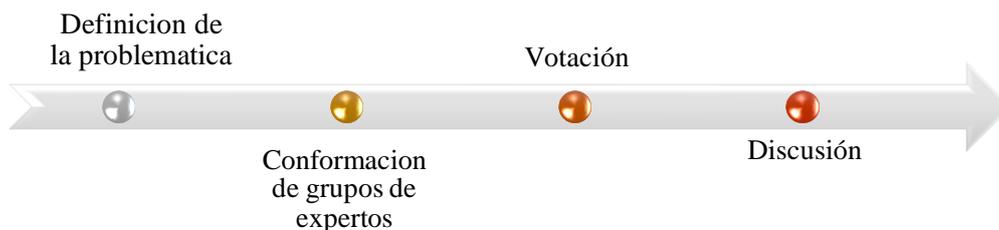


*Nota: Elaborado por autor basado en (Hernández & Ávila, 2020)*

## 2.6.2 Técnicas de recolección de datos

Como técnica empleada en el estudio realizado se desarrolló la encuesta y entrevista dirigida al levantamiento de datos estadísticos la cual fue validada por selección de expertos según criterios de elegibilidad mencionados por Ochoa, (2019), por lo que en el Anexo G se evidencia la tabulación de las preguntas que fueron ejecutadas mediante la metodología Ábaco de Regnier que según Chicaiza, (2022) se emplea en 4 pasos, el cual se determinó por medio de opiniones dinámicas la legitimación del cuestionario siguiendo los pasos descritos en la Figura 16.

*Figura 16. Etapas de metodología (Abaco de Régnier)*



*Nota: Elaborado por autor*

**Técnica de entrevista:** Se extrae información de la entrevistada fue Sra. Soraya Borbor Tigrero dueña de la empresa CHOOPER'S las preguntas fueron cerradas con sus respectivas respuestas abiertas debido a la información de volumen de producción, siendo estas 9 preguntas que se expone en el anexo C.

**Técnica de encuesta:** Fue dirigido a los trabajadores en el área de producción, precisando desde las perspectivas de cada operario, estableciendo 8 preguntas con respuestas cerradas que se constata en anexo D.

### **2.6.3 Instrumentos y recolección de datos**

El uso de instrumentos para la recolección de datos inmersos en la investigación fue crucial y útil determinando la evolución investigativa de las variables evaluando categorías relevantes y la profundización de interpretaciones Hernández & Mendoza, (2018).

Dejando expuesto que en el capítulo III, en la Figura 19 a través de un diagrama de Ishikawa que permite detallar la causa raíz del problema se identificaron las posibles causas y generando una solución de manera efectiva para mejorar el desempeño de la empresa.

Se dictaminó la relación de las variables por la necesidad de influencia en la investigación, trabajando en conjunto al desarrollo del cuestionario previo a la técnica de encuesta donde se posicionaron las 8 preguntas abiertas con respuestas cerradas dirigidas a la variable independiente: (Balance de líneas) y variable dependiente: (Productividad) con la finalidad de orientar el levantamiento estadístico a la comprobación el efecto del balanceo de líneas en la productividad.

### **2.7 Variables del estudio**

Las variables son instrumentos de análisis de las cuales existen: Variable Independiente (VI) se refiere a la causa del fenómeno estudiado que no se puede controlar y Variable Dependiente (VD): factor investigador describe los efectos causales, es decir cuyas modalidades o valores están en relación con los cambios de la variable independiente (Baena, 2017)

Con base a lo antes mencionado se dispuso en el estudio las variables y por ende las preguntas que se llevaron a cabo siendo estas 4 preguntas para la variable dependiente y 4 para la variable independiente estas quedan definidas como:

- ✓ VI: Balance de líneas (BL)
- ✓ VD: Productividad (P)

### **2.7.1 Operacionalización de las variables**

Del Cid et al., (2011) hace referencia a las variables como elementos de estudio, características, atributos o cualidades susceptible que adopta valores siendo el eje centrar y el elemento clave por lo que se llevó a cabo la investigación.

Por medio de la Tabla 8 se detalla la operacionalización de variables que se llevó a cabo en la investigación enfocándose en cada una de las variables e indicadores a utilizar.

*Tabla 8. Operacionalización de variables*

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>MAGNITUD</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>PREGUNTAS</b>	<b>TÉCNICA DE INSTRUMENTOS</b>
<b>Balance de líneas</b>	Balance de líneas, comprenden herramientas para el control de la producción, donde consiste en agrupar actividades en cierto periodo de tiempo con el fin de obtener continuidad optimizando variables que afectan a la productividad (Peña et al., 2016)	Tipos de problemas de equilibrio (producción, tiempos)	*Línea *Producción diaria *tiempos	1.- ¿Usted toma en consideración la duración que tiene cada proceso? 2.- ¿Observa usted que en las líneas de producción existen tiempos improductivos? 3.- ¿Se delimita cierta duración para la producción diaria? 4.- ¿Cree usted que la iluminación y la temperatura es la adecuada?	Entrevista, encuesta, cuestionario
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>MAGNITUD</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>PREGUNTAS</b>	<b>TÉCNICA DE INSTRUMENTOS</b>
<b>Productividad</b>	Productividad es un indicador que define la cantidad de producto que se producen, dentro del mundo empresarial se evidencian métodos eficaces que favorezcan a la continuidad de los procesos, destacando la relación de lo producido y lo que se requiere para Producir(Buitrago et al., 2022)	Mejora continua (eficiencia, eficacia)	*Recursos (Eficiencia) *Resultados (Eficacia) *costo por unidad MP Y MOD	1.- ¿Existen controles de producción dentro de la empresa? 2.- ¿Usted conoce los factores o causas que perjudican la productividad? 3.- ¿La empresa logra entregar sus productos en tiempos determinados? 4.- ¿Existen planes e inspecciones para el mantenimiento y distribución en las máquinas?	Entrevista, encuesta, cuestionario

*Nota: Elaborado por autor*

## 2.8 Procedimientos de la recolección de datos

En todo caso Pucha et al., (2019) resalta lo fundamental que es la recolección de los datos con propósitos de llegar a investigaciones que se realicen de acuerdo con el análisis, verificando el propósito del estudio determinado. Tal es el caso que en la Tabla 9 se emplea el planeamiento de recolección de datos.

*Tabla 9. Planeamiento de recolección de datos*

Nº	PLANEACIÓN	ACCIONES
1	Procedimientos de datos	Demostración de información obtenida
		Rectificaciones de la información obtenida
		Cuantificación de las variables con su respectivo análisis
2	Exposición de datos	Exposición de la ejecución del cuestionario en relación al efecto del balanceo de líneas en la productividad
		Presentación tabulada de la práctica efectuada por las herramientas implementadas para cuantificar los datos obtenidos.
		Demostración de gráficas consecuentes al procedimiento cuantificado de los datos, para mejor comprensión lectora.

*Nota: Elaborado por autor*

Por medio de la tabla anterior se detalla específicamente dos conjuntos: los procedimientos de datos y la exposición de los mismo, dejando expuesto la realización de hechos que eran sustanciales en la investigación ejecutando actividades de entrevista y encuesta que presentan los resultados en el anexo J garantizando el uso de información de manera correcta con el objetivo de equilibrar las líneas de producción obteniendo eficiencia adecuada.

## CAPÍTULO III

### MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Marco de resultados

Se expone en el marco de resultado, los valores obtenidos por parte de las técnicas y herramientas de la investigación, las cuales se desarrollaron por la entrevista realizada a la propietaria de la empresa CHOOPERS de la provincia de Santa Elena comuna Monteverde, y por consiguiente la encuesta ejecutada a los 19 operarios del área de producción de mencionada entidad.

La recopilación y análisis de datos demostraron validez y confiabilidad al ser procesados por la metodología Alfa de Cronbach procedente del programa IBM-SPSS Statistics 25. Permitiendo la intervención a la comprobación acertada de la hipótesis planteada: El balanceo de líneas de producción incide en la productividad de las empresas manufactureras en la provincia de Santa Elena, Ecuador. Evidenciando de este modo el cumplimiento del tercer objetivo específico planteado en la investigación.

De manera consecuente para dar cumplimiento al método kilbridge y wester desarrollado bajo su estructura de 7 pasos:

**Paso 1.-** Realizar un diagrama de precedencia,

**paso 2.-** Tareas sin predecesores se enumeran en la primera columna,

**paso 3.-** Sumatoria de tiempos acumulados,

**paso 4.-** Determinar el tiempo de ciclo

**paso 5.-** Las tareas se asignan a la estación de manera que no excedan el tiempo del ciclo,

**paso 6.-** Volver a calcular la duración acumulada de las tareas no asignadas y se repite el paso 5,

**paso 7.-** Los procesos de asignación continúan hasta que todas las tareas se asignan a las estaciones de trabajo.

Ejecutando los pasos anteriormente expuestos se evidencio la realidad de un 25,7% eficiencia de producción por parte de la empresa, que una vez aplicado el método

heurístico ascendió a un balanceo aproximado 90% exactamente con un 95% de eficiencia en las 2 estaciones determinadas. Como recurso final se utilizó el software Flexsim demostrando en 3D la realidad del proceso de la empresa mediante la simulación del evento propuesto.

### 3.1.1 Secuencia de los Sección ejecutados para los resultados expuestos

Como puede inferirse en la Tabla 10 se detalló las secciones que se tomaron en cuenta para la ejecución de los resultados.

*Tabla 10. Secuencia de sección*

Sección 1: Validación Abaco de Regnier	Diseño de técnica de entrevista y de encuesta
Sección 2:	Recaudación de información empresa CHOOPER'S
Sección 3:	Software IBM SPSS Statistics 25
Sección 4:	Resultados

*Nota: Elaborado por autor*

### Sección 1: Validación

#### Resultado de la técnica de entrevista

Las tres primeras preguntas que correspondían al conocimiento, beneficio y aplicación del balance de líneas carecía de conocimiento y es por ello que se optó por respuesta cerrada de un NO rotundo, por otro lado se expuso que existen factores que retrasan a la producción al aumentarse ordenes de demanda, mientras como mejoras para el área productiva ella especificó una planificación de actividades en determinados periodos de tiempos y de tal modo especificó que se encuentra interesada en reducir los tiempo ocios, y obtener un incremento en la eficiencia dentro de la cadena productiva de la empresa manufacturera CHOOPER'S.

#### Diseño de técnica de encuesta

#### Etapa 1

Se definieron las interrogantes bajo la problemática expuesta en el diagrama de Ishikawa (causa-efecto) orientada a la empresa manufacturera CHOOPER'S desarrollando el desenvolvimiento evaluativo del instrumento realizado como se expone en el anexo 13.

## Etapa 2

Cumpliendo con la condición establecida por el método Abaco de Regnier la selección de expertos se definió en 4 profesionales (2 maestrantes en el área industrial, 1 magister en gerencias de empresa y 1 ingeniero industrial) los cuales cumplieron con años de experiencia entre 20-40 años en su campo laboral, siendo ellos el personal capacitado que valido la técnica de encuesta, mediante proceso de interacción estudiante-expertos.

## Etapa 3

El acopio de datos se evidenció en respuesta por la votación ejecutada de los expertos al interactuar de manera presencial con mencionados especialistas, 1 de ellos maestrante en el área industrial con 20 años de experiencia generó dos rondas de modificación al recomendar correcciones en varias preguntas.

Cabe destacar que en la Tabla 11 la primera ronda de revisiones de la técnica de encuesta en base a las observaciones de los expertos.

*Tabla 11. Revisión de técnica de encuesta*

Expertos	Revisión de técnica de encuesta	
	Efectividad	
	Revisión I	Revisión II
1	✓	
2	✓	
3		✓
4	✓	
TOTAL	3	1

*Nota: Elaborado por autor*

Ahora bien, en la Tabla 12 se detalló los cálculos de frecuencia en porcentaje, brindando acogida el instrumento.

**Tabla 12.** Cálculos de frecuencia por validación de expertos

Análisis de frecuencia por validación de expertos				
Ronda	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa	%
I	3	3	0,75	75%
II	1	4	0,25	25%
TOTAL	4		1	100%

*Nota:* Elaborado por autor

Es conveniente recalcar la importancia que tuvieron los indicadores dentro de la operacionalización de variables (VI y VD), que permitan realizar preguntas claves dentro de la encuesta donde las interrogantes fueron preguntas cerradas (SI y NO) para el estudio investigativo.

- ✓ Línea
- ✓ Producción diaria
- ✓ Tiempos
- ✓ Recursos (Eficiencia)
- ✓ Resultados (Eficacia)
- ✓ Costo por unidad MP y MOD

#### **Etapa 4**

Como último punto se expone que los 4 expertos expresaron satisfacción en el direccionamiento de las preguntas expuesta, debido a que se logró recaudar información que se pudo utilizar durante el estudio.

#### **Sección 2: Recaudación de información empresa Chooper's**

En la sección 2 se realizó la recolección de información de datos, mediante la encuesta validada por los expertos hacia los operarios del área de producción, acerca de la entidad manufacturera CHOOPER'S para que sean cuantificados utilizando el software IBM SPSS Statistics 25.

#### **Sección 3: Software IBM SPSS Statistics 25**

En la sección 3 logró el análisis de los datos recolectados por la encuesta realizada para poder medir la fiabilidad y validez del temario. Como se observa en la Tabla 14 la matriz de evaluación general, de los datos de la encuesta.

Por consiguiente, la Tabla 13 se muestra con la finalidad de presentar el sumatorio total de tabulación de matriz general de ponderación de preguntas que se realizó en la encuesta, conforma a la operacionalización de las variables.

*Tabla 13. Tabulación de matriz general*

PREGUNTAS	SI	NO	TOTAL
P1	17	2	19
P2	9	10	19
P3	11	8	19
P4	12	7	19
P5	13	6	19
P6	18	1	19
P7	12	7	19
P8	16	3	19
<b>TOTAL</b>	<b>108</b>	<b>44</b>	<b>152</b>

*Nota: Elaborado por autor*

De tal forma en la Tabla 14 se constata la sumatoria de la tabulación de matriz general en porcentaje de todos los resultados obtenidos al mismo tiempo generando un progreso eficaz al momento de la toma de decisiones.

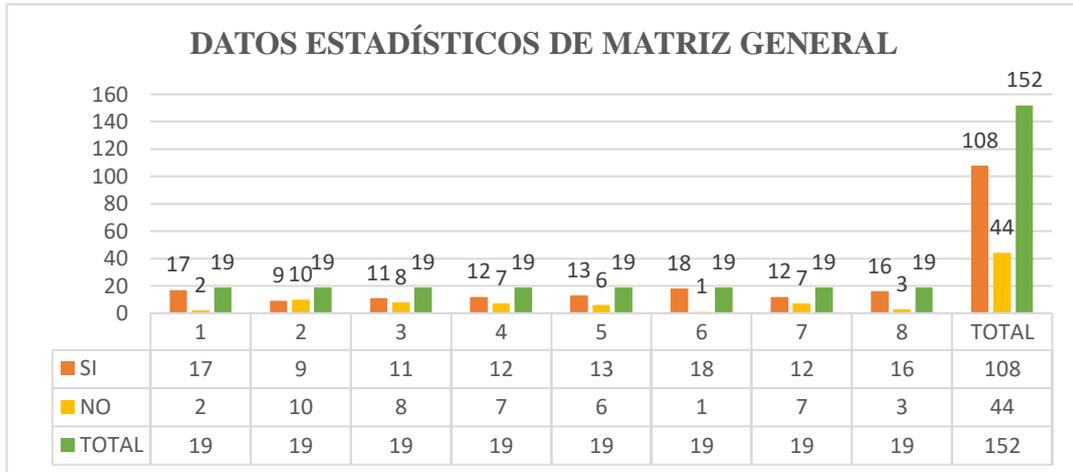
*Tabla 14. Tabulación de matriz general en porcentaje*

PREGUNTAS	SI	NO	TOTAL
1	11%	1%	13%
2	6%	7%	13%
3	7%	5%	13%
4	8%	5%	13%
5	9%	4%	13%
6	12%	1%	13%
7	8%	5%	13%
8	11%	2%	13%
<b>TOTAL</b>	<b>71%</b>	<b>29%</b>	<b>100%</b>

*Nota: Elaborado por autor*

A continuación, en la Figura 17 se revela los datos estadísticos de ponderación recopilados de la encuesta, cada alternativa en consideración a las preguntas realizadas proyectando la valoración ejecutada.

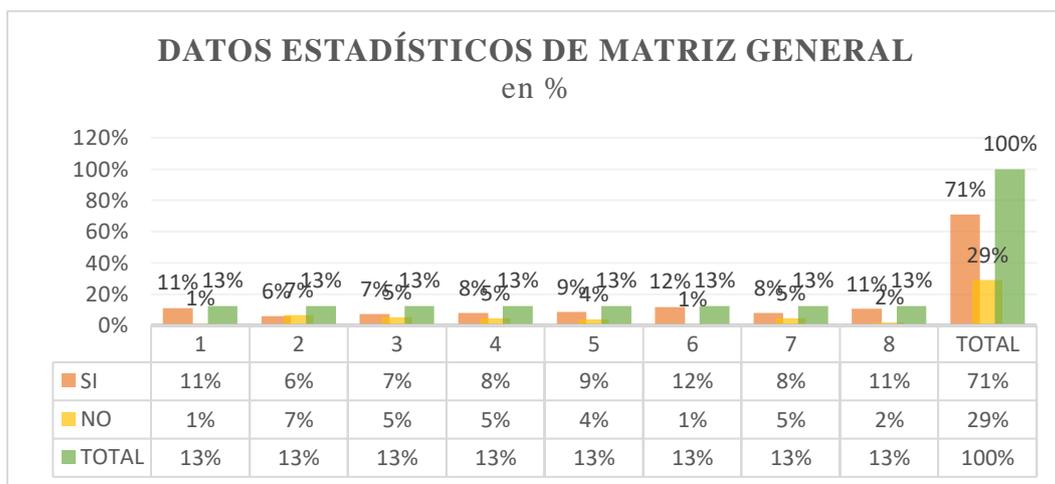
*Figura 17. Datos estadísticos de ponderación de matriz general*



*Nota: Elaborado por autor*

En relación a la Figura 18 se resalta los datos estadísticos totales de ponderación de matriz general en porcentaje acorde a la recolección de datos con respecto a las opciones de respuestas generadas en la encuesta.

*Figura 18. Datos estadísticos de ponderación de matriz general en porcentaje*



*Nota: Elaborado por autor*

Con respecto a los resultados que se recaudaron en la técnica de encuesta, estos son agrupados en base a la operacionalización de variables como también a los objetivos e hipótesis que fueron planteadas en la investigación.

Por medio de la Tabla 15 se establecen cada una de las preguntas que fueron ejecutadas a los operarios del área de producción con sus respectivos análisis dentro de la matriz de resultados, dejando expuesto que en el anexo J se muestran las diversas preguntas con sus gráficos.

*Tabla 15. Matriz de resultados de encuesta*

Ítems de preguntas	Respuestas
<b>P-1</b>	Especifica el resultado de los encuestados con un total de 19 encuestados de los cuales el 11% aludieron que si se toma en consideración la duración que tiene cada proceso y el 1% recalcaron que no se toma en consideración la duración de ciertos procesos
<b>P-2</b>	Se demuestra de manera porcentual que únicamente el 6% de los encuestados exponen que, si observan tiempos improductivos en las líneas de producción, en cambio el 7% describe que no observan tiempos improductivos en las líneas de producción dentro de los procesos de la empresa CHOOPER'S.
<b>P-3</b>	Se refleja la tabulación de manera porcentual con respecto a la pregunta de la limitación de duración para la producción diaria, dejando claro que el 7% de los trabajadores establecen que sí y el 5% que no
<b>P-4</b>	Porcentaje a la respuesta SI con un 8% a favor que destaca que si constan con iluminación y temperatura adecuada y un bajo porcentaje del 5% en la barra amarilla mencionan que no tienen adecuada iluminación y temperatura.
<b>P-5</b>	Se obtuvo de la pregunta 5 indicando mayor porcentaje en la respuesta cerrada SI con un 9% y bajo porcentaje en la respuesta NO con 4%. respecto a si existen controles dentro de la empresa.
<b>P-6</b>	La pregunta 6 donde se evaluó los factores que inciden en la productividad generando mayor representación en la barra con un 12% y solamente con un 1% expresaron que carecen de conocimiento de cuáles serían
<b>P-7</b>	Se patentiza la tabulación en porcentaje de las respuestas mostrando un 8% con mayor votación en SI y un menor porcentaje en la respuesta NO con un 5% en base a si se logra entregar en tiempo determinado las prendas.
<b>P-8</b>	Cabe recalcar la tabulación de la respuesta final 8 acorde a los planes y mantenimiento de maquinarias se obtuvo como mayor un 11% de los encuestados adjuntaron que sin se realizan y por el contrario con un bajo porcentaje de 2% mencionaron que no se efectúan dichos planes y mantenimiento de maquinarias.

*Nota: Elaborado por autor*

## **Sección 4: Resultados**

Como instancia final, los resultados arrojados mediante la tabulación de las preguntas de encuesta realizada a los operarios del área productiva de la empresa CHOOPER'S, se observa que es una empresa manufacturera que no opta por la aplicación de balance de líneas en sus procesos productivos, debido a la falta de conocimiento y la importancia de aplicarla en métodos heurísticos para conseguir la disminución de tiempos ocios y el equilibrio en las estaciones.

Por lo tanto, mediante el cuestionario se logró determinar que existe la necesidad de aplicar una propuesta que brinde satisfacción en la propietaria de la empresa y que mejore el progreso en la producción respecto a la optimización de tiempo para poder continuar con una toma decisiones que favorezcan a la productividad de dicha entidad, consiguiendo la distribución adecuada de las estaciones de trabajo.

### **3.1.2 Confiabilidad y validez de los instrumentos de investigación utilizados**

La técnica de encuesta (cuestionario), se realizó con el fin de poder generar información sustancial que contribuya a la identificación de la problemática que se genere en el área de producción, es decir las estaciones de trabajo de la empresa CHOOPER'S Santa Elena- Monteverde.

Por lo que las 8 preguntas planteadas que fueron validadas por expertos mediante Abaco de Regnier, demostraron en medida, la fiabilidad donde se aplicó el software IBM SPSS Statistics 25, información recolectada por los 19 operarios del área de producción la misma que fue argumentada por el coeficiente de Alfa de Cronbach.

Tal es el caso, Hernández & Pascual, (2018) recalcan que Alfa de Cronbach indaga los datos según el grado de coeficiente (k) que posee, argumentando un rango de fiabilidad entre 0 y 1 dejando claro, que la validación que se ejecute arroje resultados veraces si se aproxima a 1 es satisfactorio caso contrario deficiente.

Hernández & Mendoza, (2018) hacen relación a los criterios de coeficiente (k) estableciendo que valor es eficiente, estable y deficiente.

**Coefficiente  $0,8 < k < 0,9$  es eficiente**

**Coefficiente  $0,5 < k < 0,8$  es estable**

**Coefficiente  $k < 0,5$  es deficiente**

Por medio del software IBM SPSS Statistics 25 con su respectivo análisis el Alfa de Cronbach se presentaron los resultados obtenidos, dando fiabilidad al instrumento que se realizó mediante encuesta con respecto al balanceo de líneas de producción y su efecto en la productividad de la empresa manufacturera Chooper's. En la Tabla 16 se detallan los resultados obtenidos de los datos adquiridos con un 100% verificadas.

*Tabla 16. Resumen de procesamiento de casos*

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	19	100
	Excluido	0	0,00
	Total	19	100

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento

*Nota: Elaborado por autor*

Se explican también en la Tabla 17, los datos de fiabilidad, aclarando que se obtuvo un coeficiente óptimo con un valor de 0,924 demostrando que se indagaron 8 elementos con las incógnitas de SI y No tanto que la recolección de datos fue eficiente.

*Tabla 17. Estadística de fiabilidad por Alfa de Cronbach*

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
0,924	8

*Nota: Elaborado por autor*

Finalmente, el análisis presentado de estadísticas de fiabilidad destaca la veracidad de la técnica de encuesta, recalando en la empresa manufacturera donde se realizó la encuesta requiere de la aplicación un de balanceo de líneas de producción.

### **3.1.3 Verificación de la hipótesis o fundamentación de las preguntas de investigación**

Govender & Dewa, (2022); León et al., (2019) hacen énfasis al balance de líneas de producción en las empresas manufactureras por la complejidad de establecer métodos que sean eficientes para el equilibrio de los tiempos, no obstante, en la realización de análisis se evidencia que debido a los tiempos improductivos dentro de los procesos que se indican en la pregunta 2 del instrumento, se establece una hipótesis en base a análisis de varianza.

En la realización del proceso se pudo avalar el planteamiento de la hipótesis en relación a las dos variables del estudio investigativo (VD y VI) con el fin de expresar la incompatibilidad de las mismas.

Mediante la técnica estadística ANOVA, fundamental para determinar la correlación de las variables, se logró interpretar los resultados, procedimiento ejecutado y la relación que se obtuvo de los parámetros, dando entendimiento a lo que se estima lograr (Yuce et al., 2022).

#### **3.1.3.1 Planteamiento de la hipótesis**

##### **Hipótesis nula (H<sub>0</sub>)**

El balanceo de líneas de producción no incide en la productividad de la empresa CHOOPER'S de la provincia de Santa Elena, Ecuador.

##### **Hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>)**

El balanceo de líneas de producción incide en la productividad de la empresa CHOOPER'S de la provincia de Santa Elena, Ecuador.

#### **3.1.3.2 Comprobación de hipótesis mediante análisis de varianza ANOVA**

Se afirmó la comprobación de la hipótesis utilizando el análisis de varianza ANOVA acorde a la cuantificación de los datos obtenidos mediante la técnica de investigación, y se muestra en el anexo M.

#### **Establecimiento del rango de decisión**

- ✓ Se estima la Hipótesis nula ( $H_0$ ) cuando el valor de Fisher calculado ( $F_c$ ) es igual o menor a Fisher tabulado ( $F_t$ ).

$$H_0 = F_c \leq F_t$$

- ✓ Se estima la Hipótesis alternativa ( $H_a$ ) cuando el valor de Fisher calculado ( $F_c$ ) es igual o mayor a Fisher tabulado ( $F_t$ ).

$$H_a = F_c \geq F_t$$

(Aguilar et al., 2022)

Resaltando la condición de decisión bajo los escenarios de ANOVA se presentan las siguientes nomenclaturas por las cuales se realiza el cálculo, dichas formulas mencionadas en la Tabla 18.

*Tabla 18. Fórmulas de ANOVA*

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Estadística F
<b>Grupos (entre grupos)</b>	k-1	SSG $= \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$MSG = \frac{SSG}{k-1}$	$F = \frac{MSG}{MSE}$
<b>Error (dentro de grupos)</b>	k-1	$SSE = \sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2$	$MSE = \frac{SSE}{n-k}$	
<b>TOTAL</b>	k-1	SS (total) = SSG+SSE	$\sigma = \frac{SS(\text{total})}{n-1}$	

*Nota: Elaborado por autor*

**Donde:**

- k: Números de grupos
- $n_i$ : Lado de muestra del grupo i
- n: Lado de la muestra general, incluye ( $\sum n_i, i=1$  a k)
- $\bar{x}_i$ : Promedio del grupo i.
- $\bar{x}$ : Promedio general ( $\sum x_{i,j} / n, i=1$  a k,  $j=1$  a  $n_i$ )
- $s_i$ : Desviación estándar del grupo i

## Cálculos de los resultados obtenidos

### 1) Promedio de alternativas de respuestas

$$\text{promedio SI} = \frac{17 + 9 + 11 + 12 + 13 + 18 + 12 + 16}{8} = 13,5 \quad (\text{Ec.1})$$

$$\text{promedio NO} = \frac{2 + 10 + 8 + 7 + 6 + 1 + 7 + 3}{8} = 5,5$$

$$\text{promedio general} = \frac{13,5 + 5,5}{2} = 9,5 \quad (\text{Ec.2})$$

### 2) Suma de cuadrados (resta de medias y el cuadrado de resta)

$$\text{promedio SI} = (13,5 - 9,5)^2 = 16 \quad (\text{Ec.3})$$

$$\text{promedio NO} = (5,5 - 9,5)^2 = 16$$

### 3) Suma de cuadrados por grupos

$$SS SI = 16 * 8 = 128 \quad (\text{Ec.4})$$

$$SS SI = 16 * 8 = 128$$

$$SS General = 128 + 128 = 256 \quad (\text{Ec.5})$$

$$SS GENERAL = SSG = 256$$

### 4) Cálculo de Varianza:

$$\sigma SI = 8,75 * 8 = 70 \quad (\text{Ec.6})$$

$$\sigma NO = 8,75 * 8 = 70$$

$$\Sigma\sigma NO = 70 + 70 = 140 \quad (\text{Ec.7})$$

$$\Sigma\sigma = SSE = 140$$

**5) Cálculo de cuadrado medio:**

$$MSG = \frac{SSG}{k - 1} \quad (\text{Ec.8})$$

$$MSG = \frac{256}{2 - 1} = 256$$

$$MSE = \frac{SSE}{n - k} \quad (\text{Ec.9})$$

$$MSE = \frac{140}{16 - 2} = 10$$

$$\sigma = \frac{SS(\text{total})}{n - 1} \quad (\text{Ec.10})$$

$$\sigma = \frac{396}{16 - 1} = 26,4$$

**6) Estadística de F calculado**

$$F = \frac{MSG}{MSE} \quad (\text{Ec.11})$$

$$F = \frac{256}{10} = 25,6$$

A continuación, se evidencia por medio de la Tabla 19 el valor de Fisher calculado mediante el análisis ANOVA.

*Tabla 19. Fisher calculado mediante análisis ANOVA*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Estadística	fa
Grupo	256	1	25,6	25,6	4,600
Error	140	14	10		
total	396	15			

*Nota: Elaborado por autor*

Por consiguiente, con la comprobación de Fisher calculado se detalla en base a los grados de libertad la siguiente condición:

- Si  $(F_c) = 25,6 < F$  de la tabla de distribución  $F_{t, = 4,600}$ ; se considera la  $H_0$  descarta la  $H_a$ .
- Si  $(F_c) = 25,6 > F$  de la tabla de distribución  $F_{t, = 4,600}$ ; se descarta la  $H_0$  se considera la  $H_a$ .

Resumiendo lo planteado, mediante los valores obtenidos el valor de  $F_c$  es mayor a  $F$  de la tabla de distribución que se expone en el anexo N, entonces se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), y por consiguiente se acepta la Hipótesis alternativa ( $H_a$ ), la que expresa que El Balanceo de líneas de producción incide en la productividad de la empresa CHOOPER'S de la provincia de Santa Elena, Ecuador.

## **3.2 Propuesta de mejora**

### **3.2.1 Tema**

“APLICACIÓN DE MÉTODO HEURÍSTICO PARA EL BALANCE DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA MANUFACTURERA CHOOPER'S SANTA ELENA-ECUADOR”

### **3.2.2 Introducción**

A nivel mundial las empresas aspiran ser competitivas dentro del mercado, al poder entregar productos de calidad que cumplan con las estimaciones requeridas, en el tiempo requerido demostrando la capacidad que poseen de aplicar metodologías que aporten a la sostenibilidad productiva

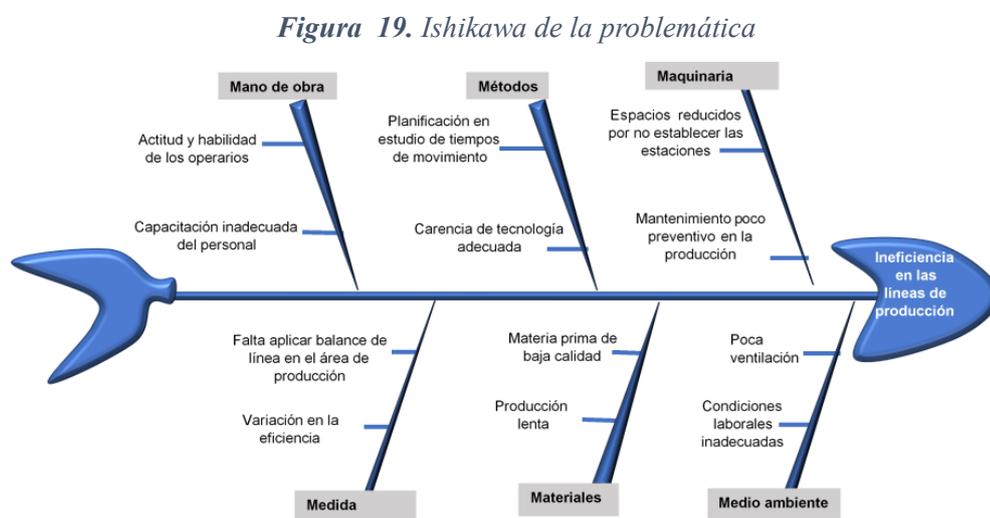
Albus & Huber, (2023) hacen referencia a la importancia que tiene el equilibrio de las líneas dentro de los procesos productivos basándose en métodos heurísticos o programación para poder incrementar la optimización de las empresas teniendo un enfoque claro de lo que se percibe y lo que se desea lograr, realizando ajustes para así lograr una reducción de costos.

Ballestas et al., (2019) recalcan que el balanceo de líneas consiste en la secuencia que tienen las actividades que se realizan dentro de las empresas las cuales deberían ser continuas para así poder tener un aprovechamiento en los tiempos y en los recursos.

A nivel internacional las empresas deben tener en cuenta aspectos de balance de líneas para así poner en práctica las estrategias de acuerdo a la particularidad de la empresa y donde se encuentre ubicada.

En la provincia de Santa Elena las empresas manufactureras carecen de información acerca de metodologías que brinden rendimientos óptimos dentro de la producción, una de ellas es la entidad CHOOPERS ubicada en la comuna Monteverde, por lo que mediante esta investigación se optara por presentar las mejoras que se obtienen aplicando métodos heurísticos.

G. Basilio & Campos, (2021). En la Figura 19 se expone mediante un diagrama de Ishikawa el agrupamiento de diversas causas del problema herramienta que permite centrarse en el mismo. (G. Basilio & Campos, 2021).



Por consiguiente, el diagrama de Pareto aporta en la localización del problema principal dando oportunidad de analizar de mejor manera la causa consiguiendo una mejora continua. Por lo tanto, en la Tabla 20 se determina la situación de la problemática.

*Tabla 20. Determinación de la situación*

<b>N °</b>	<b>CAUSA</b>	<b>FRECUENCIA</b>
<b>1</b>	Capacitación inadecuada del personal	2
<b>2</b>	Planificación en estudios de tiempos	7
<b>3</b>	Espacios reducidos por no establecer estaciones	4
<b>4</b>	Falta aplicar balance de línea en el área de producción	9
<b>5</b>	Producción lenta	2
<b>6</b>	Poca ventilación	1

*Nota: Elaborado por autor*

De tal manera que en la Tabla 21 se genera de forma ordenada siendo de mayor a menor en torno a la situación del problema.

*Tabla 21. Determinación por categoría*

<b>N</b>	<b>CAUSA</b>	<b>FRECUENCIA</b>
<b>1</b>	Falta aplicar balance de línea en el área de producción	9
<b>2</b>	Planificación en estudios de tiempos	7
<b>3</b>	Espacios reducidos por no establecer estaciones	4
<b>4</b>	Capacitación inadecuada del personal	2
<b>5</b>	Producción lenta	2
<b>6</b>	Poca ventilación	1

*Nota: Elaborado por autor*

En la Tabla 22 se procede a realizar la recolección de datos de cuáles son las diversas causas que inciden a la productividad de la empresa Chooper's como la frecuencia para poder calcular la frecuencia acumulada, el porcentaje y finalmente el porcentaje acumulado llegando a obtener los datos estadísticos.

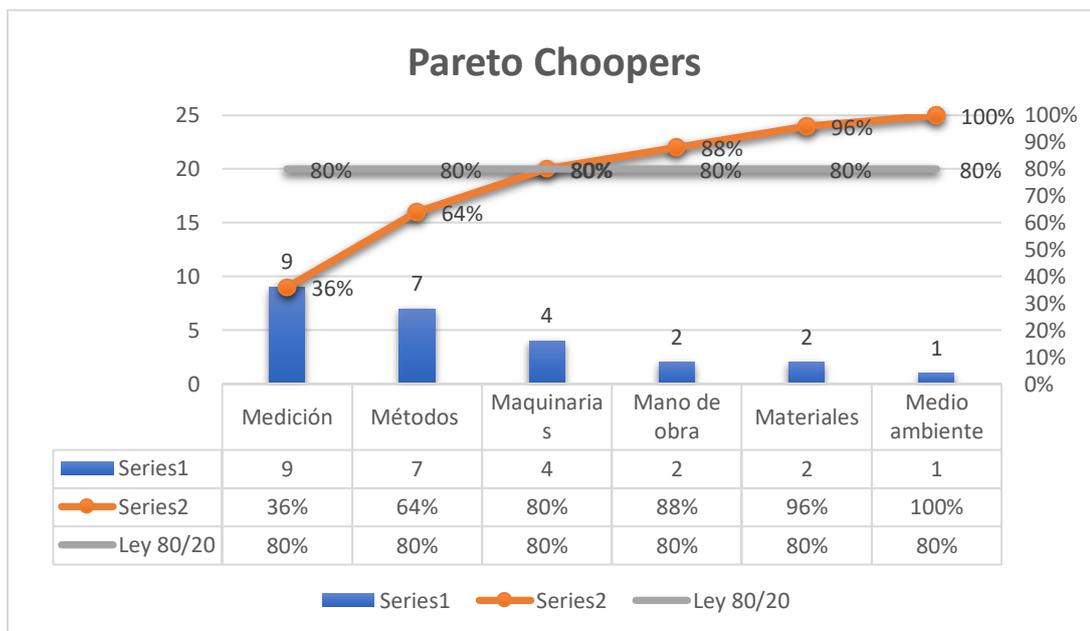
**Tabla 22. Recolección de datos**

N	Causa	Frecuencia	frecuencia acumulada	Porcentaje	% Porcentaje acumulada	Ley 80/20
1	Falta aplicar balance de línea en el área de producción	9	9	36%	36%	80%
2	Planificación en estudios de tiempos	7	16	28%	64%	80%
3	Espacios reducidos por no establecer estaciones	4	20	16%	80%	80%
4	Capacitación inadecuada del personal	2	22	8%	88%	80%
5	Producción lenta	2	24	8%	96%	80%
6	Poca ventilación	1	25	4%	100%	80%
		25				

*Nota: Elaborado por autor*

Mediante la distribución de frecuencia, se observó donde es necesario dar soluciones a los inconvenientes, de tal forma que se proceda a culminar con la problemática de la empresa. Por lo que en la Figura 20 se muestra el gráfico de la curva acumulada especificando por donde se debe dar solución.

**Figura 20. Gráfico de la curva acumulada**

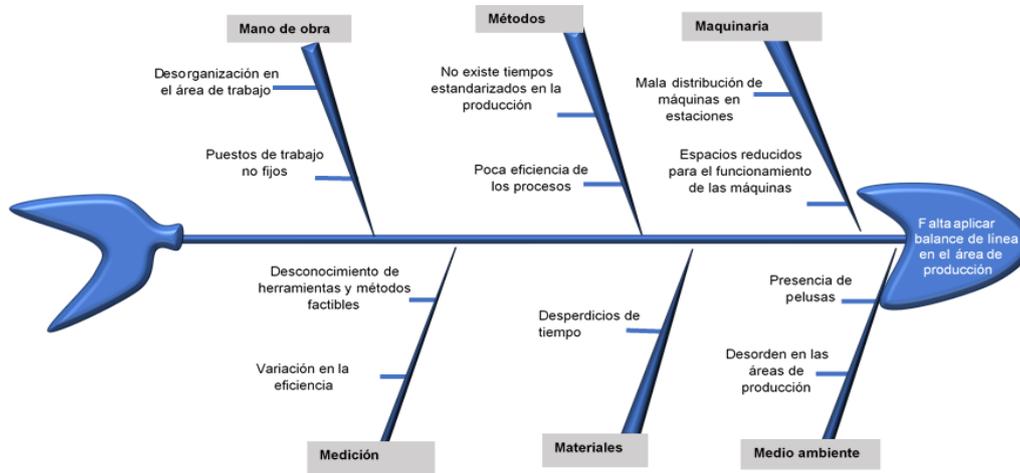


*Nota: Elaborada por autor*

En la Figura 21 se detalla el diagrama causa y efecto dando a conocer que el problema se radica en la falta de balance de líneas de producción por lo que se opta por buscar

soluciones optimas mediante métodos que aporten al equilibrio de las misma generando un incremento en la eficiencia de dicha empresa.

*Figura 21. Diagrama de Ishikawa en base a estadísticas*



*Nota: Elaborado por autor*

### 3.2.3 Metodología

Los métodos heurísticos son herramientas que permiten encontrar soluciones óptimas para problemas de líneas de producción dando apertura a la optimización de los procesos, ayudando a la toma de decisiones para poder fomentar en la industria una mejora continua, por lo que el enfoque que da el método heurístico Kilbridge y wester es que desarrolla el perfeccionamiento continuo generando la detección de cuellos de botellas accionando cambios que lleven a las empresas a una mayor eficiencia y competitividad.

### 3.2.4 Desarrollo del método para balance de líneas mediante heurística kilbridge y wester

En las industrias los procesos se generan con el ingreso de la materia prima, que es procesada mediante líneas de producción (fabricación y montaje) las cuales constan de tareas estipuladas en estaciones de trabajo, para finalmente obtener un producto terminado, por lo que están aptas para ser balanceadas debido a que deben cumplir con los requerimientos.

Çelik & Arslankaya, (2023) hace referencia que el método heurístico Kilbridge y wester fue empleado en el año 1961 siendo muy eficiente al aplicarlos para la resolución de problemas existentes en las industrias manufactureras, debido a que el fin que tiene

este método es asignar tareas de trabajo a estaciones de manera secuencial logrando la reducción de tiempos ocios.

#### **A) Situación Actual empresa CHOOPER'S**

La empresa que se ha tomado para poder llevar a cabo la investigación y trabajo es “CHOOPER’S” ubicada en la Provincia de Santa Elena, Comuna Monteverde, Barrio Monserrate nace en el año 2017, es una empresa familiar en donde sus fundadores Jonathan Leonardo Reyes Rodríguez y Jamilex Soraya Borbor Tigreiro tienen la experiencia necesaria en la elaboración y distribución de prendas de vestir, la cual consta con un inadecuado balance de líneas de producción, afectando la productividad de la empresa y por ende repercute en el tiempo de entrega de productos a proveedores y clientes. La importancia del trabajo se logrará ver en los balanceos que se van a obtener en las líneas, conociendo todos los aspectos y movimientos de la empresa.

Es necesario considerar que la investigación a realizar tenga como finalidad disminuir los tiempos perdidos por medio de planteamientos de mejoras, que logren igualar los tiempos y actividades para cada línea que se encuentre dentro de la planta. Cada balanceo que se genera en los módulos o estaciones va a determinar la satisfacción óptima de minimizar el tiempo ocio, teniendo en cuenta qué metodología se va a implementar para igualar tiempos y cumplir con la demanda estimada. “CHOOPER’S” es una empresa dedicada a la confección de camisetas(básicas) de vestir juveniles, para hombres y mujeres, con estándares de calidad destinados a la comercialización.

#### **B) Horario laboral**

En la empresa manufacturera CHOOPER'S se labora un turno por lo que consta de 8 horas laborales diarias de las cuales 1 de ellas es hora de almuerzo siendo estas 7 horas diarias de trabajo.

Entrada	08:00
Salida	16:00
Refrigerio	01:00
Horas por día	07:00
Por semana	35:00:00

### C) Características de las líneas de montaje en el estudio

- **Producto:** El diseño del producto a fabricar varía dependiendo del espantado que se designe, por lo que en ocasiones son estilos llanos y otros con diseños personalizados que no ocasionan complejidad al momento de fabricar.
- **Magnitud de producción:** La producción que se realiza se enfoca obtener la materia prima como son: las telas 100% algodón, los hilos, el diseño en crear docenas de mismo modelo para mujer y por consiguiente una docena de modelo para caballero.
- **Trabajadores u obreros:** Se establece los trabajadores de las líneas empleadas en la empresa Chooper's, sean estas manuales, físicas, o de manipular maquinarias.

**Costureras:** Son aquellas personas que realizan el trabajo principal de la confección y estas son responsables de manipular las máquinas especiales para la costura como overlock de hilos.

**Operarios:** Son aquellos que desempeñan su trabajo mediante maquinarias por medio de un ciclo determinado para su trabajo y no tiene nada que ver con las máquinas de costura.

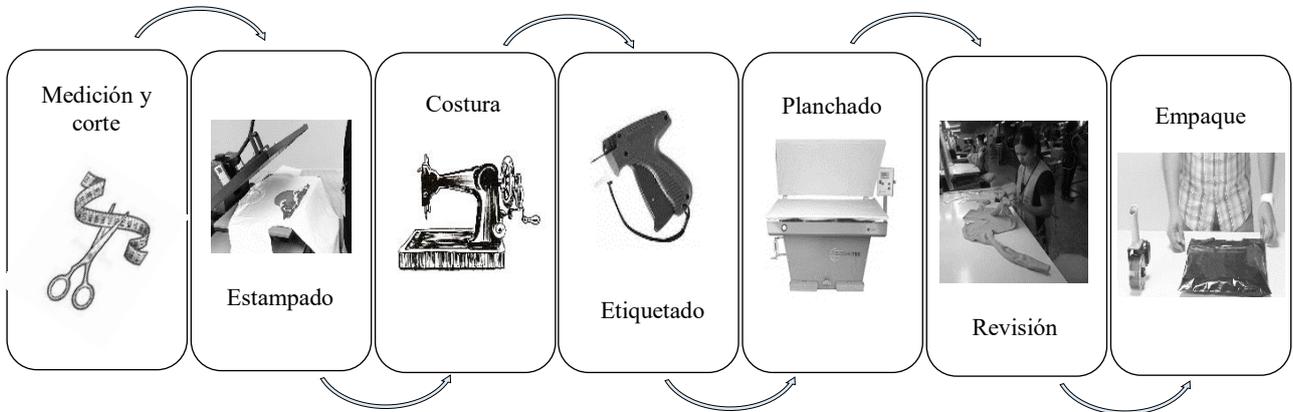
**Manuales:** Los cuales que no utilizan específicamente máquinas industriales, pero si utilizan herramientas fundamentales para etiquetar, deshebradores entre otros.

- **Trabajo:** El trabajo que realizan son las tareas para poder obtener un producto terminado, es la fuente de los servicios para poder satisfacer las necesidades de los clientes.
- **Cualidad del trabajo:** Una de las cualidades fundamentales es la calidad del producto que se obtiene como materia prima, hasta el producto terminado, por lo que es indispensable las revisiones desde el principio hasta el final de la producción teniendo en cuenta la implementación adecuada de las máquinas y estaciones.
- **Maquinaria:** Detalladas como maquinaria adecuada para el proceso de confección y tiene el propósito de operar por largo periodo por lo que se establecen equilibrio para que sea rentable la producción.

#### **D) Forma gráfica del proceso de la línea de producción de la empresa**

Por medio de la Figura 22 se muestra la forma gráfica del proceso de producción que lleva la empresa respecto a la creación de básicas para hombres y mujeres.

*Figura 22. Forma gráfica del proceso*



*Nota: Elaborado por autor*

Actividad 1.- Plasmar el molde, corte de lo trazado con el molde sobre la tela.

Actividad 2.- Estampado de las dos caras de la camisa con diseño

Actividad 3.- Costura total de la camisa

Actividad 4.- Etiquetado de la prenda con el logo de la empresa fabricante

Actividad 5.- Planchado de la prenda mediante maquinaria industrial eliminando arrugas

Actividad 6.- Revisión de la prenda verificando las especificaciones requeridas

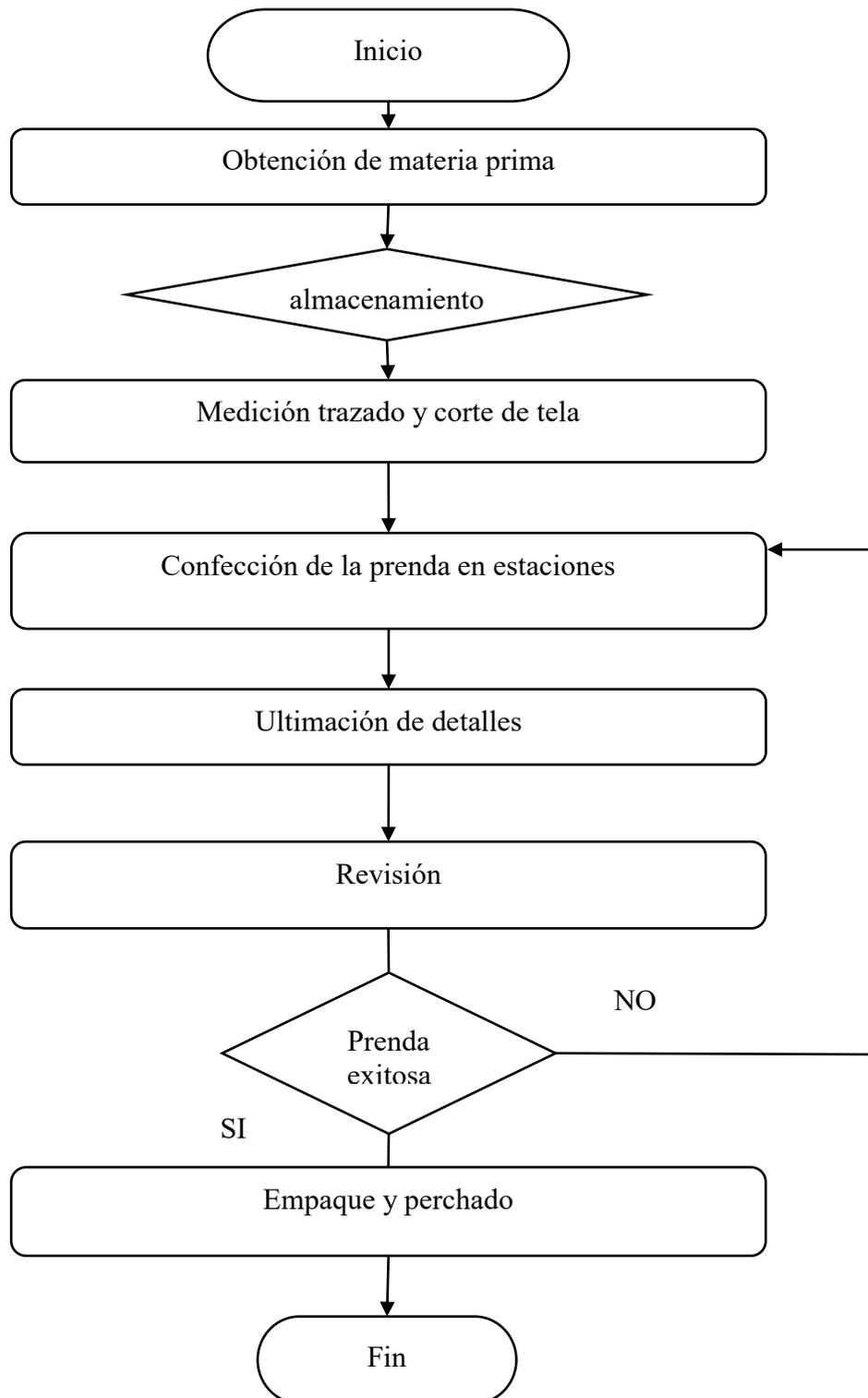
Actividad 7.- Empaque y perchado de la misma

#### **E) Representación de los procesos dentro de la empresa**

Las maniobras u operaciones que se realizan dentro de la empresa son las básicas tanto de hombre como mujeres y dichas prendas se elaboran de forma manual y también mediante las diferentes máquinas industriales lo cual el personal operativo está capacitado para poder manipular ciertas maquinarias.

Mediante la Figura 23 se proyecta un diagrama de flujo del proceso de la empresa para obtener un producto terminado.

Figura 23. Diagrama de flujo del proceso



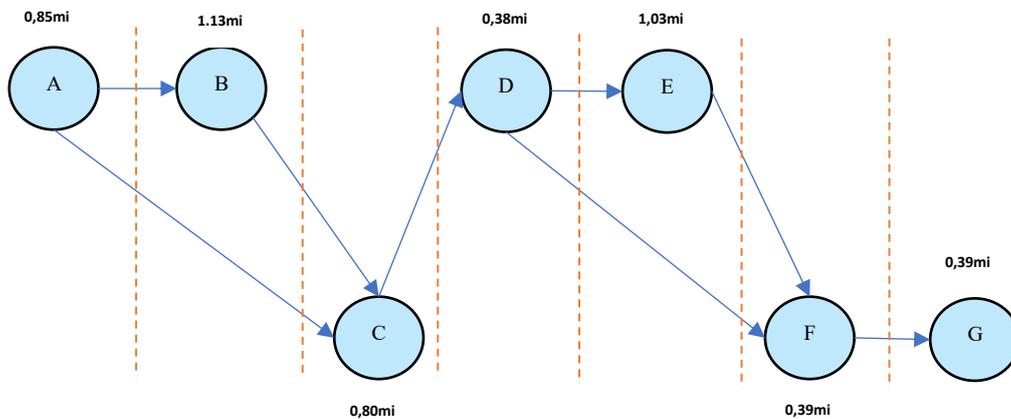
Nota: Elaborado por autor

## F) Realización de método heurístico

En la metodología de heurística kilbridge y wester se asignan tarea a las estaciones de trabajo por la cual detallaremos los pasos:

**Paso 1:** Realizar un diagrama de precedencia, es donde se realiza una gráfica y se mencionan las secuencias para los procedimientos. Como se muestra en la Figura 24.

*Figura 24. Diagrama de precedencia actual*



*Nota: Elaborado por autor*

**Paso 2:** Tareas sin predecesores se enumeran en la primera columna. Cuando se pasa la segunda columna, se enumeran las tareas seguidas de las tareas de la primera columna. Este proceso continúa hasta que se crean todas las columnas. Se muestran en la Tabla 21

En la Tabla 23 se detalla las actividades y la precedencia conforme a cada elemento estipulado.

*Tabla 23. Actividades y precedencia*

	<i>Actividad</i>	<i>Elemento</i>	<i>Precedencia</i>
1	Medición y corte	A	-
2	Costura	B	A
3	Empastado	C	B
4	Etiquetado	D	C
5	Planchado	E	D
6	Revisión	F	E
7	Empaque	G	F

*Nota: Elaborado por autor*

**Paso 3:** Sumar las duraciones de las tareas en cada columna obteniendo duración acumulada.

En cuanto a la Tabla 24 se exponen las actividades y los respectivos tiempos en los que se realizaron cada una de las prendas, tomando en cuenta los tiempos adicionales debido a la actividad del operario, que realiza dentro de los procesos de la empresa.

*Tabla 24. Actividades y tiempos asignados*

	Actividad	Elemento	Tiempo(min)	T adicional de operarios y por imprevistos	Tiempo total
1	Medición y corte	A	0,83	0,02	0,85
2	Costura	B	1,11	0,02	1,13
3	Estampado	C	0,78	0,01	0,80
4	Etiquetado	D	0,37	0,01	0,38
5	Planchado	E	1,02	0,01	1,03
6	Revisión	F	0,38	0,01	0,39
7	Empaque	G	0,66	0,02	0,68
			5,15	0,10	5,25

*Nota: Elaborado por autor*

En la Tabla 25, se proyecta la distribución de actividades con los tiempos sin exceder el tiempo de ciclo estimado logrando la eficiencia de cada una de las estaciones dando como resultado una eficiencia final de 25,7% actual en la empresa es decir una eficiencia antes de ser balanceada.

*Tabla 25. Distribución en base al tiempo de ciclo y eficiencia*

	Actividad	Elemento	Total, de tiempos	Tiempo de ciclo	Eficiencia
1	Medición y corte	A	0,85	2,92	35,4%
2	Costura	B	1,13	2,92	47,1%
3	Estampado	C	0,80	2,92	33,2%
4	Etiquetado	D	0,38	2,92	15,8%
5	Planchado	E	1,03	2,92	42,9%
6	Revisión	F	0,39	2,92	16,3%
7	Empaque	G	0,68	2,92	28,1%
					25,7%

*Nota: Elaborado por autor*

$$E(\text{eficiencia}) = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}(T)}{\text{numero de estaciones de trabajo}(N) * \text{ tiempo de ciclo}}$$

$$E \frac{5,25}{(7)(2,92)} = \frac{5,25}{20,44} = 0,257 = 25,7\%$$

Cálculo de retraso:  $100\% - 25,7\% = 74,3\%$

$$\text{Tiempo ocio} = (7)(2,92) - 5,25 = 15,19m$$

**Paso 4:** Determinar el tiempo de ciclo y estaciones de trabajo

Se determino el tiempo de ciclo en cada una de las estaciones, es decir el tiempo en el que permanecen la prenda en cada estación, no obstante, el número de estaciones de trabajo también es fundamental para poder equilibrar.

**Cálculo de tiempo de ciclo**

**Cálculo de número de estaciones de trabajo**

$$TC = \frac{\text{Tiempo disponible para la produccion diaria}}{\text{requerimiento diario}}$$

$$ET = \frac{\text{Sumatoria de los tiempos de los elementos}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$TC = \frac{(7hr) * (60min)}{144}$$

$$ET = \frac{5,25}{2,92}$$

$$TC = \frac{420}{144} = 2,92$$

$$ET = 2$$

Estado actual de la empresa  $TC = 2,92$

Tiempo de ciclo	2,92(min)
Eficiencia de la línea	25,7%
Número de estaciones	7
Número de operarios	19
Tiempo para comida	1 hora(60min)
Tiempo de trabajo neto	7 horas(420min)
Retraso	74,3%
Tiempo ocio	15,19min

**Paso 5:** Las tareas se asignan a la estación de manera que no excedan el tiempo del ciclo. Si las tareas exceden el tiempo del ciclo cuando se asignan a la estación, esa tarea se asigna a la siguiente estación.

**Paso 6:** Volver a calcular la duración acumulada de las tareas no asignadas y se repite el paso 5.

**Paso 7:** Los procesos de asignación continúan hasta que todas las tareas se asignan a las estaciones de trabajo.

En la Tabla 26 se presentan los valores de actividades tiempo y eficiencia de 90% de las estaciones luego de ser balanceadas.

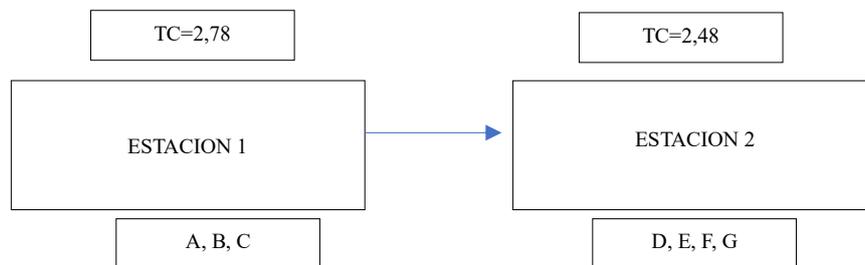
*Tabla 26. Asignación de tareas a estaciones establecidas*

ESTACIÓN DE TRABAJO	ELEMENTOS	TIEMPOS	TOTAL, TIEMPOS	TIEMPO DE CICLO (TC)	EFICIENCIA
ESTACIÓN 1	A, B, C	0,85 1,13 0,80	2,78	2,78	47,6%
ESTACIÓN 2	D, E, F, G	0,38 1,03 0,39	2,48	2,78	42,4%
0,68					95,0%

*Nota: Elaborado por autor*

En la Figura 25 se evidencia el número de estaciones establecidas mediante el método kilbridge y wester demostrando un mejor establecimiento de las estaciones.

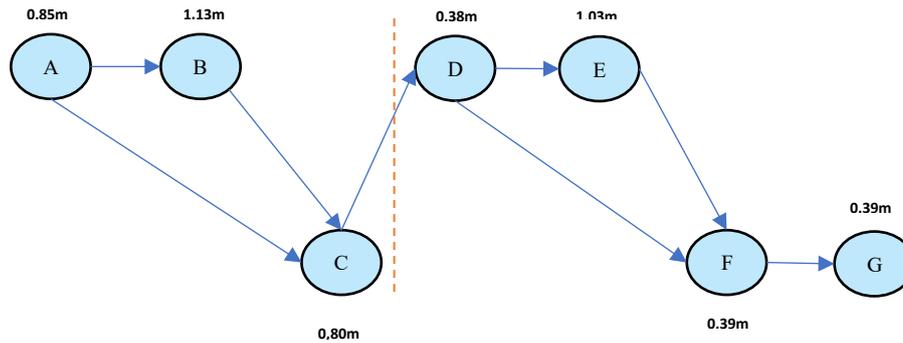
*Figura 25. Distribución de estaciones aplicando kilbridge y wester*



*Nota: Elaborado por autor*

En la Figura 26 se presenta el diagrama de precedencia realizado en base al método kilbridge y wester.

Figura 26. Diagrama de precedencia balanceado



Nota: Elaborado por autor

$$\# \text{mínimo requerido de estaciones} = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}(T)}{\text{tiempo de ciclo}}$$

$$Nt = \frac{5,25}{2,78} = 2 \text{ Estaciones}$$

$$E(\text{eficiencia}) = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}(T)}{\text{numero de estaciones de trabajo}(N) * \text{tiempo de ciclo}}$$

$$E \frac{5,25}{(2)(2,78)} = \frac{5,25}{5,56} = 0,95\%$$

$$\text{Retraso} = 100\% - 0,95\% = 5\%$$

$$\text{Tiempo ocio} = (2)(2,78) - 5,25 = 0,31 \text{min}$$

Estado de la empresa luego de aplicar la heurística kilbridge y wester

Tiempo de ciclo	2,78(min)
Eficiencia de la línea	95%
Número de estaciones	2
Número de operarios	19
Tiempo para comida	1 hora(60min)
jornada	8 horas(480min)
Retraso	5%
Tiempo ocio	0,31min

### G) Comparación de eficiencia, retraso y productividad antes y después de aplicar kilbridge y wester

En la Tabla 27 se evidencia los resultados favorables obtenidos en la metodología.

*Tabla 27. Tabla de comparaciones*

EFICIENCIA (%)		Incremento de la eficiencia
Antes de aplicar metodología	Después de aplicar metodología	
25,7%	95%	69,3%
RETRASO (%)		Disminución de retraso en un 95%
Antes de aplicar metodología	Después de aplicar metodología	
74,3%	5%	95%
TIEMPO OCIO		Disminución de tiempo ocio
Antes de aplicar metodología	Después de aplicar metodología	
15,19min	0,31sg	14.88min
<b>PRODUCTIVIDAD</b> $P = \frac{\text{salidas}(\text{por unidad})}{\# \text{personas} * \text{jornada}} = \frac{144}{19 * 8} = \frac{144}{152} = 0,95 = 95\%$		

*Nota: Elaborado por autor*

**Tiempo ocio** Aquel tiempo en que el operario se encuentra en la estación de trabajo sin realizar actividad alguna. Por medio de la Figura 27 se observan los tiempos ocios en las estaciones de trabajo.

*Figura 27. Tiempo ocio*



*Nota: Elaborado por autor*

Se muestran los resultados del tiempo ocio luego de aplicar método heurístico Kilbridge y wester, donde únicamente existe 0,31(seg) de tiempo ocio dentro de la producción de la empresa quedando en evidencia lo fundamental que es la aplicación de método heurístico.

### 3.2.5 Costos operacionales

Es lo que se denomina costo directo de fabricación los que componen de dos elementos fundamentales materia prima que es la que influye en la fabricación de un producto y mano de obra directa es la mano de obra consumida como los que manipulan el producto en la Tabla 28 se muestra la lista de materiales a utilizar.

*Tabla 28. Lista de materiales*

1 LISTA DE MATERIALES			
DESCRIPCIÓN	CONSUMO	UNIDAD/MEDIDA	NOMBRE
Tela algodón	0,6	m2	frontal
Tela algodón	0,8	m2	espalda
Sesgo	115	cm/L	manga y cuello
Hilo	130	m	confección
Marquilla	1	unidad	marquilla
Botones	3	unidad	acabado
Bolsa para empaque	1	unidad	plástico

*Nota: Elaborado por autor*

Por consiguiente, en la tabla 29, se detalla cada una de los procesos de operaciones con el tiempo determinado donde la USP se denomina unidad estándar de producción, determinando el tiempo estándar en minutos y segundos. En la Tabla 30 se muestra el inventario o insumos de materia prima por lo que las unidades de medida se muestran diferente a las consumidas en la lista de materiales.

*Tabla 29. Lista de operaciones*

2 OPERACIONES	
Proceso	USP/ seg
Med. y corte	0,85
Costura	1,13
Estampado	0,8
Etiquetado	0,38
Planchado	1,03
Revisión	0,39
Empaque	0,68
tiempo estándar en min	5,26
tiempo estándar en seg	0,315

*Tabla 30. Descripción de insumos*

3 INSUMOS		
Descripción		costo por unidad
Tela algodón	m2	\$6,50
Sesgo	m/L	\$0,50
Hilo	cono(2500m)	\$0,20
Marquilla	unidad	\$1,05
Botones	unidad	\$0,10
Bolsa para empaque	unidad	\$0,10
		\$8,45

*Nota: Elaborado por autor*

En la Tabla 31 se detalla el costo mínimo de salario mensual, seguido del valor por día, hora y minuto de cuanto nos cuenta un salario de operaciones.

*Tabla 31. Salario mensual*

4 COSTO MÍNIMO SALARIO	
Total, salario mensual	\$450,00
Valor día	\$22,50
Valor hora	\$2,81
Valor minuto	\$0,05

*Nota: Elaborado por autor*

Seguido de la Tabla 32 se obtiene el costo de la materia prima incluyendo un desperdicio a medida que el proceso avanza se toma en cuenta cuando se realiza el costo del material.

*Tabla 32. Costo de materia prima*

5 COSTO DE PRODUCTO MATERIA PRIMA					
Descripción	consumo	unidad	% desperdicio	consumo real	costo/unidad
Tela algodón	0,6	m2	2%	0,612	\$3,98
Tela algodón	0,8	m2	1%	0,808	\$5,25
Sesgo	115	cm/L	1%	116,15	\$0,58
Hilo	130	m	1%	131,3	\$0,01
Marquilla	1	unidad	1%	1,01	\$1,06
Botones	3	unidad	1%	3,03	\$0,30
Bolsa para empaque	1	unidad	0%	1	\$0,10
					\$11,28

*Nota: Elaborado por autor*

Por ende, en la Tabla 33 se costea todo lo que es la mano de obra directa procedente a las investigaciones realizadas en la empresa manufacturera Chooper's.

*Tabla 33. Costo de mano de obra directa*

6 COSTO DE MANO OBRA DIRECTA			
Proceso	USP/ min	cost/seg	cos/unidad
Med. y corte	0,85	\$0,315	\$0,27
Costura	1,13	\$0,315	\$0,36
Estampado	0,8	\$0,315	\$0,25
Etiquetado	0,38	\$0,315	\$0,12
Planchado	1,03	\$0,315	\$0,32
Revisión	0,39	\$0,315	\$0,12
Empaque	0,68	\$0,315	\$0,21
			\$1,7

*Nota: Elaborado por autor*

Se realiza un resumen de costos, donde se indica el costo de la materia prima de un 87% y de la mano de obra directa de 13% obteniendo el costo del producto, expresando también el costo de venta y el margen de utilidad en función a un porcentaje y se evidencia en la Tabla 34 por lo que brinda un conocimiento de costeo por lotes.

*Tabla 34. Resumen de costo*

7 RESUMEN DE COSTO		% PARTICIPACIÓN	
CDF-MP	\$11,28	87%	
CDF-MOD	\$1,7	13%	
COSTO TOTAL PRODUCTO	\$12,94	100%	

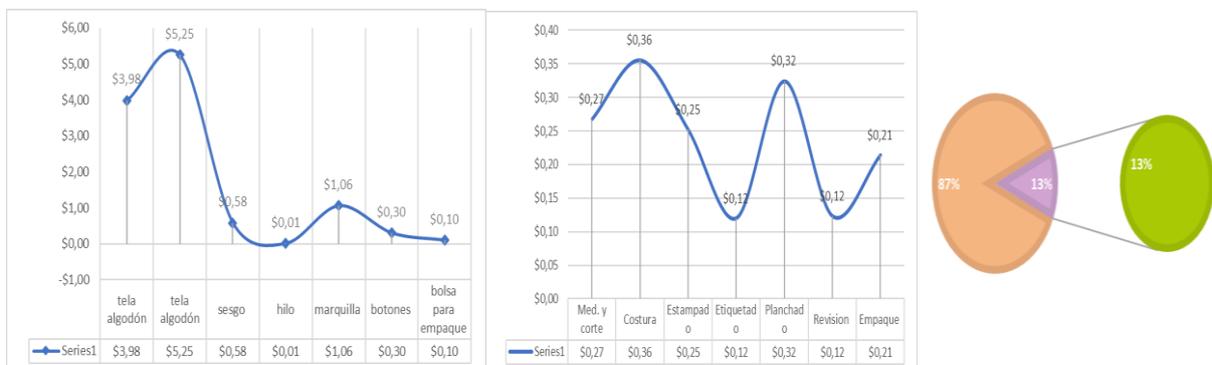
Precio de venta	\$15,00	
Margen de utilidad	\$2,06	14%

8 COSTEO POR LOTES	
Tamaño de lote unidades	144
Costo MP lote	\$1.625,00
Costo MOD lote	\$238,6
Costo del lote de producción	\$1.863,60
Venta del lote	\$2.160,00
Utilidad lote	\$296,40

*Nota: Elaborado por autor*

En la Figura 28 se muestran los gráficos que ayudan a definir primero la operación que más costo genera incluyendo la materia prima que más costoso sale para la producción evidenciando un porcentaje de participación de 87% de materia prima y un 13% de mano de obra directa especificando el costo por unidad de cada prenda de \$15.

*Figura 28. Costo de MP, MOD y porcentaje de participación*



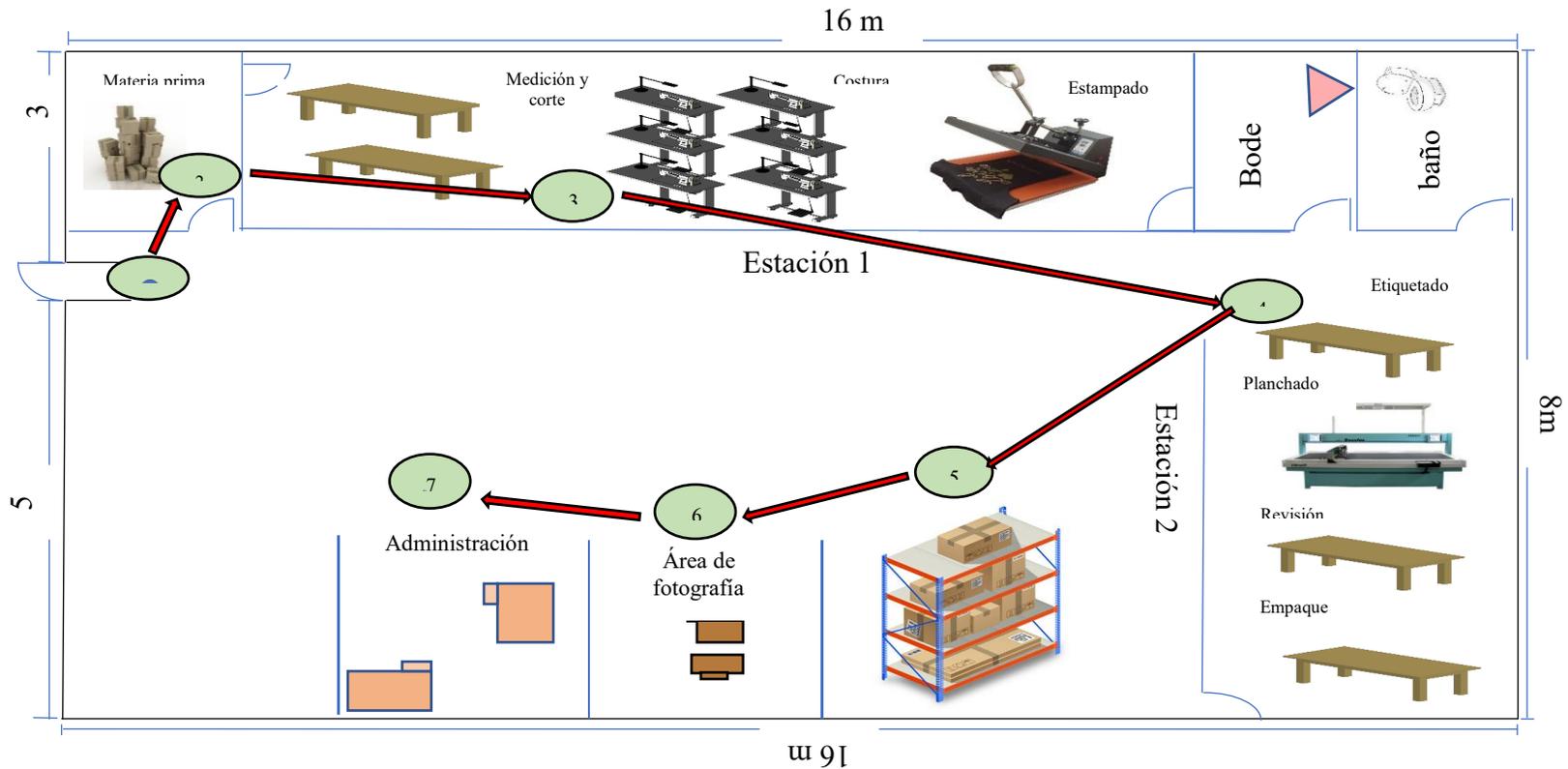
*Nota: Elaborado por autor*



### 3.2.7 Diagrama de recorrido

Es una modalidad factible de incrementar debido a que complementa un análisis de proceso y se elabora en base a la empresa donde indican las maquinarias y demás instalaciones. Por medio de la Figura 30 se observa el diagrama de recorrido del proceso al momento de ejecutar un producto.

Figura 30. Diagrama de recorrido



Nota: Elaborado por autor

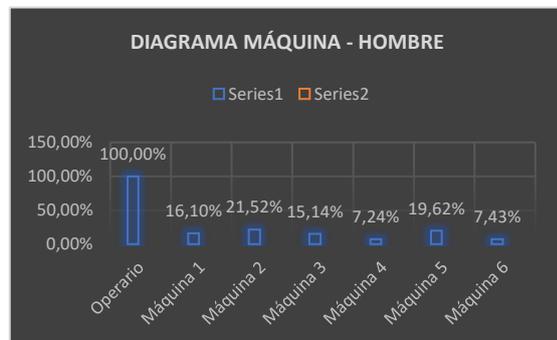
### 3.2.8 Diagrama hombre- máquina

Figura 31. Diagrama hombre-máquina

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA																
Fecha: junio, 2023		Elaborado por: Figueroa		Máquina 1: Medición y corte		Máquina 2: Costura		Máquina 3: Estampado		Máquina 4: Etiquetado		Máquina 5: Planchado		Máquina 6: Revisión		Máquina 7: Empaque
El estado Inicia: 2023		Operario:														
Operario			Máquina 1		Máquina 2		Máquina 3		Máquina 4		Máquina 5		Máquina 6		Máquina 7	
Tiem. (Min)	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad
0,85	X	Medición y corte	x	Medición y corte												
1,13	X	Costura			x	Uso de máquina de coser										
0,80	X	Estampado					x	Uso de Herramienta de Estampado								
0,38	x	Etiquetado							x	Uso de máquina de etiquetar						
1,03	X	Planchado									x	Uso de plancha industrial				
0,39	X	Revisión											x	Uso de formulario de revision		
0,68	X	Empaque													x	Uso de máquina de empaque

Resumen y analisis de la informacion				
Tipo	Tiempo del ciclo (min)	Tiempo de accion (sg)	Tiempo de inactividad (min)	% Utilizacion (sg)
Operario	5,25	5,25	0	100,00%
Máquina 1	5,25	0,845	4,405	16,10%
Máquina 2	5,25	1,13	4,57	21,52%
Máquina 3	5,25	0,795	4,18	15,14%
Máquina 4	5,25	0,38	4,18	7,24%
Máquina 5	5,25	1,03	4,18	19,62%
Máquina 6	5,25	0,39	4,18	7,43%

Tipo	% Utilización
Operario	100,00%
Máquina 1	16,10%
Máquina 2	21,52%
Máquina 3	15,14%
Máquina 4	7,24%
Máquina 5	19,62%
Máquina 6	7,43%

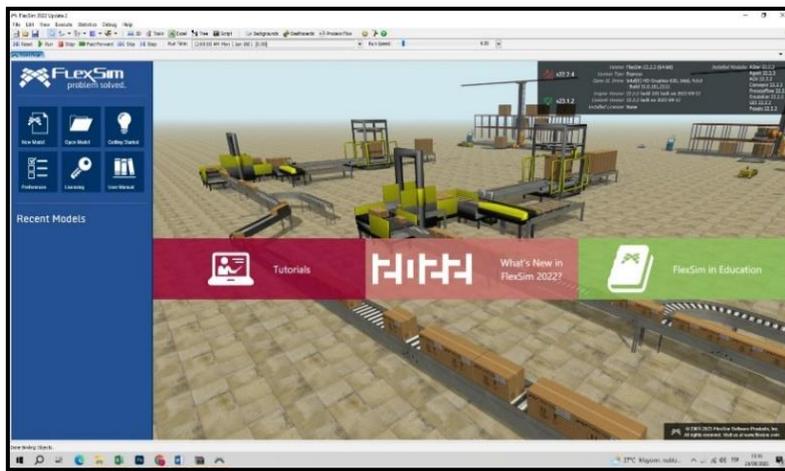


Nota: Elaborado por autor

### 3.2.9 Simulación

Por otro lado, cabe recalcar la importancia de Flexsim al momento de realizar simulaciones, por su capacidad para modelar, generando un gran aporte en la toma de decisiones de las industrias para el excelente desarrollo de su producción. (Patil et al., 2019). Por medio de la Figura 32 se muestra el software utilizado para simular y por consiguiente los pasos.

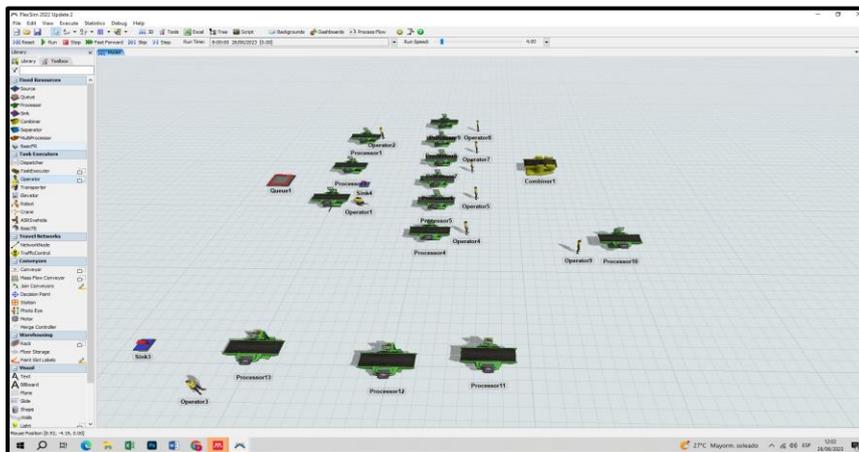
Figura 32. Software Flexsim



Nota: Elaborado por autor

**Paso 1.** Construir el diseño del modelo, donde se presentan múltiples opciones en las barras, las librerías de los recursos a utilizar como maquinarias para el procesamiento y que permiten que el usuario ingrese el diseño. por lo tanto, se observa en la Figura 33.

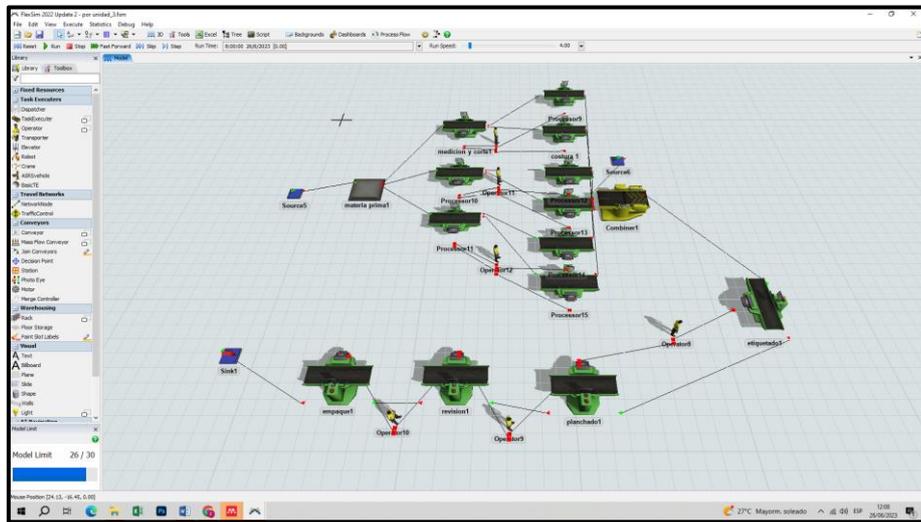
Figura 33. Diseño de modelo



Nota: Elaborado por autor

**Paso 2.** Definir los procesos, conlleva a la descripción de las operaciones que se estimas realizar. Mediante la Figura 34 se expresa la definición de los procesos que se requiere para llevar a cabo la simulación de fabricación de prenda desde la entrada la materia prima a las diferentes estaciones de trabajo.

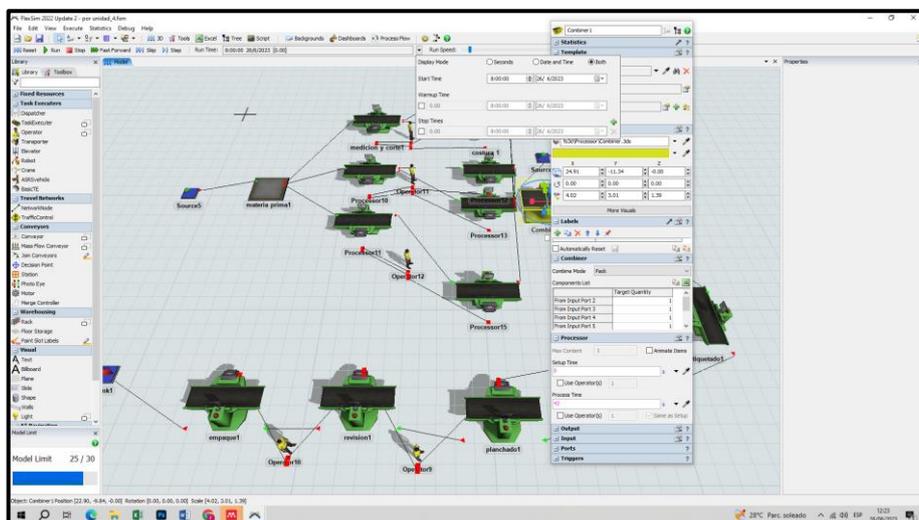
*Figura 34. Definición de los procesos a ejecutarse*



*Nota: Elaborado por autor*

**Paso 3.** Configurar los parámetros, es decir que se identifica la cantidad, el tiempo obtenido como la sumatoria de tiempo y el tiempo de ciclo. Especificando el proceso de producción. En la Figura 35 se evidencia de manera correcta la aplicación del paso 3.

*Figura 35. Configuración de los parámetros*

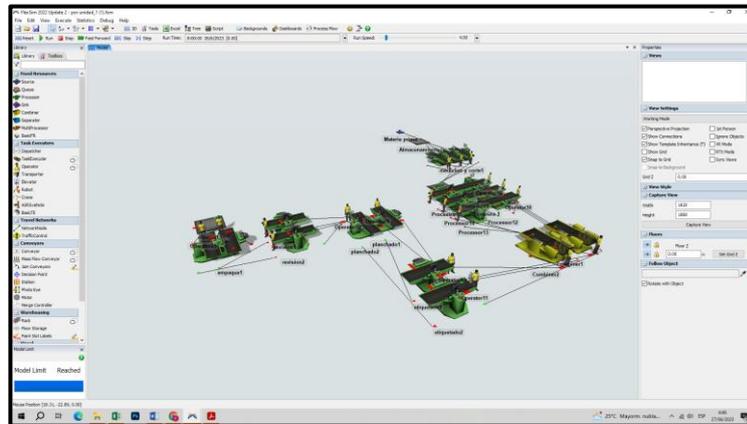


*Nota: Elaborador por autor*

**Paso 4.** Compilar y ejecutar el modelo, luego de haber configurado todos los parámetros junto con las maquinarias los tiempos y la cantidad se procede a realizar la ejecución de la simulación de estaciones de trabajo de la empresa CHOOPER'S.

En la Figura 36 se realiza la compilación y ejecución del software.

*Figura 36. Compilación y ejecución*



*Nota: Elaborado por autor*

**Paso 5.** Producir resultados y analizar rendimientos, se muestra el software como factible que permite desarrollar un balanceo capaz de distribuir las actividades en estaciones secuenciales con la realización de 144 prendas en un lapso de 5,25 min equivalente a 315 sg por prenda incluido los tiempos que se transportan los operarios de una estación a otra. no obstante generando una eficiencia de 95% reduciendo tiempos ocios demostrados en la Figura 37.

*Figura 37. Resultados de las distribuciones de estaciones*



*Nota: Elaborado por autor*

### 3.2.10 Presupuesto

Se describe en la Tabla 35 el presupuesto establecido para el desarrollo de la propuesta en el cual se detallan los rubros en su valor total \$4.321,90 dólares americanos.

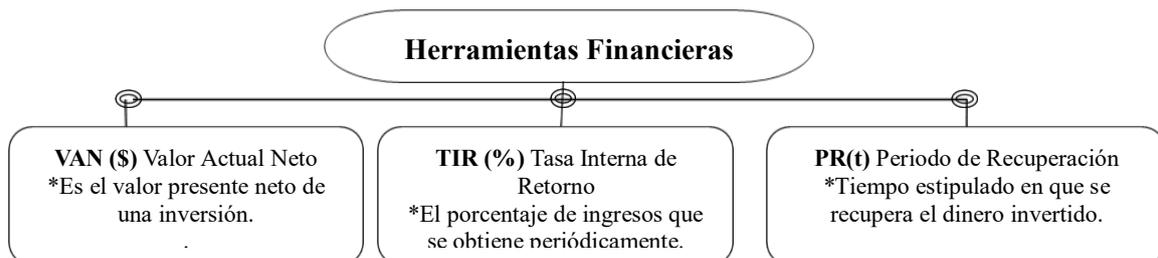
*Tabla 35. Presupuesto*

RUBRO/PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Resmas de papel	Mes	5	\$8	\$40,00
Útiles	Mes	3	\$35	\$105,00
Fotocopias	Unidad	1000	\$0,10	\$100,00
Impresiones	Unidad	500	\$0,30	\$150,00
Anillados	Unidad	20	\$2,00	\$40,00
Gastos de transporte	Unidad	25	\$15	\$600,00
Viáticos de alimentación	Unidad	18	\$8	\$144,00
Depreciación de equipo	Mes	3	\$60	\$180,00
Internet	Mes	3	\$40	\$120,00
Electricidad	Mes	3	\$50	\$150,00
Estudio investigativo	Mes	1	\$1800	\$1800,00
software	Mes	1	\$500	\$500,00
Subtotal				\$3.929,00
Imprevistos				\$392,90
TOTAL				\$4.321,90
CONCEPTO	PORCENTAJE			
IMPREVISTOS	10%			

*Nota: Elaborado por autor*

El ofrecimiento que se da en la propuesta de adquirir métodos heurísticos para el balanceo de líneas en la empresa manufacturera CHOOPER'S, consta en un activo fijo de \$4.321,90 dólares, los cuales semestralmente generan un valor \$2.500,00 mediante la tasa establecida de 10% al año, utilizando las siguientes herramientas financieras que se muestran en la Figura 38.

*Figura 38. Herramientas financieras*



*Nota: Elaborado por autor*

Por consiguiente, en la Tabla 36 se exponen los valores calculados mediante las herramientas financieras.

*Tabla 36. Valores calculados*

	0	1	2	3	4	5	6
<i>Flujo Fondo</i>	\$-4.321,90	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
<i>Saldo Actual de 10%</i>	\$-4.321,90	\$ 2.272,73	\$ 2.066,12	\$ 1.878,29	\$ 1.707,53	\$ 1.552,30	\$1.411,18
<i>Saldo Actualizado Acumulado</i>	\$-4.321,90	\$ -2.049,17	\$ 16,94298	\$ 1.895,23	\$ 3.6002,76	\$5.155,07	\$6.566,25

*Nota: Elaborado por autor*

En la Tabla 37 se evidencia de manera estructurada y ordenada cada uno de los valores generales.

*Tabla 37. Valores generales de herramientas financieras*

<b>TASA (%)</b>	VALOR DEFINIDO	10%
<b>VNA (\$)</b>	VNA (interés; flujos de caja) +desembolso inicial	\$10.888,15
<b>VAN (\$)</b>	Beneficio Neto Actualizado (VNA) – Inversión Inicial (Io)	\$6.566,25
<b>TIR (%)</b>	Se resta el valor inicial (costo) del valor final (venta o retorno de la inversión) de la operación, dividirlo entre el valor inicial y multiplicar el resultado por 100	53%
<b>PR(t)</b>	Inversión inicial / Flujo de efectivo por período	1,99

*Nota: Elaborado por autor*

Como recurso final el valor neto de \$10.888,15 se procede a indicar que implementar la propuesta en la empresa genero una ganancia de \$6.566,25 cumpliendo con el porcentaje establecido de 10% conforme a la tasa establecida. Mediante el cálculo del TIR se demostró un incremento del 53% en base a la tasa solicitada. Concluyendo que el periodo de recuperación de la inversión se da antes el periodo 2. Exactamente 1 año 11 meses y 26 días.

### **3.3 Resumen parcial**

Presentando la importancia del balanceo de líneas de producción se destacan lo esencial de aplicar métodos heurísticos exponiendo que se planteó mediante una revisión sistemática de la literatura, por medio de un mapeo sistemático logrando investigaciones en base al equilibrio de líneas que aportan diversos beneficios: incremento de la eficiencia, reducción de costos, alto índice de calidad y lo más importante la continuidad en los procesos. Siendo herramientas fundamentales para poder resolver problemas y lograr gratos beneficios haciendo que las empresas manufactureras puedan optimizar procesos.

En cuanto a la generalización del segundo capítulo, se contempla el análisis metodológico de grupos no experimentales de estudios cuantitativos utilizando un enfoque deductivo que formula hipótesis a partir de diseños de investigación adecuados y de campo. El método establece que las encuestas y los cuestionarios son herramientas importantes cuando se utiliza el método Ábaco de Regnier. Finalmente, se llevan a cabo los resultados, comprobando si son realizables dentro de la estructura del marco metodológico de investigación, buscando soluciones a las debilidades de la empresa fabricante.

Referente al tercer capítulo se concluye la validez e importancia de utilizar el método kilbridge y wester el cual aporta un balanceo de líneas asignando elementos o también tareas de trabajo junto con los tiempos adquiriendo la demanda establecida. Permitiendo desarrollar una eficiencia del 95% en las estaciones según el tiempo invertido en los procesos de producción debido al tiempo de ciclo y el número de estaciones de trabajo.

En conclusión, existen métodos heurísticos que permiten mejorar/optimizar procesos productivos, que a su vez pueden ser simulados en softwares que evidencien la realidad mediante una visión virtual.

### 3.4 Marco de discusión

El balanceo de líneas dentro de la producción en las empresas manufactureras es sustancial debido al gran aporte en la eficiencia y productividad, considerando una distribución de tareas adecuada en las diferentes estaciones de trabajo para reducir tiempos ocios incrementando a la eficiencia (Escalante, 2021).

Por consiguiente, Torres et al., (2019) hacen énfasis sobre el sector manufacturero y su incidencia en el incremento económico en los países latinoamericanos, estableciendo apertura laboral, y logrando aportar en un 11% al PIB. Por lo que cabe recalcar la importancia de equilibrar líneas en los procesos productivos estimando un flujo continuo en la realización del producto y poder reducir los tiempos improductivos.

En relación a lo expuesto, se destaca que el enfoque de la investigación fue cuantitativo, de tipo correlacional y de campo definido por Hernández & Mendoza, (2018) recayendo en la categoría no experimental, utilizando la metodología establecida sobre balance de líneas, para poder insinuar la población y proceder a la recolección de datos mediante la creación del instrumento empleado, como fue la técnica de encuesta y entrevista la misma que fue validada mediante la opinión de 4 expertos por el método Abaco de Regnier estableciendo criterios de elegibilidad para la elección y clasificación expertos (Chicaiza, 2022).

Con el objetivo de especificar datos esenciales de la empresa y del área de producción, por medio del instrumento de recolección se puso adquirir datos que fueron analizados en el software SPSS25 Statistics, especificando un 71% en SI y un 29% con respecto a las preguntas con respuestas cerradas. No obstante, se estableció la estadística de fiabilidad del instrumento dando como resultado alfa de Cronbach 0,924 siendo evaluados 8 elementos. Por consiguiente, se planteó a la hipótesis alternativa mediante el cálculo pertinente de varianza ANOVA calculando el valor de Fisher establecido como el resultado que dio paso a las  $H_a$  mencionado que El Balanceo de líneas de producción incide en la productividad de la empresa CHOOPER'S de la provincia de Santa Elena, Ecuador.

Bajo estos contextos se acreditan el establecimiento de la propuesta como “Aplicación de método heurístico para el balance de líneas de producción en la empresa manufacturera Chooper's Santa Elena-ecuador” recalcando que el balanceo de líneas

consiste procesos secuenciales que tienen las estaciones de trabajo y actividades que se realizan dentro de las empresas las cuales deberían ser continuas para así poder tener un aprovechamiento en los tiempos y en los recursos. Teniendo en cuenta que la identificación de problema central se dio mediante un diagrama de causa-efecto como es diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto.

Decretando los costos operacionales como la operación que más costo genera incluyendo la materia prima que más costoso sale para la producción evidenciando un porcentaje de participación de 87% de materia prima y un 13% de mano de obra directa especificando el costo por unidad de cada prenda de \$15 y finalmente el costo por lotes de \$1.863,60.

Estableciendo que para la mejorar la eficiencia de la empresa se opta por aplicar métodos heurísticos que brinden soluciones estableciendo un adecuado proceso productivo generando incremento en la eficiencia de un 69,3% lo mismo que permitió reducir tiempos improductivos y estaciones de trabajo. A su vez se realizó la simulación en el software Flexsim herramienta que beneficia la comprensión de problemas ofreciendo un modelo en 3D.

## CONCLUSIONES

En definitiva, dando cumplimiento al objetivo general de aplicar técnicas de balance de líneas, para mejorar la eficiencia y productividad de la empresa se dan las siguientes conclusiones:

1. Se estableció un estado del arte mediante un estudio de la revisión metódica de la literatura basada en un mapeo sistemático sustenta el balanceo de líneas y su efecto en la productividad, permitiendo a su vez la inclusión de 35 artículos relacionando la intervención de las variables dependiente e independiente destacadas en la investigación.
2. El tipo de investigación aplicada, permitió evaluar y validar los datos estadísticos obtenidos por las técnicas de estudio, comprobando la fiabilidad de 0.924 mediante la cuantificación para posteriormente implementar una metodología heurística.
3. La fiabilidad sustentada en el software IBM SPSS Statistics 25 permitió la comprobación de la hipótesis alternativa sustentada en la cuantificación del análisis Anova y Fisher dando paso al cumplimiento del método heurístico evidenciando la eficiencia al del 69.3% al 95% y exponiendo la realidad mediante el software Flexsim presentando una visión virtual de la productividad en la empresa CHOOPER'S.

## **RECOMENDACIONES**

Por consecuencia al cumplimiento de la investigación Balance de líneas de producción y su efecto en la productividad de la empresa Chooper's se recomienda lo siguiente:

1. En el estado del arte se sugiere establecer los motores de búsqueda para ampliar los campos investigativos, estableciendo secuencia para tener continuidad en la revisión permitiendo acceso libre referente al tema de investigación sin restricción alguna.
2. Ejecutar de manera correcta la metodología a aplicar con el fin de contribuir al desarrollo de las empresas manufactureras brindando un equilibrio de estaciones incrementando la eficiencia y por ende un incremento económico formidable.
3. Profundizar de forma correcta la problemática de la empresa para aplicar la heurística específica logrando solución factible: Emplear ajustes de mejoras en la distribución de la empresa y aplicar constantemente herramientas que permitan conocer la estabilidad de la entidad y que las diversas herramientas no delimiten su uso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, R., Gallardo, M. del consuelo, Teresa de la Garza, M., & Esquivel, M. (2022). Confiabilidad de un instrumento para medir la percepción de calidad en los servicios en línea en educación superior. *Tecnológico Nacional de México En Celaya Pistas Educativas*, 141. <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>
- AITE. (2018). *AITE I Asociación de industrias textiles del Ecuador - Hilos - Telas - Prendas de vestir - sábanas y toallas*. <https://www.aite.com.ec/>
- Albus, M., & Huber, M. F. (2023). Resource reconfiguration and optimization in brownfield constrained Robotic Assembly Line Balancing Problems. *Journal of Manufacturing Systems*, 67, 132–142. <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2023.01.001>
- Albus, M., & Seeber, C. (2021). Linear optimization for dynamic selection of resources in constrained assembly line balancing problems. *Procedia CIRP*, 104, 134–139. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2021.11.023>
- Amorin, L., Rodrigues, T. V., & Silva Junior, J. F. da. (2020). Melhoria de eficiência produtiva de uma linha de produção: um estudo de caso em uma indústria de produtos médicos. *Brazilian Journal of Production Engineering - BJPE*, 68–89. <https://doi.org/10.47456/bjpe.v6i7.33081>
- Andrade, A. M., A. Del Río, C., Alvear, D. L., Andrade, A. M., A. Del Río, C., & Alvear, D. L. (2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *Información Tecnológica*, 30(3), 83–94. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300083>
- Anel, J. I., Català, P., Serra, M., & Domenech, B. (2022). New Matrix Methodology for Algorithmic Transparency in Assembly Line Balancing Using a Genetic Algorithm. *Operations Research Perspectives*, 9, 100223. <https://doi.org/10.1016/J.ORMP.2022.100223>

- Aragón Guía, L., Díaz Callo, J., & Juárez Flore, F. (2020). Optimización de los procesos de producción en la industria textil utilizando simulación de eventos discretos. *Innovación y Software*, *1*(1), 6–11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=673870834001>
- Arias, G., & Montenegro, D. (2021). Simulación como herramienta para el diseño de un modelo de producción para la maquila textil. *Innovare*, *10*(1), 2021. <https://doi.org/10.5377/innovare.v10i1.11408>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación: Vol. 3a.ed.* Grupo Editorial Patria. [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)
- Ballestas, A., Barretos, D., Fajardo, L., García, A., Ramírez Luisa, & Valdes Katherine. (2019). *Fábrica de Camisas como lúdica pedagógica para el balanceo de línea*. <https://www.researchgate.net/publication/333506585>
- Basílio, G., & Campos, G. (2021). El uso del diagrama de Ishikawa para identificar las causas de contaminación en la línea de producción de matanza de ganado. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*, *26*, 13. [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i26.3485](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i26.3485)
- Bongomin, O., Mwasiagi, J. I., Nganyi, E. O., & Nibikora, I. (2020). Improvement of garment assembly line efficiency using line balancing technique. *Engineering Reports*, *2*(4), 1–18. <https://doi.org/10.1002/eng2.12157>
- Boysen, N., Schulze, P., & Scholl, A. (2022). Assembly line balancing: What happened in the last fifteen years? In *European Journal of Operational Research* (Vol. 301, Issue 3, pp. 797–814). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.11.043>
- Buele Nugra, I. G., Cuesta Astudillo, F. L., & Chillogalli Peña, C. F. (2020). Metrics for the analysis of the financial statements of companies of the industrial manufacturing sector in Cuenca, Ecuador. *Innovar*, *30*(76), 63–76. <https://doi.org/10.15446/INNOVAR.V30N76.85195>

- Buitrago, R., Daniel, J., Cataño, G., Fernando, D., Guzmán, J., Muñoz, A., & Yurani, L. (2022). Sistema de indicadores de eficiencia financiera para las pymes del sector textil de Medellín-Colombia \*. *Número Especial, XXVIII*, 441–460. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>
- Caramihai, M., Tănase, N. M., & Purcărea, A. A. (2018). Innovación en empresas: estado del arte considerando tendencias para su implementación. *Revista ESPACIOS*, 39(48), 984–990. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.497>
- Cárdenas, F. X. H., Ramos, C. R. F., Beltrán, Á. R. P., & Pazos, P. E. L. (2019). Sostenibilidad empresarial en relación a los objetivos del desarrollo sostenible en el Ecuador. *RECIAMUC*, 3(1), 670–699. [https://doi.org/10.26820/RECIAMUC/3.\(1\).ENERO.2019.670-699](https://doi.org/10.26820/RECIAMUC/3.(1).ENERO.2019.670-699)
- Carrizo, D., Moller, C., Carrizo, D., & Moller, C. (2018). Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 26, 45–54. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052018000500045>
- Cascante, G., Alulema, J., & Santillán, C. (2019). Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro Standard times for line balancing in model four automotive welding area. *Redalyc.Org*, XL(2), 110–122. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360459575002>
- Çelik, M. T., & Arslankaya, S. (2023). Solution of the assembly line balancing problem using the rank positional weight method and Kilbridge and Wester heuristics method: An application in the cable industry. *Journal of Engineering Research*, 100082. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100082>
- Chavez, G., Campuzano, J., & Betancourt, V. (2018). Las micro, pequeñas y medianas empresas. clasificación para su estudio en la carrera de ingeniería en contabilidad y auditoría de la universidad técnica de machala. *Conrado*, 14(65), 247–255.
- Chicaiza, O. (2022). Planificación prospectiva y financiera mediante el uso del ábaco de régnier y la matriz igo aplicados a la empresa mega adventure park río blanco, baños-ecuador. *Revista Electrónica Tambara*, 19(108), 1617–1644.

<https://tambara.org/wp-content/uploads/2022/12/3.->

Prospectiva\_Mega\_Adventures\_Chicaiza.pdf

Chiu, P. C., Selamat, A., Krejcar, O., Kuok, K. K., Bujang, S. D. A., & Fujita, H. (2022). Missing Value Imputation Designs and Methods of Nature-Inspired Metaheuristic Techniques: A Systematic Review. *IEEE Access*, *10*, 61544–61566. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3172319>

Chutima, P. (2020). Investigación de tendencias y perspectivas en la línea de montaje Problemas de equilibrio. In *Engineering Journal* (Vol. 24, Issue 5, pp. 93–134). Chulalongkorn University, Faculty of Fine and Applied Arts. <https://doi.org/10.4186/ej.2020.24.5.93>

Cisneros, A., Urdánigo, J., Guevara, A., & Garcés, J. (2022). Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que apoyan a la Investigación Científica en tiempo de Pandemia. *Núm. 1. Enero-Marzo*, *8*, 1165–1185. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i41.2546>

Cruz, J., Silva, J., & López, M. (2020). Relación entre la actividad manufacturera y el crecimiento económico a nivel mundial: un enfoque usando datos de panel Relationship between manufacturing activity and economic growth globally: an approach using panel data Fecha de recepción. *Economica*, *8*(1), 76–85.

Del Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (2011). *Investigación. Fundamentos y metodología Segunda edición: Vol. 2da Ed (SEGUNDA)*.

Demiralay, E., & Paksoy, T. (2022). Strategy development for supplier selection process with smart and sustainable criteria in fuzzy environment. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, *5*. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100076>

Escalante, O. (2021). Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado. *Industrial Data*, *24*(1), 219–242. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.19814>

Espinoza, E. (2020). La búsqueda de información. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, *3*(1), 31–35.

- Espitia, J., & Mendoza, G. (2021). Metodología basada en un algoritmo genético para programar la producción de una empresa del sector textil. *Investigación y Tecnología*, XXII(04), 1–16. <https://doi.org/10.14482/indes.30.1.303.661>
- Fontalvo-Herrera, T. J., De la Hoz-Granadillo, E., & Morelos-Gomez, J. (2017). Productivity and its Factors: Impact on Organizational Improvement. *Dimensión Empresarial*, 16(1). <https://doi.org/10.15665/rde.v15i2.1375>
- García, R. (n.d.). *Estudio de trabajo ingeniería de métodos y medición de trabajo: Vol. segunda edición*. Retrieved July 3, 2023, from chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://faabenavides.files.wordpress.com/2011/03/estudio-del-trabajo\\_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgraw\\_hill.pdf](https://faabenavides.files.wordpress.com/2011/03/estudio-del-trabajo_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgraw_hill.pdf)
- Gbolarumi, F. T., Wong, K. Y., & Olohunde, S. T. (2021). Sustainability Assessment in The Textile and Apparel Industry: A Review of Recent Studies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1051(1), 012099. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1051/1/012099>
- Govender, P., & Dewa, M. (2022). Use of kaizen principle and line balancing technique for process improvement in the assembly of automotive components. *South African Journal of Industrial Engineering*, 33(3), 69–82. <https://doi.org/10.7166/33-3-2790>
- Guevara, R. (2016). El estado del arte en la investigación: ¿análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos? *Revista Folios*, 44, 165–179. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=345945922011>
- Guillén, P. N. (2021). Estado de la investigación: Los talleres del mundo global, la maquila textil y los call centers en Centroamérica. *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, II(172), 1–15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15369981009>
- Guise, A., Oliveira, J., Teixeira, S., & Silva, Â. (2023). Development of tools to support the production planning in a textile company. *Procedia Computer Science*, 219, 889–896. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2023.01.364>

- Gustabello, R., Rodríguez, A., Aradith, Y., Pérez, M., & García, J. (2022). enero-abril. In *Año 2022* (Vol. 10, Issue 1). <https://orcid.org/0>
- Guzman-Moratto, H., Uribe-Martes, C., & Neira-Rodado, D. (2022). Improving productivity using simulation: Case study of a mattress manufacturing process. *Procedia Computer Science*, *198*, 650–655. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2021.12.301>
- Hernández, H., & Pascual, A. (2018). Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del sistema de gestión ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *9*(1), 157–164. <https://doi.org/10.22490/21456453.2186>
- Hernández, S., & Avila, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*, *9*(17), 51–53. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/archive>
- Hernández, S., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.*
- Higuera-Ojito, V. H., Cardona-Arbeláez, D. A., & Lora-Guzmán, H. S. (2021). Monitoring, production goals, and incentives in manufacturing companies and their innovation results. *Información Tecnológica*, *32*(6), 37–44. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000600037>
- Ibujés, J., & Benavides, M. (2018). Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador. *Cuadernos de Economía*, *41*(115), 140–150. <https://doi.org/10.1016/j.cesjef.2017.05.002>
- Ivania, A., Castellon, N., Flores, L., Jimenez, L., & Zuñiga, A. (2019). Metodología lúdica sobre balanceo de líneas en la clase de Gerencia Moderna de las Operaciones. *ResearchGate*, 1–6. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35717.91121>
- Jayawardane, H., Davies, I., Gamage, J. R., John, M., & Biswas, W. (2023). Sustainability perspectives – a review of additive and subtractive

- manufacturing. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, 2, 100015. <https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100015>
- Jiao, Y. L., Jin, H. Q., Xing, X. C., Li, M. J., & Liu, X. R. (2021). Assembly line balance research methods, literature and development review. In *Concurrent Engineering Research and Applications* (Vol. 29, Issue 2, pp. 183–194). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/1063293X20987910>
- Jirasirilerd, G., Pitakaso, R., Sethanan, K., Kaewman, S., Sirirak, W., & Kosacka-Olejnisk, M. (2020). Simple Assembly Line Balancing Problem Type 2 By Variable Neighborhood Strategy Adaptive Search: A Case Study Garment Industry. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(1), 21. <https://doi.org/10.3390/JOITMC6010021>
- Kang, Z., Catal, C., & Tekinerdogan, B. (2020). Machine learning applications in production lines: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106773. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2020.106773>
- Keinan, A., Bellezza, S., & Paharia, N. (2019). The symbolic value of time. In *Current Opinion in Psychology* (Vol. 26, pp. 58–61). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.copsy.2018.05.001>
- Koltai, T., Dimény, I., Gallina, V., Gaal, A., & Sepe, C. (2021). An analysis of task assignment and cycle times when robots are added to human-operated assembly lines, using mathematical programming models. *International Journal of Production Economics*, 242, 108292. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2021.108292>
- León, D., Orozco, P., Jaime, J., & Jiménez Gómez, L. (2019). Problema de balanceo de una línea del tipo SALBP: caso de una línea de confección de prendas Simple Assembly Line Problem Type 1 (SALBP-1): The case of a clothing production line Problema de balanço de uma linha tipo SALBP: caso de uma linha de produção de roupas. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 176–196. <https://doi.org/10.22335/rlct.v11i2.866>
- Luscinski, S., & Ivanov, V. (2020). A simulation study of industry 4.0 factories based on the ontology on flexibility with using flexsim software. *Management and*

- Production Engineering Review*, 11(3), 74–83.  
<https://doi.org/10.24425/mper.2020.134934>
- Martelo, R., Moncaris, L., & Vélez, L. (2016). Integración del Ábaco de Régnier, Encuestas y Lluvia de Ideas en la Definición de Variables Claves en Estudios Prospectivos. *Información Tecnológica*, 27(5), 243–250.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000500025>
- Martelo, R., Villabona, N., & Jiménez Pitre. (2017). Guía metodológica para definir el perfil profesional de programas académicos mediante la herramienta ábaco de régnier. *Formacion Universitaria*, 10(1), 15–24.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000100003>
- Miguel, J., Chimuris Gimenez, A., Garrido, N., Bassi, M., Velazquez, G., & Panizzi, M. (2022). *State of the art on the conceptual modeling of serious games through a systematic mapping of the literature.*
- Miraç, Ç., & Arslankaya, S. (2023). Solution of the assembly line balancing problem using the rank positional weight method and Kilbridge and Wester heuristics method: An application in the cable industry. *Journal of Engineering Research*, 1877–2307. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100082>
- Muñoz Pinzón, D. S., Arteaga Sarmiento, W. J., & Villamil Sandoval, D. C. (2018). Uso y aplicación de herramientas del modelo de producción Toyota: una revisión de literatura. *Revista Politécnica*, 14(27), 80–92.  
<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v14n27a8>
- Murillo, R., Larenas, F., Salinas, E., & Valentino, V. (2018). Líneas de ensamble y balanceo y su impacto en la productividad de los procesos de manufactura Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato. *Revista Eumet*, 1–19.  
<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/06/ensamble-balanceo-productividad.html>
- Múzquiz, M., Ramírez, M., & Soledad, M. (2022). Mapeo sistemático de la formación de las personas investigadoras como elemento de análisis reflexivo en ambientes formativos educativos (2017-2021). *Revista Educación*, 46(2), 1–18. <https://doi.org/10.15517/revedu.v46i2.49695>

- Nájera, C., & Paredes, B. (2017). Identidad e Identificación: Investigación de Campo como Herramienta de Aprendizaje en el Diseño de Marcas. *INNOVA Research Journal*, 2(10.1), 155–164. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n10.1.2017.465>
- Ochoa, C. (2019). *DISEÑO Y ANÁLISIS EN INVESTIGACIÓN*.
- Okai-Mensah, C. K., Howard, E. K., & Okai-Mensah, K. (2022). Sustainable practices of the large-scale textile firms in Ghana. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 2, 100020. <https://doi.org/10.1016/J.CLCB.2022.100020>
- ONU. (2018). *ONU- OBJETIVOS DESARROLLO SOSTENIBLE*. <http://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo/>
- Orejuela, J., & Flórez, A. (2019). Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas. *INGE CUC*, 15(1), 109–122. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.15.1.2019.10>
- Osorio, I. O., Luzuriaga, L. P., Ordóñez, L. T., Clavijo, M. R., & Rodríguez, E. C. (2020). Análisis de cierre empresarial en el sector manufacturero de Ecuador, periodo 1901 - 2018. *Ecos de Economía*, 24(50), 45–79. <https://doi.org/10.17230/ecos.2020.50.3>
- Osorio, J., Bautista, D., & Menesses, C. (2019). Revisión de literatura sobre los modelos de optimización en programación de turnos de enfermería. *UIS Ingenierías*, 1(2), 245–257. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n2-2019023>
- Ozan Yilmazlar, I., Jeyes, A., Fiore, A., Patel, A., Spence, C., Wentzky, C., Zero, N., Kurz, M. E., Summers, J. D., & Taaffe, K. M. (2020). *A case study in line balancing and simulation*. 48, 71–81. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.05.076>
- Palange, A., & Dhattrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 729–736. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>
- Panchal, P. B. (2020). Application of Ranked Position Weighted and Kilbridge and Wester Method at Radiator Assembly Plant - A Case Study. *International*

*Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(5), 2717–2724. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.5457>

Paprocka, I., & Skołod, B. (2022). A Predictive Approach for Disassembly Line Balancing Problems. *Sensors* 2022, Vol. 22, Page 3920, 22(10), 3920. <https://doi.org/10.3390/S22103920>

Pastora, B., Fuente, A., Rivero, Y., & Perez, G. (2020). Importancia de la asignatura metodología de la investigación para la formación investigativa del estudiante universitario. *Conrado*, 16(73), 295–302.

Patil, R., Kubade, P., & Kulkarni, H. (2019, December 20). Optimization of machine shop layout by using flexsim software. *AIP Conference Proceedings*, 2200, 2200–020033. <https://doi.org/10.1063/1.5141203>

Patino, C. M., & Ferreira, J. C. (2018). Inclusion and exclusion criteria in research studies: definitions and why they matter. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 44(2), 84. <https://doi.org/10.1590/S1806-37562018000000088>

Paula, M., Flórez, C., Andrés, J., Carroll, C., Sebastián, J., Pinto, C., Navarro, V. C., Melo, N., Pablo, R., Torres, P., Pineda, I., Daniela, J., & Londoño, P. (2020). *SoStenibilidad en la Cadena de Valor Informe del laboratorio empresarial CESA informe del laboratorio empresarial CeSa 2020-I 2020-i*.

Peña, O., Neira, A., & Ruiz, R. (2016). Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento. *Scientia Technica*, 21(3).

Pérez, J. F. R., Torres, V. G. L., Castillo, S. A. H., & Valdés, M. M. (2021). Lean six sigma e industria 4.0, una revisión desde la administración de operaciones para la mejora continua de las organizaciones. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 5(4), 151–168. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v5.n4.2021.584>

Pimentel, A., Teixeira, R., & Ramos, V. (2020). Estado da Arte ou o Estado do Conhecimento. *Educação*, 43(3), e37452. <https://doi.org/10.15448/1981-2582.2020.3.37452>

- Pita, F., & Pértegas, D. (2002). Investigación cualitativa y cuantitativa. *Coruña*, 76–78.
- Pucha, M., Muyulema, J., Burgos, C., & Buenaño, E. (2019). Gestión de la calidad como estructura del desempeño operacional en el sector Cooperativo Financiero del segmento cinco de la provincia de Chimborazo. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.*, 2.
- Rezaei Aderiani, A., Wärmefjord, K., & Söderberg, R. (2021). Evaluating different strategies to achieve the highest geometric quality in self-adjusting smart assembly lines. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 71, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102164>
- Romero, E., Cirila, A., & Cañari, R. (2018). Balance de línea de producción en una empresa de calzado mediante la metaheurística búsqueda tabú. *Revista Peruana de Computación y Sistemas*, 1(1), 9–22. <https://doi.org/10.15381/rpcs.v1i1.14853>
- Sampieri, H., Collado, C., & Baptista, L. (2010). *Metodología de la investigación, 5ta Ed* (5ta ed.). [www.FreeLibros.com](http://www.FreeLibros.com)
- Schmid, N., Montreuil, B., & Limère, V. (2022). A case study on the integration of assembly line balancing and feeding decisions. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.376>
- Sime, H., Jana, P., & Panghal, D. (2019). Feasibility of using simulation technique for line balancing in apparel industry. *Procedia Manufacturing*, 30, 300–307. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2019.02.043>
- Simonetto, M., Sgarbossa, F., Battini, D., & Govindan, K. (2022). Closed loop supply chains 4.0: From risks to benefits through advanced technologies. A literature review and research agenda. In *International Journal of Production Economics* (Vol. 253). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108582>
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.006>

- Sotsek, N., Vivan, M., & De Oliveira, A. (2022). Time and motion study in the industry 4.0 era: A systematic review of the literature. *Revista GEPROS*, 17(3), 01. <https://doi.org/10.15675/gepros.v17i3.2879>
- Sotskov, Y. N. (2023). Assembly and Production Line Designing, Balancing and Scheduling with Inaccurate Data: A Survey and Perspectives. *Algorithms* 2023, Vol. 16, Page 100, 16(2), 100. <https://doi.org/10.3390/A16020100>
- Stecke, K., & Mokhtarzadeh, M. (2022). Balancing collaborative human–robot assembly lines to optimise cycle time and ergonomic risk. *International Journal of Production Research*, 60(1), 25–47. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1989077>
- Superintendencias de compañía. (2020). ESTUDIO SECTORIAL: LA EFICIENCIA DE LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS. *DNIYE*, 1–22.
- Tebes, G., Peppino, D., Becker, P., & Olsina, L. (2020). *Proceso para Revisión Sistemática de Literatura y Mapeo Sistemático*.
- Tinoco, A., Rodríguez, A., Iniesta, A., & Rodríguez, M. (2018). Comparación de métodos de balanceo de línea de ensamble para una caja de cambios. *Academia*, 10(4), 2369–2374.
- Torres, L., Georgina, S., Hidalgo, H., Aurelio, W., Valencia, F., Verónica, G., Cantos, B., & Paola, J. (2019). *Incidencia del crecimiento económico del sector manufacturero sobre el Producto Interno Bruto en Ecuador*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- van, T., & Gladysz, B. (2022). Quantum Technologies in Manufacturing Systems: Perspectives for Application and Sustainable Development. *Procedia CIRP*, 107, 1120–1125. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2022.05.118>
- Warasthe, R., Brandenburg, M., & Seuring, S. (2022). Sustainability, risk and performance in textile and apparel supply chains. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 5, 100069. <https://doi.org/10.1016/J.CLSCN.2022.100069>

- Wilhelm, M., Manghisi, V. M., Uva, A., Fiorentino, M., Bräutigam, V., Engelmann, B., & Schmitt, J. (2020). ErgoTakt: A novel approach of human-centered balancing of manual assembly lines. *Procedia CIRP*, *97*, 354–360. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2020.05.250>
- Yassin, A. I. (2019). Improved Performance Evaluation For Line Of Mass Production Using Firefly Algorithm. *Nº Especial*, *35*, 2899–2921.
- Yépez, I., & Doukh, N. (2021). Impacto del balanceo de las cargas de trabajo en la productividad de la pequeña empresa de confección textil de Imbabura. *Ecuadorian Science Journal*, *5*(3), 138–151. <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.150>
- Yilmaz, F., Demirel, F., Zaim, S., & Sevim, S. (2020). Assembly line balancing by using axiomatic design principles: An application from cooler manufacturing industry. *International Journal of Production Management and Engineering*, *8*(1), 31–43. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2020.11953>
- Yuce, B. E., Nielsen, P. V., & Wargocki, P. (2022). The use of Taguchi, ANOVA, and GRA methods to optimize CFD analyses of ventilation performance in buildings. *Building and Environment*, *225*, 109587. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2022.109587>
- Zamzam, N., El-Kharbotly, A. K., & Sadek, Y. (2021). Balancing time and physical effort in two-sided assembly lines. *Ain Shams Engineering Journal*, *12*(3), 2921–2933. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2021.02.009>

# ANEXOS

## Anexo A. Aceptación por parte de la empresa



Monteverde, 26 de octubre de 2022

**Mcs. Franklin Reyes**  
**Director de la Carrera de Ingeniería Industrial**  
**Universidad Estatal Península de Santa Elena**

Presente.-

Reciba un cordial saludo, a través de la presente Chooper's tenemos el agrado de notificarle la aceptación del proyecto **Balanceo de líneas de producción y su efecto en la productividad de la empresa CHOOPER'S Santa Elena, Ecuador** desarrollado por la Srta. **Figueroa Maldonado Joyce Adriana** con identidad N° **2400218471**, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial.

Sin más que agregar, esperamos que el proyecto inicie según lo esperado y sea llevado a cabo con completo éxito.

ATENTAMENTE,

**BORBOR TIGRERO JAMILEX**  
**GERENTE PROPIETARIA DE LA MARCA CHOOPERS**  
**RUC: 2400236580001**  
**CELULAR: 0994413306**

**"CHOOPERS"**

www.choopers.com.ec

**DIRECCION**

**CONJUNTO MONTEVERDE**  
**AV. PRINCIPAL**

**CELULAR**

**0994413306**

**E MAIL**

**choopers@hotmail.com**

*Anexo B. Solicitud dirigida a los expertos*

La Libertad 02 de Junio del 2023

Estimado  
Ing. Reyes Soriano Franklin Enrique, MSc.  
Presente. –

De mi consideración:

Yo, **FIGUEROA MALDOANDO JOYCE ADRIANA**, con cédula de ciudadanía N°**2400218471**, me presento y dirijo a usted respetuosamente detallando lo siguiente:

Actualmente e culminado la malla curricular de la Carrera de Ingeniería Industrial en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena y estoy trabajando en del Trabajo de Integración Curricular, por lo tanto solicito amablemente, se considere la petición de **VALIDACIÓN DE ENCUESTA** con el siguiente tema: **"BALANCE DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CHOOPER'S SANTA ELENA, ECUADOR"**, con interrogantes que se encuentran direccionadas hacia la variable independiente (Balance de líneas) y variable dependiente (productividad), cuyo propósito es recopilar estadísticas para la formular el balanceo de líneas mediante métodos. Concluyendo así con los requisitos para la obtención de mi título profesional.

Agradezco de antemano su atención y cooperación en este estudio.

Atentamente,



Figueroa Maldonado Joyce Adriana  
C.I 2400218471  
Cel: 0980881613  
Email: [joyce14061997@gmail.com](mailto:joyce14061997@gmail.com) / [joyce.figueroamaldonado@upse.edu.ec](mailto:joyce.figueroamaldonado@upse.edu.ec)

*Anexo C. Entrevista dirigida a la propietaria*



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



**MODELO DE CENSO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS APLICADA A LA PROPIETARIA DE LA EMPRESA CHOOPER'S SANTA ELENA-ECUADOR**

**Objetivo:** Adquirir información que aporte al balanceo de líneas de la empresa para mejorar la productividad.

**DATOS GENERALES.**

Entrevistado(a): \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Sexo: Masculino \_\_\_\_\_ Femenino \_\_\_\_\_

1.- ¿usted conoce el balance de Líneas?

---

---

2.- ¿Tiene conocimiento del beneficio de aplicar el balance de líneas?

---

---

3.- ¿Ustedes aplican el balance de líneas?

---

---

4.- ¿Qué factores influyen en el retraso de la producción? |

---

---

**5.- ¿Qué realiza la empresa para mejorar la producción?**

---

---

**6.- Le interesaría reducir los tiempos ocios dentro de la producción?**

---

---

**7.- ¿Aproximadamente que cantidad de prendas son vendidas a la semana?**

---

---

**8.- ¿Los operarios están capacitados para los procesos productivos?**

---

---

**9.- ¿Dispone la empresa con máquinas esenciales para la fabricación de prendas?**

---

---

Anexo D. Encuesta dirigida a los operarios

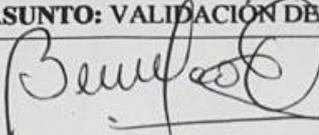


UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

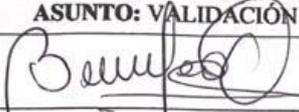


CENSO DIRIGIDO A LOS OPERARIOS DE LA EMPRESA CHOOPER'S SANTA ELENA-ECUADOR		
AUTOR: Figueroa Maldonado Joyce Adriana		Fecha:
Objetivo: Adquirir información para la aplicación del método heurístico en balance de líneas de la empresa CHOOPER'S para mejorar la productividad.		Nº
<b>Instrucciones:</b> ✚ Marque con un "✓" la respuesta de favoritismo ✚ Lea el cuestionario de manera pausada		
Nota: La información receptada será confidencial		SI      NO
1.- ¿Usted toma en consideración la duración que tiene cada proceso?		
2.- ¿Observa usted que en las líneas de producción existen tiempos improductivos?		
3.- ¿Se delimita cierta duración para la producción diaria?		
4.- ¿Cree usted que la iluminación y temperatura es la adecuada?		
5.- ¿Existen controles de producción dentro de la empresa?		
6.- ¿usted conoce los factores o causas que perjudican a la productividad?		
7.- ¿La empresa logra entregar sus productos en tiempos determinados?		
8.- ¿Existen planes e inspecciones para el mantenimiento y distribución en las maquinarias?		

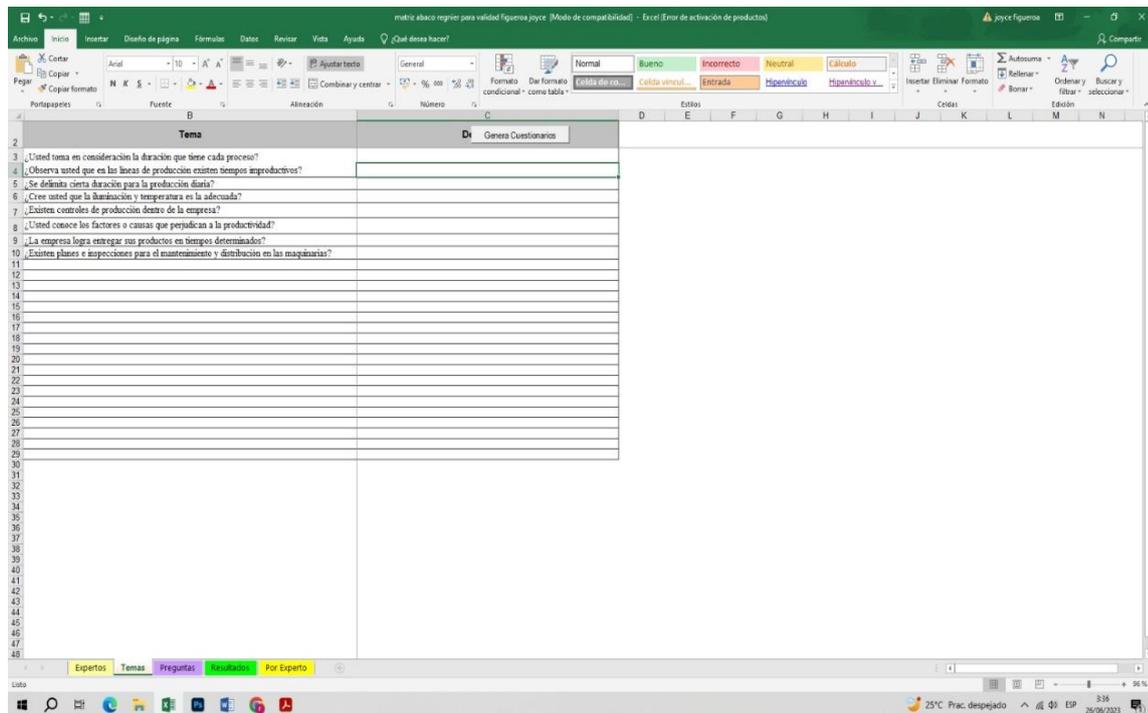
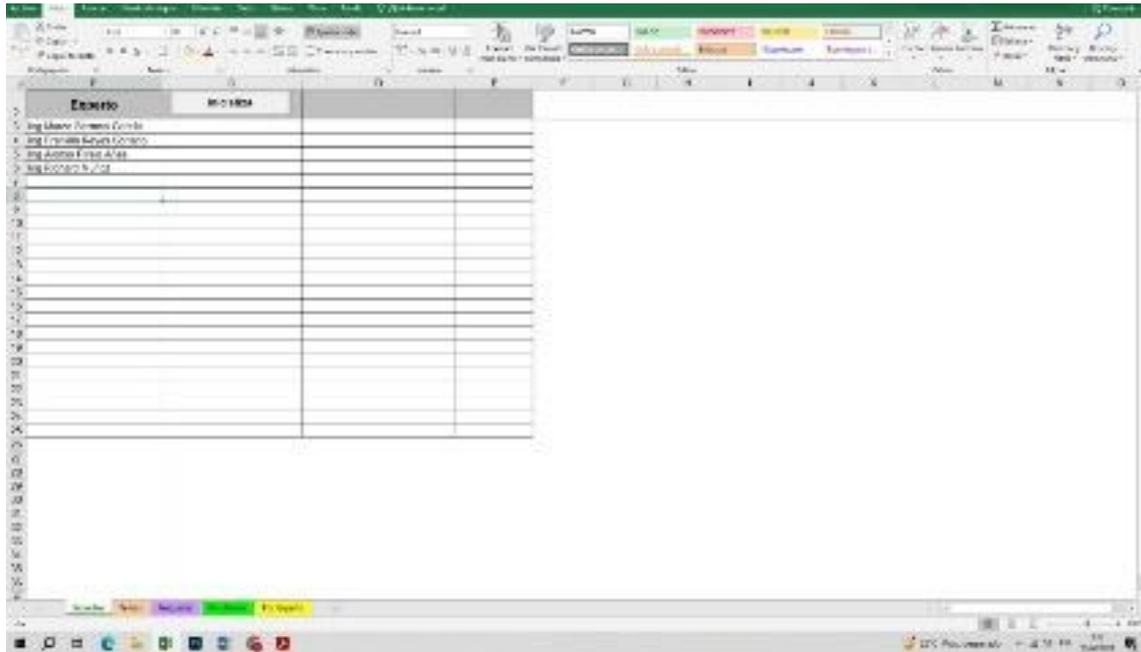
Anexo E. Validación de encuesta por expertos

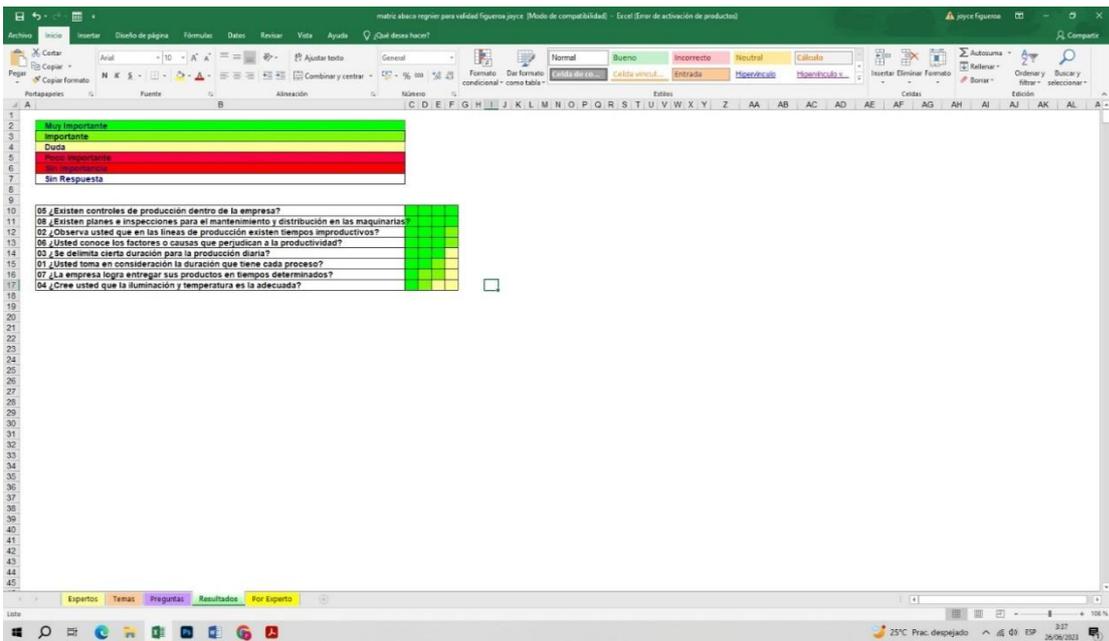
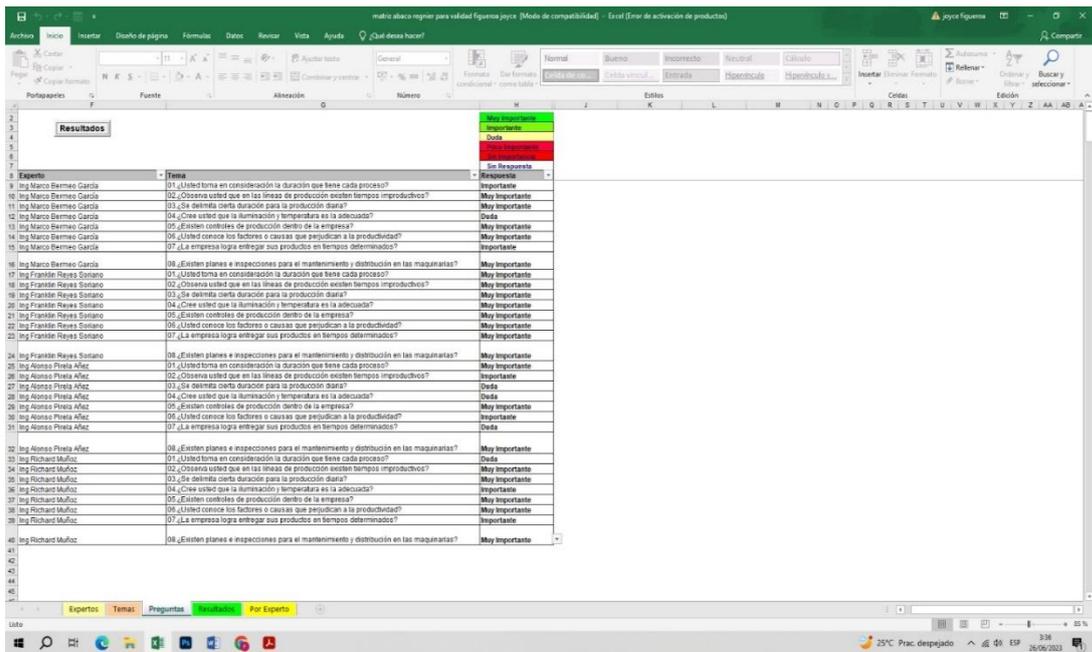
 <b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL</b> 	
<b>ASUNTO: VALIDACIÓN DE ENCUESTA POR EXPERTOS</b>	
<b>FIRMA:</b> 	
<b>TEMA:</b>	<b>METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN:</b>
<p>“BALANCE DE LINEAS DE PRODUCCIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CHOOPERS SANTA ELENA-ECUADOR”</p> <p><b>INDICACIONES:</b> Realice la validación por escalas de colores de manera que usted considere conveniente.</p>	<p>Ábaco de Régnier es un método en donde permite a los expertos realizar votaciones de manera organizada y a su preferencia aportando de manera rápida y eficaz los resultados.</p>
<b>Nº</b>	<b>PREGUNTAS</b>
1	¿Usted toma en consideración duración que tiene cada proceso?
2	¿Observa usted que en las líneas de producción existen tiempos improductivos?
3	¿Se delimita cierta duración para la producción diaria?
4	¿Cree usted que la iluminación y temperatura es la adecuada?
5	¿Existen controles de producción dentro de la empresa?
6	¿Usted conoce los factores o causas que perjudican a la productividad?
7	¿La empresa logra entregar sus productos en tiempos determinados?
8	¿Existen planes e inspecciones para el mantenimiento y distribución en las maquinas?
<b>RESPUESTAS POR ESCALA ORDINAL DE COLORES</b>	
1	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>ESCALA ORDINAL DE COLORES</b>	
	Muy importante
	Importante
	Duda
	Poco importante
	Sin importancia
	Sin respuesta
<b>DATOS DEL EXPERTO:</b>	
NOMBRE: <i>Hareo Bermeo García</i>	
PROFESIÓN: <i>Ing. Industrial</i>	
AÑOS DE EXPERIENCIA: <i>20</i>	
TELÉFONO: <i>0985053821</i>	
CORREO: <i>mbermeo@upse.edu.ec</i>	
FECHA DE VALIDACIÓN <i>5 Junio 2023</i>	

Anexo F. Validación de entrevista por experto

 <b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL</b> 		
<b>ASUNTO: VALIDACIÓN DE ENTREVISTA POR EXPERTOS</b>		
<b>FIRMA:</b> 		
<b>TEMA:</b>	<b>METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN:</b>	
<b>"BALANCE DE LINEAS DE PRODUCCIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CHOOPERS SANTA ELENA-ECUADOR"</b>	Ábaco de Régnier es un método en donde permite a los expertos realizar votaciones de manera organizada y a su preferencia aportando de manera rápida y eficaz los resultados.	
<b>INDICACIONES:</b> Realice la validación por escalas de colores de manera que usted considere conveniente.		
Nº	<b>PREGUNTAS</b>	<b>RESPUESTAS POR ESCALA ORDINAL DE COLORES</b>
1	¿Usted conoce el balance de Líneas?	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	¿Tiene conocimiento del beneficio de aplicar balance de líneas?	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	¿Ustedes aplican el balance de líneas?	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	¿Qué factores influyen en el retraso de la producción?	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	¿Qué realiza la empresa para mejorar la producción?	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6	¿Le interesaría reducir los tiempos ocios dentro de la producción?	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7	¿Aproximadamente que cantidad de prendas son vendidas a la semana?	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	¿Los operarios están capacitados para los procesos productivos?	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9	¿Dispone la empresa con máquinas esenciales para la fabricación de prendas?	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>ESCALA ORDINAL DE COLORES</b>		<b>DATOS DEL EXPERTO:</b>
<input type="checkbox"/>	Muy importante	NOMBRE: ING MARCO Bermeo García
<input type="checkbox"/>	Importante	PROFESIÓN: JNG. INDUSTRIAL
<input type="checkbox"/>	Duda	AÑOS DE EXPERIENCIA: 20
<input type="checkbox"/>	Poco importante	TELÉFONO: 0985 05 3821
<input type="checkbox"/>	Sin importancia	CORREO: mbermeo@upse.edu.ec.
<input type="checkbox"/>	Sin respuesta	FECHA DE VALIDACIÓN 5 Junio 2023.

Anexo G. Tabulación validad mediante Abaco Regnier





## Anexo H. Resultado de validación de encuesta por expertos

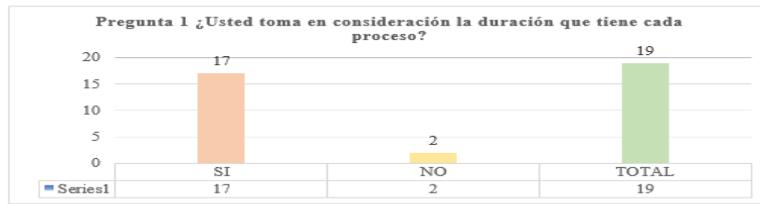
	Muy importante	Importante	Duda	Poco importante	Sin Respuesta	Ing Marco Domingo García	Ing Franklin Reyes Sotomayor	Ing Alvaro Prieta Alvar	Ing Richard Muñoz
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

## Anexo I. Resultado de validación de entrevista por expertos

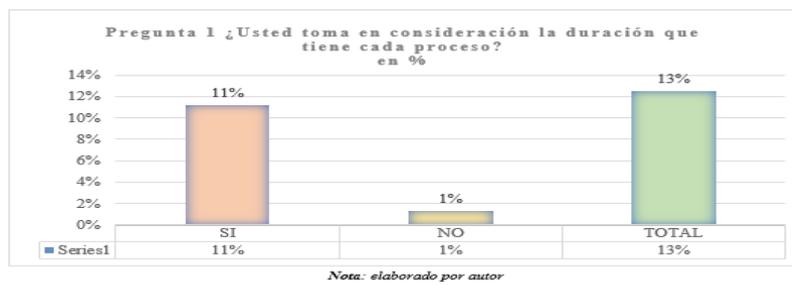
	Muy importante	Importante	Duda	Poco importante	Sin Respuesta	Ing Marco Domingo García	Ing Franklin Reyes Sotomayor	Ing Alvaro Prieta Alvar	Ing Richard Muñoz
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

*Anexo J. Presentación de barras de respuestas*

*Figura 19. Tabulación de la pregunta 1*



*Figura 20. Tabulación de la pregunta 1 en porcentaje*



**Pregunta 2. ¿Observa usted que en las líneas de producción existen tiempos improductivos?**

*Figura 21. Tabulación de la pregunta 2*



*Figura 22. Tabulación de la pregunta 2 en porcentaje*



**Pregunta 3. ¿Se delimita cierta duración para la producción diaria?**

*Figura 23. Tabulación de la pregunta 3*



*Nota: elaborado por autor*

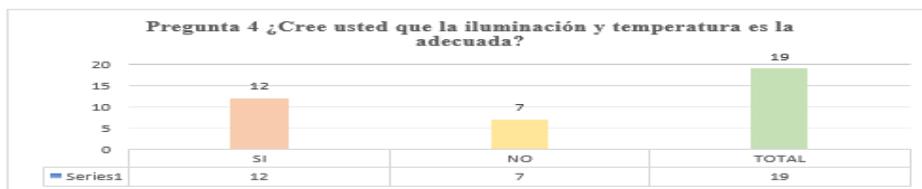
*Figura 24. Tabulación de la pregunta 3 en porcentaje*



*Nota: elaborado por autor*

**Pregunta 4. ¿Cree usted que la iluminación y temperatura es la adecuada?**

*Figura 25. Tabulación de la pregunta 4*



*Nota: elaborado por autor*

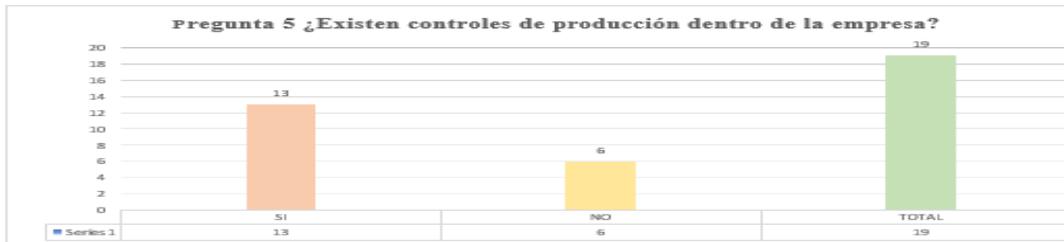
*Figura 26. Tabulación de la pregunta 4 en porcentaje*



*Nota: elaborado por autor*

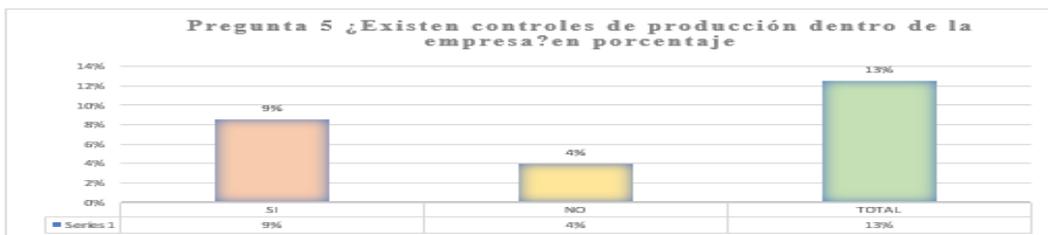
**Pregunta 5. ¿Existen controles de producción dentro de la empresa?**

*Figura 27. Tabulación de la pregunta 5*



*Nota: elaborado por autor*

*Figura 28. Tabulación de la pregunta 5 En porcentaje*



*Nota: elaborado por autor*

**Pregunta 6. ¿Usted conoce los factores o causas que perjudican a la productividad?**

*Figura 29. Tabulación de pregunta 6*



*Nota: elaborado por autor*

*Figura 30. Tabulación de pregunta 6 en porcentaje*



*Nota: elaborado por autor*

**Pregunta 7. ¿La empresa logra entregar sus productos en tiempos determinados?**

*Figura 31. Tabulación de la pregunta 7*



*Nota: elaborado por autor*

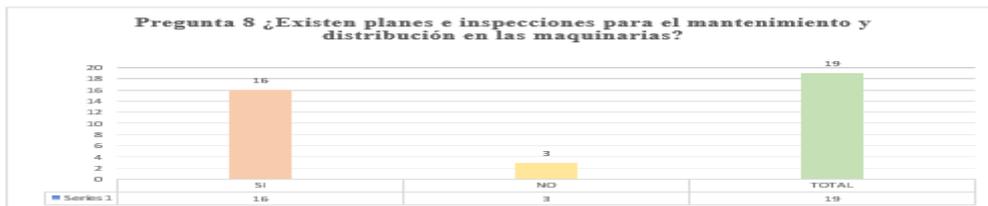
*Figura 32. Tabulación de la pregunta 7 en porcentaje*



*Nota: elaborado por autor*

**Pregunta 8. ¿Existen planes e inspecciones para el mantenimiento y distribución en las maquinarias?**

*Figura 33. Tabulación de la pregunta 8*



*Nota: elaborado por autor*

*Figura 34. Tabulación de la pregunta 8 porcentaje*



*Nota: elaborado por autor*

*Anexo K. Evidencia de recolección de información*



Recolección de información



Actividades y tiempos



Ejecución de encuesta



Recolección de información



Recolección de información



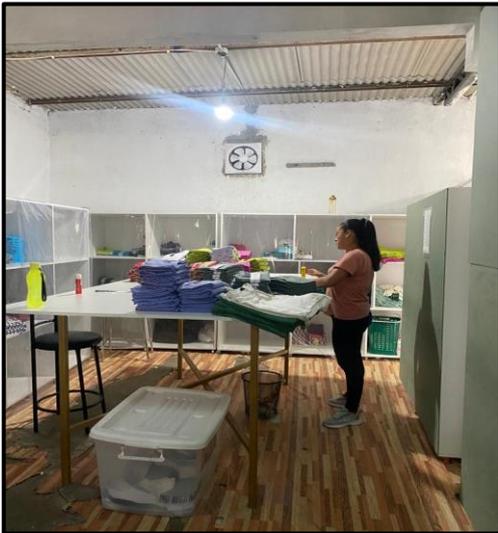
Realización de entrevista y encuesta



Proceso de corte



Proceso de tendido y medición



Proceso etiquetado



Proceso empaque y perchado



Medición



Moldes del producto



Producto terminado

## Anexo L. Verificación de fiabilidad por Alfa de Cronbach

SPSS 25 ENCUESTAS DE FIABILIDAD JOYCE FIGUEROA 17 JUNIO.sav [Conjunto de datos] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	2	1	1	1	1	1	1
11	1	2	1	1	1	1	1	1
12	1	2	2	1	1	1	1	1
13	1	2	2	2	1	1	2	1
14	1	2	2	2	2	1	2	1
15	1	2	2	2	2	1	2	1
16	1	2	2	2	2	1	2	1
17	1	2	2	2	2	1	2	2
18	2	2	2	2	2	1	2	2
19	2	2	2	2	2	2	2	2

SPSS 25 ENCUESTAS DE FIABILIDAD JOYCE FIGUEROA 17 JUNIO.sav [Conjunto de datos] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiquetas	Valores	Perdidas	Columnas	Alineación	Medida	SQL
P1	Numerica	8	0	„Excel tablas“ (1..10)	Ninguno	0	1	Derecha	„Excel“	„Excel“
P2	Numerica	8	0	„Obrera usual“ (1..10)	Ninguno	0	1	Derecha	„Excel“	„Excel“
P3	Numerica	8	0	„Se define co.“ (1..10)	Ninguno	0	1	Derecha	„Excel“	„Excel“
P4	Numerica	8	0	„Obrera usual“ (1..10)	Ninguno	0	1	Derecha	„Excel“	„Excel“
P5	Numerica	8	0	„Exceso comp.“ (1..10)	Ninguno	0	1	Derecha	„Excel“	„Excel“
P6	Numerica	8	0	„Excel unico“ (1..10)	Ninguno	0	1	Derecha	„Excel“	„Excel“
P7	Numerica	8	0	„La empresa“ (1..10)	Ninguno	0	1	Derecha	„Excel“	„Excel“
P8	Numerica	8	0	„Excel plane.“ (1..10)	Ninguno	0	1	Derecha	„Excel“	„Excel“

\*Resultados [Documento] - IBM SPSS Statistics Viseur

DATAJET NAME: C:\Users\user\Documents\pedrize105\_joyce\doc de excel tablas para tesis joyce\SPSS 25 ENCUESTAS DE FIABILIDAD JOYCE FIGUEROA 17 JUNIO.sav

RELIABILITY

///VARIABLES= P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8  
 /SCALE= (ALL VARIABLES) ALFA  
 /MODEL=ALPHA  
 /STATISTICS=MEANS VARIANCE COV CORR.

**Fiabilidad**

[Conjunto de datos:] C:\Users\user\Documents\pedrize105\_joyce\doc de excel tablas para tesis joyce\SPSS 25 ENCUESTAS DE FIABILIDAD JOYCE FIGUEROA 17 JUNIO.sav

**Escala: ALL VARIABLES**

**Resumen de procesamiento de casos**

Cases	Válidos	%
Excluidos <sup>a</sup>	0	.0
Total	19	100.0

<sup>a</sup> La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach si se eliminan los elementos	Número de elementos
.924	.821	8

**Estadísticas de elemento de resumen**

	Media	Mínimo	Máximo	Rango	Máximo / Mínimo	Varianza	Número de elementos
Medias de elemento	1.289	1.039	1.526	.474	1.450	.028	8
Variancias de elemento	.192	.053	.293	.211	5.000	.007	8
Covariancias entre elementos	.118	.026	.216	.210	9.332	.005	8
Covariancias entre elementos	.562	.224	1.030	.770	4.472	.049	8

Anexo M. Tabla de distribución de Fisher

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

1 -  $\alpha = 0.95$   $v_1$  = grados de libertad del numerador  
 1 -  $\alpha = P(F \leq f_{\alpha, v_1, v_2})$   $v_2$  = grados de libertad del denominador

$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	161.446	199.499	215.707	224.583	230.160	233.986	236.767	238.884	240.543	241.882	242.961	243.905	244.690	245.363	245.949	246.466	246.917	247.324	247.688	248.016
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.433	19.437	19.440	19.443	19.446
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.692	8.683	8.675	8.667	8.660
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.844	5.832	5.821	5.811	5.803
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.604	4.590	4.579	4.568	4.558
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.976	3.956	3.938	3.922	3.908	3.896	3.884	3.874
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.494	3.480	3.467	3.455	3.445
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.202	3.187	3.173	3.161	3.150
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.989	2.974	2.960	2.948	2.936
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.828	2.812	2.798	2.785	2.774
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.701	2.685	2.671	2.658	2.646
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.599	2.583	2.568	2.555	2.544
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.515	2.499	2.484	2.471	2.459
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.445	2.428	2.413	2.400	2.388
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.385	2.368	2.353	2.340	2.328
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.333	2.317	2.302	2.288	2.276
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.413	2.381	2.353	2.329	2.308	2.289	2.272	2.257	2.243	2.230
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.575	2.510	2.456	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.250	2.233	2.217	2.203	2.191
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.542	2.477	2.423	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.215	2.198	2.182	2.168	2.155
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.184	2.167	2.151	2.137	2.124
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.156	2.139	2.123	2.109	2.096
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.131	2.114	2.098	2.084	2.071
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.236	2.204	2.175	2.150	2.128	2.109	2.091	2.075	2.061	2.048
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.088	2.070	2.054	2.040	2.027
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.196	2.165	2.136	2.111	2.089	2.069	2.051	2.035	2.021	2.007
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.181	2.148	2.119	2.094	2.072	2.052	2.034	2.018	2.003	1.990
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.166	2.132	2.103	2.078	2.056	2.036	2.018	2.002	1.987	1.974
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.151	2.118	2.089	2.064	2.041	2.021	2.003	1.987	1.972	1.959
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.138	2.104	2.075	2.050	2.027	2.007	1.989	1.973	1.958	1.945
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.126	2.092	2.063	2.037	2.015	1.995	1.976	1.960	1.945	1.932
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.038	2.003	1.974	1.948	1.924	1.904	1.885	1.866	1.853	1.839
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.986	1.952	1.921	1.895	1.871	1.850	1.831	1.814	1.798	1.784
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.952	1.917	1.887	1.860	1.836	1.815	1.796	1.778	1.763	1.748
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969	1.928	1.893	1.863	1.836	1.812	1.790	1.771	1.753	1.737	1.722
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.910	1.875	1.845	1.817	1.793	1.772	1.752	1.734	1.718	1.703
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938	1.897	1.861	1.830	1.803	1.779	1.757	1.737	1.720	1.703	1.688
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.886	1.850	1.819	1.792	1.768	1.746	1.726	1.708	1.691	1.676
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.878	1.837	1.801	1.769	1.742	1.717	1.694	1.674	1.656	1.639	1.623
500	3.860	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850	1.808	1.772	1.740	1.712	1.686	1.664	1.643	1.625	1.607	1.592
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.222	2.108	2.019	1.948	1.889	1.840	1.798	1.762	1.730	1.702	1.676	1.654	1.633	1.614	1.597	1.581

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.